



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

PROJECTE O TESINA D'ESPECIALITAT

Títol

**PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO DEPORTIVO EN
CERBERE
711-PRO-CA-6160**

Autor/a

TAMARA ROLDÁN DÍAZ

Tutor/a

**MANUEL ESPINO INFANTES
FERNANDO HERMOSILLA LARRASOÑA**

Departament

INGENIERÍA HIDRÁULICA MARÍTIMA Y AMBIENTAL

Intensificació

INGENIERÍA MARÍTIMA

Data

JUNIO 2014

DOCUMENTO 1: Memoria y Anejos

Proyecto de un Nuevo Puerto Deportivo en Cerbère



711-PRO-CA-6160

Tamara Roldán Díaz

ETSECCPB UPC-Barcelona TECH

Barcelona, Julio 2014

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES.....	4
2.	OBJETO DEL PROYECTO.....	5
3.	CONDICIONANTES	6
4.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO	7
4.1	HISTORIA DEL MUNICIPIO	7
4.2	SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	7
4.3	COMUNICACIONES	8
4.4	DESCRIPCIÓN SOCIO-ECONÓMICA DEL MUNICIPIO	9
4.5	GEOLOGÍA.....	10
4.6	BATIMETRÍA.....	10
4.7	SISMOLOGÍA	11
4.8	EL MEDIO BIÓTICO.....	11
4.9	METEOROLOGÍA	13
4.9.1	Temperaturas	13
4.9.2	Precipitaciones	14
4.9.3	Otros fenómenos meteorológicos	15
4.10	CLIMA MARÍTIMO.....	15
4.11	DINÁMICA LITORAL.....	15
5.	ESTUDIO DEL MERCADO NÁUTICO.....	16
6.	ESTADO ACTUAL.....	17
7.	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	19
7.1	TIPOS DE LAS OBRAS DE ATRAQUE.....	19
7.2	TIPOLOGÍAS DE TRAZADO EN PLANTA	19
7.3	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE DIQUES	20
7.4	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL. MUELLES.....	20
7.5	PRESENTACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	20
7.5.1	ALTERNATIVA 1	21
7.5.1.1	<i>Alternativa 1a</i>	21
7.5.1.2	<i>Alternativa 1b</i>	22
7.5.2	ALTERNATIVA 2.....	22
7.5.2.1	<i>Alternativa 2a</i>	23
7.5.2.2	<i>Alternativa 2b</i>	24
7.5.2.3	<i>Alternativa 2c</i>	25
7.5.2.4	<i>Alternativa 2d</i>	26
7.5.3	ALTERNATIVA 3.....	27
7.5.3.1	<i>Alternativa 3a</i>	27
7.5.3.2	<i>Alternativa 3b</i>	28
7.6	EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LAS ALTERNATIVAS	29
7.7	ANÁLISIS MULTICRITERIO	30
7.8	ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN EN PLANTA.....	32

8.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	33
8.1	ESTRUCTURAS DE ABRIGO	35
8.1.1	Descripción.....	35
8.1.2	Propagación del oleaje desde profundidades indefinidas hasta pie de dique	36
8.1.3	Tabla Resumen de los resultados obtenidos	36
8.2	OBRAS DE ATRAQUE	37
8.2.1	Muelles	37
8.2.2	Pantalanés.....	38
8.3	INSTALACIONES.....	39
8.3.1	Dimensiones en planta.....	39
8.3.2	Calados necesarios	40
8.3.3	Dimensionamiento de la superficie terrestre	40
8.3.4	Redes de servicios	43
8.4	URBANIZACIÓN	47
8.4.1	Firmes y pavimentos	47
8.4.2	Mobiliario urbano y jardinería	47
9.	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	49
10.	SERVICIOS QUE OFRECE EL PUERTO	53
11.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	55
12.	PRESUPUESTO	55
13.	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	56
14.	ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	56
15.	ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO	56
16.	PLAN DE OBRA Y FIN DE EJECUCIÓN	56
17.	CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	57
18.	PROPUESTA DE FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS	57
19.	DOCUMENTOS QUE INCLUYE EL PROYECTO	58
20.	DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA	60
21.	CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO DE COSTAS.....	60
22.	CONCLUSIÓN	60

1. ANTECEDENTES

El municipio de Cerbère situado en la parte sur de los Pirineos Orientales perteneció a Cataluña hasta que en 1959 con la firma del Tratado de los Pirineos que puso fin a la Guerra de los Segadores se anexionó al territorio Francés.

Los años 60 fueron importantes años de prosperidad para el municipio y sus gentes con la construcción de la estación de ferrocarril y el crecimiento económico derivado de la importación y exportación de productos a través de la frontera.

La evolución demográfica de Cerbère siguió una curva ascendente en las primeras décadas del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, causada por el crecimiento del municipio, la instauración del ferrocarril, la consolidación de su actividad comercial y la revalorización turística de la zona. Sin embargo, la población de Cerbère empieza a disminuir en los años setenta, decadencia que continúa hasta el día de hoy.

La situación privilegiada del puerto de Cerbère, junto a la primera reserva natural de Francia hace del entorno un paraje perfecto para amantes de la naturaleza, que podrán disfrutar de la tan preciada diversidad de hábitats, tanto marinos como terrestres.

A día de hoy, la playa principal del municipio de Cerbère está protegida por un dique en talud de baja coronación que es sobrepasado por temporales y fuertes oleajes y cuya protección hace posible únicamente la instalación de un puerto deportivo para pequeñas embarcaciones durante los meses de verano. Durante esa temporada Cerbère recibe la preciada visita de turistas, de los cuales los que viajan por mar no pueden prolongar su visita más allá de finales de septiembre.

La bibliografía consultada acerca de la previsión futura del mercado náutico en la región de los Pirineos Orientales apunta hacia una misma conclusión. La franja litoral de dicho territorio apuesta por un desarrollo económico, enfocado a la potenciación del sector turístico náutico siempre de la mano de la sostenibilidad, respeto y protección de los recursos naturales.

Es por tanto esencial la promoción del desarrollo económico del municipio a través de una oferta náutica que centre su objetivo principal en la calidad de los servicios y del entorno en lugar de la explotación o masividad de la oferta.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo principal del presente proyecto, a través del diseño del nuevo Puerto Deportivo de Cerbère es promover el turismo náutico como punto clave en el sector turístico de la zona, siendo capaz de contribuir al desarrollo y a la prosperidad de la comunidad de Cerbère.

Para ello es primordial marcar como objetivo principal la respuesta o resolución de los aspectos básicos que se identifican a continuación.

- ✓ Construcción de un nuevo puerto deportivo fijo en el municipio de Cerbère, que permita satisfacer la demanda existente de plazas de amarre de embarcaciones deportivas durante todo el año. Se pretende por tanto eliminar y desvincular del municipio el concepto de puerto temporal.
- ✓ Mejorar las condiciones de abrigo de las embarcaciones frente a temporales de modo que existan unas condiciones de agitación satisfactorias durante todo el año.
- ✓ Eliminar la interferencia que se produce durante los meses de verano en la playa de Cerbère, entre los diferentes usos de las aguas debido a la proximidad del puerto a las aguas de baño.
- ✓ Mejorar las estructuras interiores existentes hacia una mejor funcionalidad y más amplia oferta de servicios.
- ✓ Fomentar la integración puerto-ciudad a través de la creación de espacios lúdicos y zonas verdes de las que múltiples usuarios podrán hacer uso durante todo el año.
- ✓ Promover el desarrollo económico de la zona.
- ✓ Respetar los factores medioambientales mediante la minimización de los daños causados hacia el medio ambiente.

Considerando los aspectos aquí mencionados, se espera que la construcción del nuevo puerto deportivo repercuta de manera positiva hacia la comunidad. Un factor significativo es el interés socioeconómico que hay tras el proyecto, dado que la actividad económica del municipio gira principalmente entorno al turismo de temporada.

La construcción del nuevo puerto deportivo pretende mejorar la oferta portuaria, incrementar la competitividad de la zona en el mercado náutico, llegando incluso a impulsar el crecimiento de otros mercados como el inmobiliario haciendo así posible la adquisición de viviendas de segunda residencia o incluso de residencia fija.

La diversidad de fauna y flora que caracteriza el ecosistema de la zona, hace de este emplazamiento un entorno privilegiado y muy apreciado. Por eso el factor medioambiental representa uno de los más importantes en el diseño del nuevo puerto.

En definitiva, la construcción del presente proyecto mejorará la base sobre la que se sustenta el crecimiento económico de la zona, mediante una oferta náutica de calidad así como nuevas actividades de ocio

3. CONDICIONANTES

Los condicionantes a superar en cada una de las fases de este proyecto se pueden clasificar en:

- **Condicionantes resistentes y funcionales:**

El dimensionamiento de todas y cada una de las estructuras e instalaciones se efectuará con el propósito de garantizar la correcta operatividad del puerto en el futuro. Se seguirán las indicaciones dadas por las Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM) para cumplir con este propósito.

- **Condicionantes socioeconómicos:**

Se tomarán las medidas necesarias para que, acorde a lo que especifique el Estudio de Impacto Ambiental, se minimicen al máximo las repercusiones negativas en el entorno. El puerto deberá a su vez ser un potenciador de la actividad económica en la zona, actuando como polo de atracción turística y de capital privado.

- **Condicionantes ambientales:**

Se trata quizá del condicionante más relevante. La belleza del entorno natural en el que se enmarca este proyecto obliga a hacer un esfuerzo para tratar de causar el menor impacto posible. Se tratará de tomar todas las disposiciones posibles para que se conserve al máximo tanto el valor paisajístico como el biológico. Los principales puntos a tener en consideración serán:

- La flora y la fauna existentes en la zona
- Impacto visual

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO

El municipio de Cerbère está situado en el departamento Pyrénées Orientales, en la llamada Terre Catalane, a orillas de la Costa Roja del mar Mediterráneo. A día de hoy es un pequeño pueblo de aproximadamente 8.4km² que prosperó durante los años 60 con la importación de productos españoles por ferrocarril.

En este apartado analizaremos los datos más significativos de la historia del pueblo desde su nacimiento hasta su consolidación.

4.1 HISTORIA DEL MUNICIPIO

De acuerdo a antiguos escritos, Cerbère recibe dicho nombre al ser un valle cubierto con bosques y poblado de ciervos “Locus Cervaria”. La ciudad se mantuvo activa durante la historia ya que era lugar de paso entre Ampurias Portus Veneris (Port Vendres) y Illiberis (Elna) fundadas por los griegos y mantenidas por los romanos.

Los Pirineos Orientales pertenecieron a los reinos de Aragón y Mallorca, hasta que en 1959 con la firma del Tratado de los Pirineos que puso fin a la Guerra de los Segadores y se anexionó al territorio Francés. Desde ese momento, Cerbère deja de ser territorio Catalán para formar parte del territorio Francés.

En la Figura 1 se pueden observar pequeñas embarcaciones de pescadores en la bahía de Cerbère a mediados del S.XX y en la parte posterior un símbolo del municipio, la estación de ferrocarril.



Figura 1: Vista de la bahía de Cerbère a mediados de S. XX.

4.2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Cerbère es un municipio perteneciente al departamento 66 de Francia, que corresponde al de los Pirineos Orientales. Forma parte del cantón de la “Costa Roja” junto a las poblaciones colindantes de Banyuls de la Marenda, Portvendres y Cotlliure. Cerbère se sitúa a 975km de París y 45km de Perpinyà, además la frontera con España se sitúa a sólo 4 km de distancia, siendo el primer pueblo Español el de Portbou situado a 8km.

Situación General



País

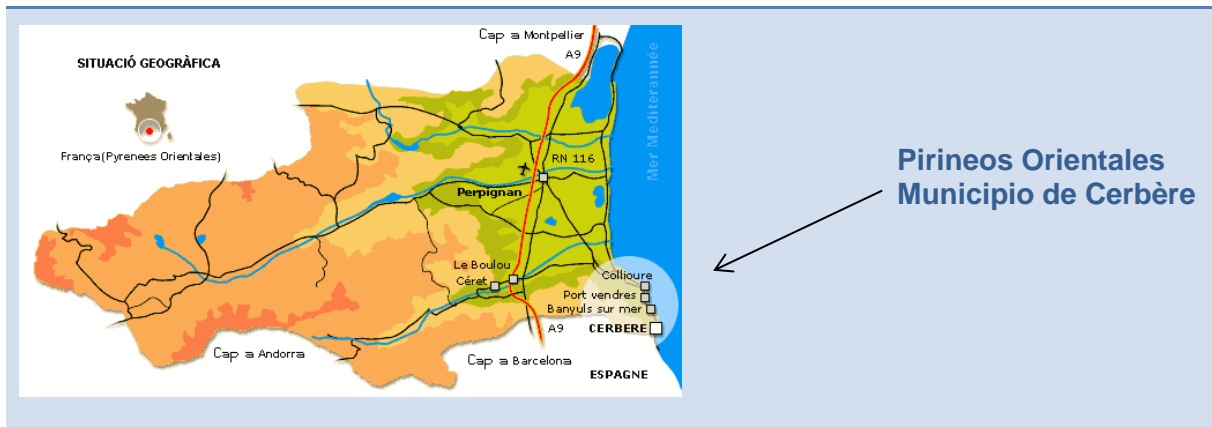
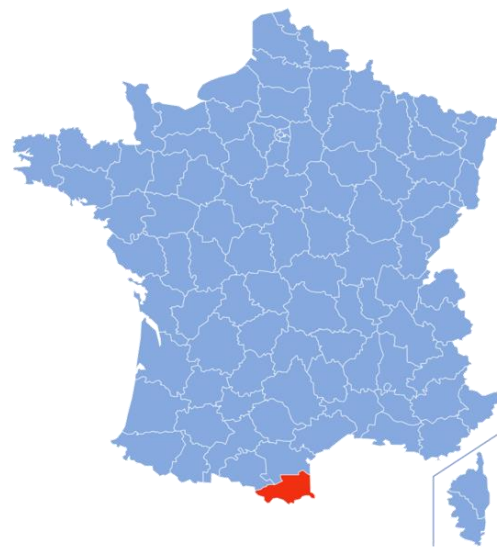


Figura 2: Situación de Cerbere.

4.3 COMUNICACIONES

El municipio de Cerbere se encuentra junto a la N-114 entre Banyuls (41 Km) y la frontera con España situada a 4km a la que se accede por el puerto de los Balitres a lo largo de una carretera llena de curvas. Tal y como recoge el *Anejo 1: Datos Generales*, en 1876 el ferrocarril llegó a Cerbere con la inauguración de la estación internacional de ferrocarril, que unía Francia con España a través del túnel del Col des Balistres. El transporte representa entonces una impulsión muy significativa al crecimiento tanto económico como demográfico de la zona.

La estación de ferrocarril se apoya sobre una pared con arcos que se convierte en símbolo de distinción del pueblo. La elevación de la plataforma por la que pasan las vías necesitó un trabajo importante de terraplenado que requirió la desviación y canalización de la riera, el Riberal, para que éstas pudiesen atravesar el pueblo.

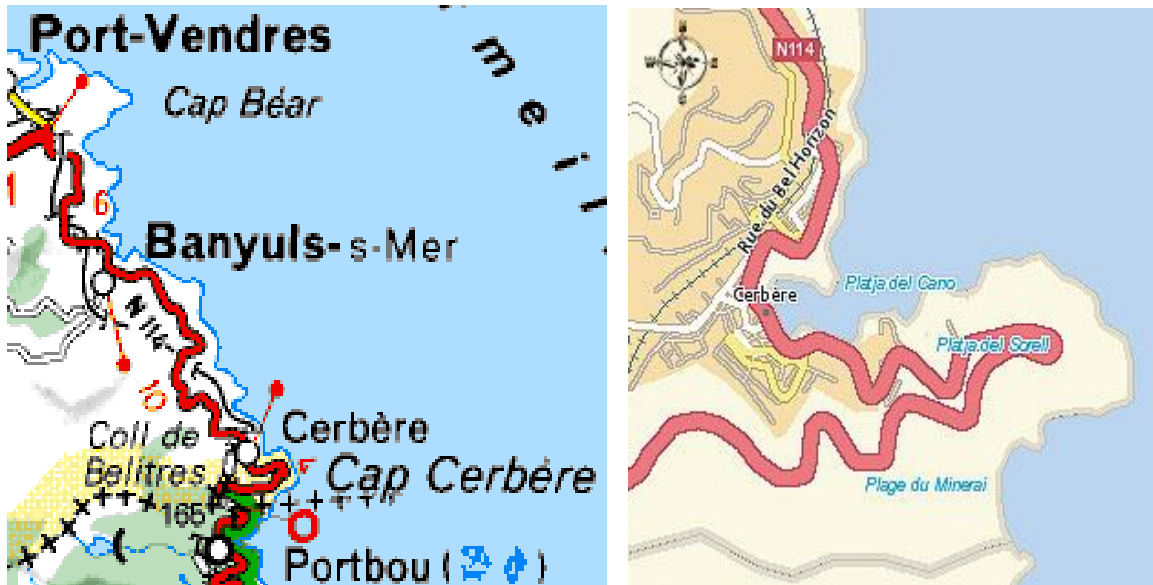


Figura 3: Carretera de acceso a Cerbère.



Figura 4: Detalle de la estación de ferrocarriles.

4.4 DESCRIPCIÓN SOCIO-ECONÓMICA DEL MUNICIPIO

El análisis del tejido económico del municipio de Cerbère así como el de su población, muestra que se trata de un municipio cuya actividad principal gira alrededor del turismo. Durante la temporada de verano principalmente se produce un incremento de la población, por lo que se observa una fuerte componente estacional concentrada principalmente durante los meses de verano.

4.5 GEOLOGÍA

En el *Anejo 2: Estudio del Medio* se realiza un análisis de la geología de la zona, tomando como fuentes el Instituto Minero y Geológico Español que incluye información de Portbou hasta los Pirineos Orientales y el servicio nacional de geología francés (Bureau de Recherches Géologiques et Minières).

La costa de Cerbère se caracteriza por sus pequeñas calas entre altos acantilados; éstos están formados por rocas metamórficas como los esquistos micáceos o rocas ígneas como gneis que generalmente son muy resistentes a la erosión marina. Las playas son de arena gruesa mezclada con piedras y cascajo y el fondo es rocoso con abundantes algas y vegetación. Para la obtención de información más detallada acerca de la capacidad portante del fondo marino u otros aspectos que pueden afectar a la resistividad de la estructura aquí proyectada, se recomienda un reconocimiento in-situ además de un estudio geotécnico.

4.6 BATIMETRÍA

En la topografía submarina de la Côte Vermeille se encuentran fondos de 60 metros de profundidad a menos de 2 km de la costa ya que la plataforma continental es estrecha y de fuerte pendiente. De igual manera, en la zona de proyecto, los fondos marinos alcanzan grandes profundidades en pocas distancias, líneas batimétricas de hasta 20m se encuentran en la zona de proyecto a menos de 150m.

Para la determinación de las profundidades, se consultó la carta Náutica 6843 que contiene las líneas batimétricas a escala 1:50.000. Información más detallada acerca de los fondos de la bahía se recogió del ayuntamiento del municipio de Cerbère, la cual fue facilitada por su alcalde el señor Jean-Claude Portella (*Plano 4 Batimetría*).

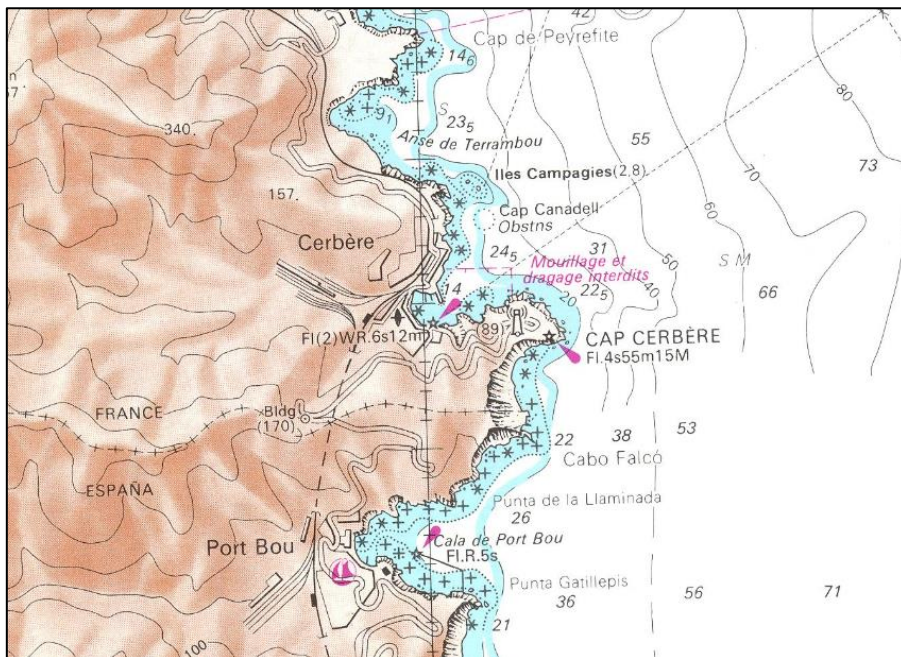


Figura 5: Carta Náutica 6843 que recoge el municipio de Cerbère entre otros.

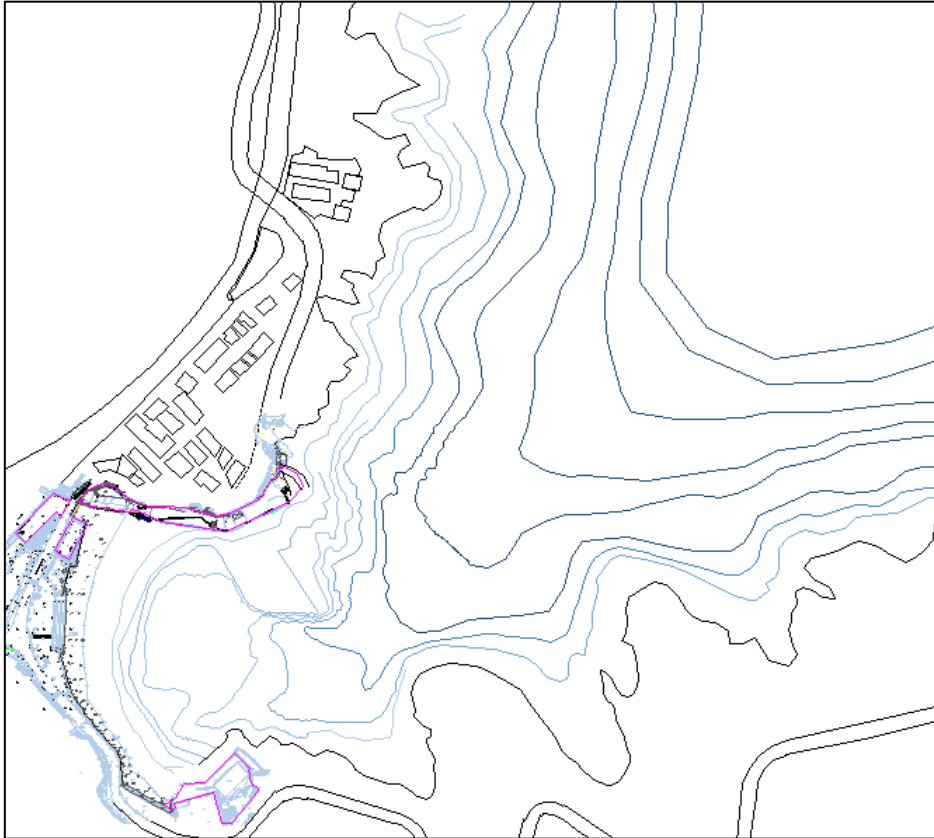


Figura 6: Batimetría de a zona de proyecto

4.7 SISMOLOGÍA

Según los Eurocódigos (normativa vigente en Francia en cuanto a sismología), la zona en la que se prevé realizar el proyecto está sometida a un nivel bajo de riesgo sísmico, por lo que las estructuras proyectadas no tienen en cuenta medidas de seguridad específicas para hacer frente a posibles terremotos. En el Anejo 2: Estudio del Medio se muestra el mapa de riesgo sísmico de Francia recogido por el Eurocódigo 8 que especifica los cálculos sísmicos en estructuras.

4.8 EL MEDIO BIÓTICO

La zona de proyecto se encuentra en un paraje de especial interés medioambiental. La bahía de Cerbère se sitúa al lado de la reserva natural Cerbère-Banyuls, un espacio altamente protegido y contenido en la Xarxa Natura 2000 como zonas de interés comunitario. La figura 7 muestra la localización de la zona de estudio respecto a la reserva natural, mientras que la Figura 8 da información acerca de los diferentes niveles de protección que se aplican en la reserva natural.

Más de 1.200 especies de animales y 500 especies de plantas integran el preciado ecosistema, entre los cuales 49 tienen una condición especial de protección tanto a nivel nacional, europeo o internacional. Entre éstas se encuentran la posidonia, el coral rojo, lanacra y el dátil de mar (bivalvos), la cigala del Mediterráneo (crustáceo), la raya blanca, la tortuga marina y el delfín mular o delfín nariz de botella.

La reserva natural recrea el hábitat perfecto para el desarrollo de dichas especies y crea un paisaje muy diverso bajo el agua.



Figura 7: Vista en planta de la zona de proyecto y de la zona de protección perteneciente a la Reserva Natural de Cerbère-Banyuls.

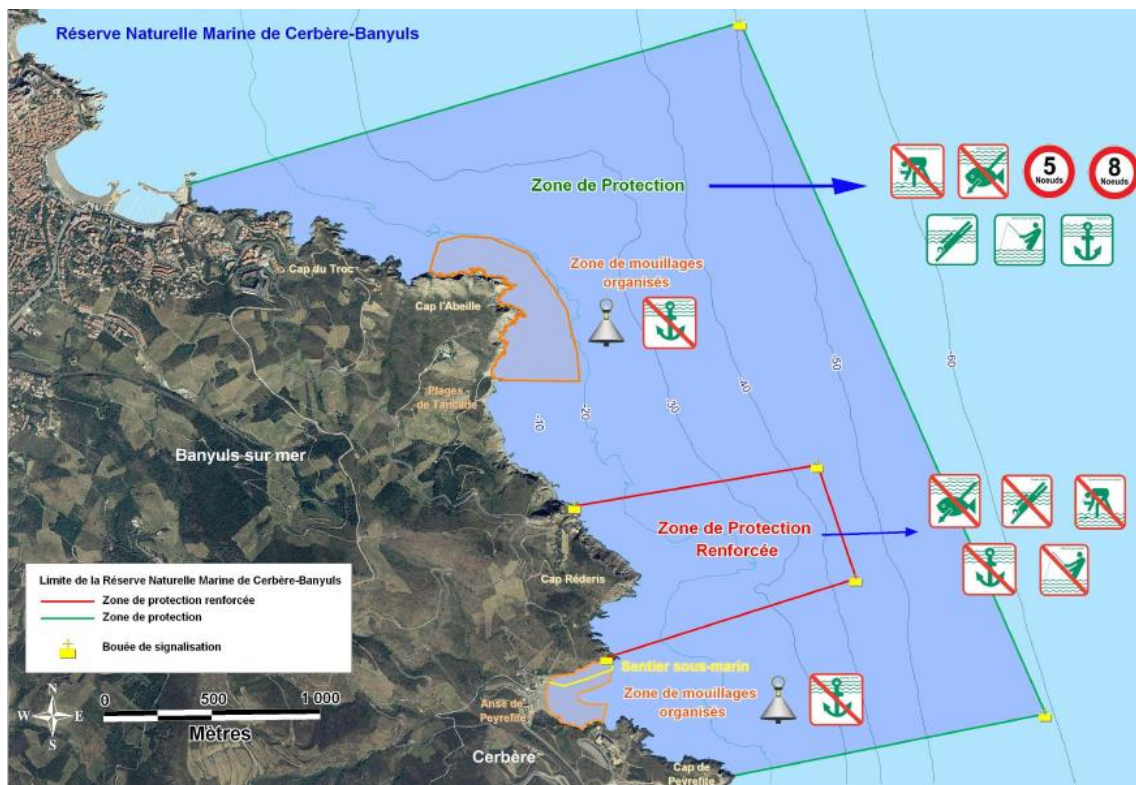


Figura 8: Distinción de diferentes niveles de protección dentro de la reserva natural (verde: zona de protección general, naranja: zona de fondeo organizado, rojo: zona de protección reforzada, puntos amarillos: boyas de señalización).

Tal como muestra la Figura 7, la zona donde se proyecta el nuevo puerto deportivo de Cerbère no queda incluida dentro de los rangos de protección especial ni reforzada, lo que hace posible el planteamiento de las diferentes alternativas desarrolladas en el presente proyecto. Por otro lado, la siguiente Figura 9 presenta la clasificación de los hábitats existentes en la zona, mediante la que se puede estimar los impactos que el nuevo puerto o cada alternativa puede generar sobre el medio ambiente.

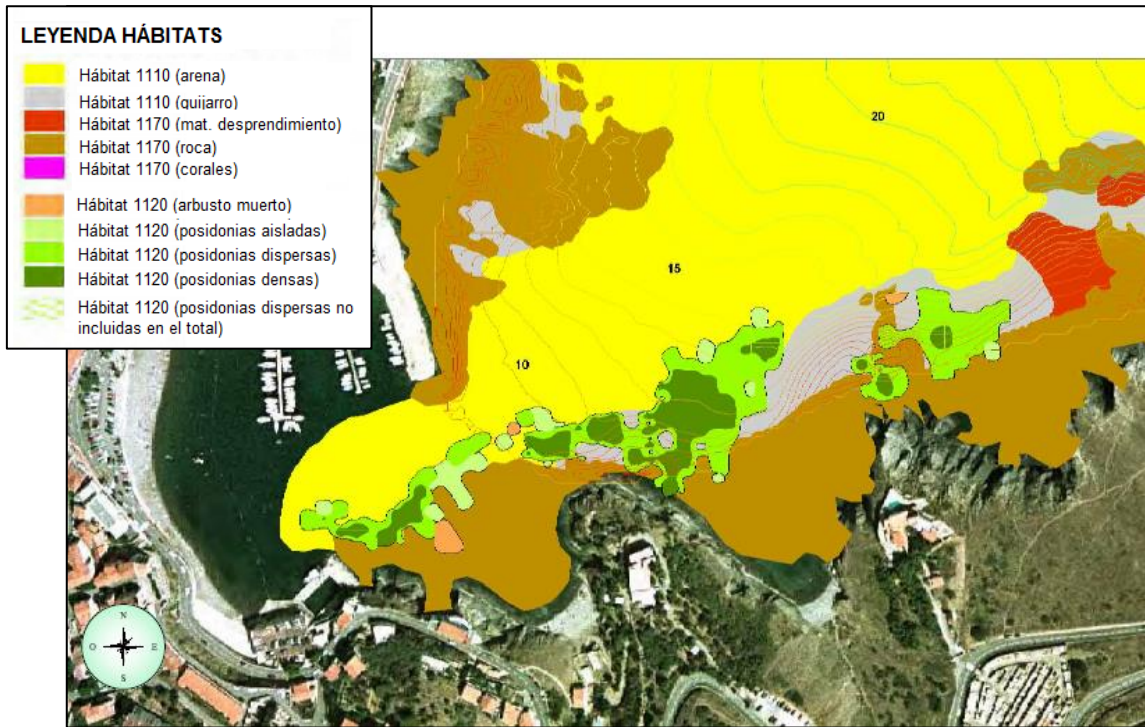


Figura 9: Hábitats presentes en la bahía de Cerbère.

4.9 METEOROLOGÍA

En general, el clima en la zona es de tipo Mediterráneo, por lo que se caracteriza por veranos calurosos y secos e inviernos generalmente suaves. Las lluvias se concentran mayormente en otoño y primavera y la variabilidad de éstas es un factor significativo.

4.9.1 TEMPERATURAS

El régimen de temperaturas se caracteriza por un rango de variación anual de pequeña amplitud. La Figura 10 muestra las temperaturas recogidas en los Pirineos Orientales durante el año 2012, los valores máximos, mínimos y medios.

Como se puede observar, las temperaturas son más altas en la zona de estudio que en el resto de área francesa, por lo que se puede decir que el clima de Cerbère es un clima Mediterráneo de características similares al del norte de Cataluña.

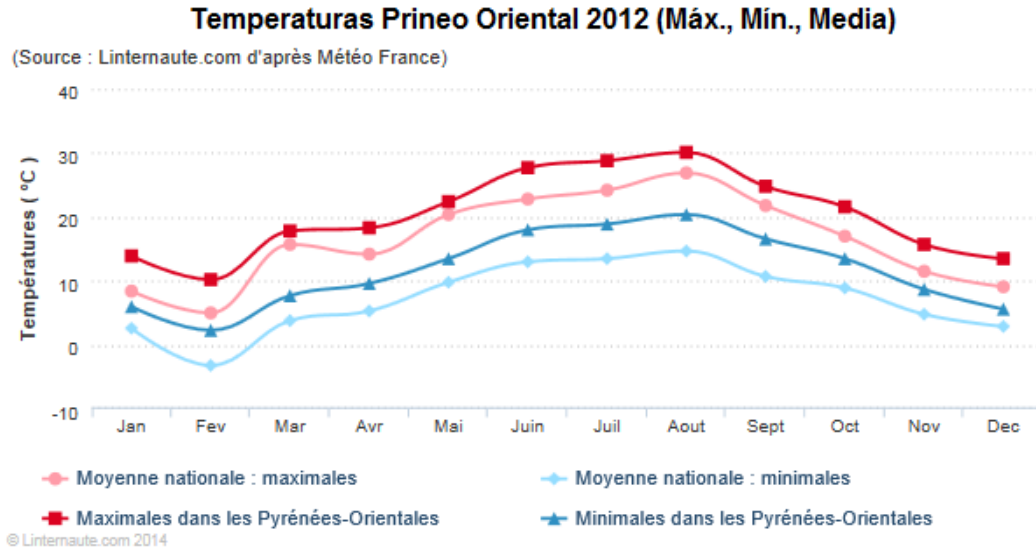


Figura 10: Temperaturas año 2012

4.9.2 PRECIPITACIONES

E relación al régimen de precipitaciones, éste es de tipo Mediterráneo con máximas recogidas en otoño y primavera y un fuerte carácter torrencial con picos de hasta 250mm en 24h. Durante la estación “húmeda” desde septiembre a abril, se registran 9 días de lluvia en promedio mensual.

La Figura 11 muestra la precipitación media recogida en los Pirineos Orientales frente a la media observada a nivel nacional. En dicho periodo y en tres de cuatro estaciones las precipitaciones medias son considerablemente menores en los Pirineos Orientales que en el resto del país, siempre considerando valores medios. Únicamente durante el invierno de 2012 las precipitaciones recogidas en ambos emplazamientos muestran valores similares.

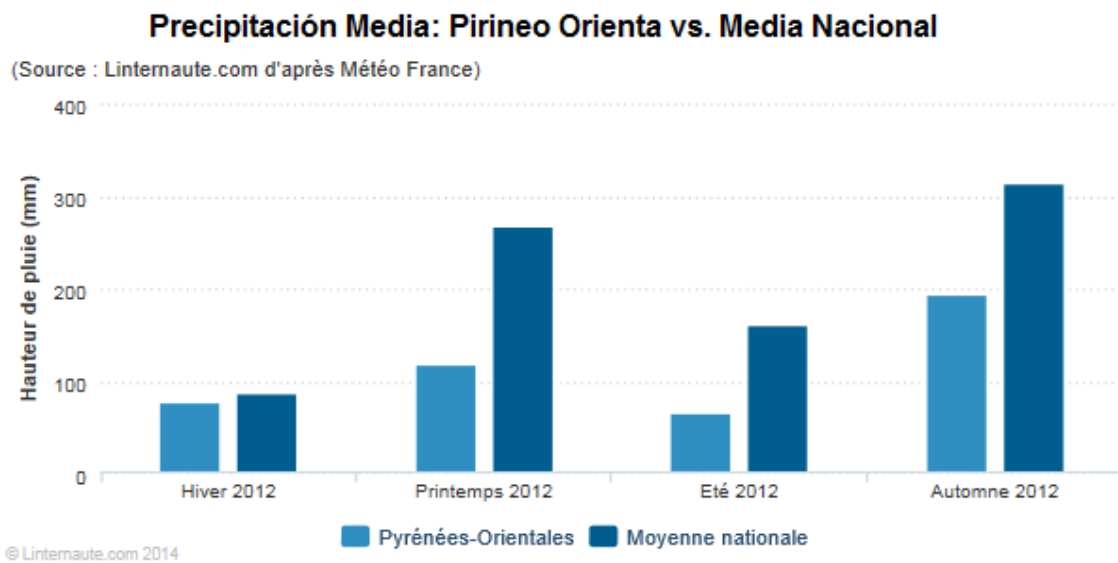


Figura 11: Precipitación media recogida en los Pirineos Orientales en comparación con la media francesa.

4.9.3 OTROS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS

El viento de Tramontana sopla en la zona mayormente en invierno y primavera, influenciando el clima de la región. En cuanto a otros fenómenos meteorológicos como la niebla o las heladas que pueden afectar de manera significativa el correcto desarrollo de las obras, no tienen una presencia o intensidad destacada en el municipio de Cerbère. Debido a la significancia de estos factores en el área de proyecto, se agrupan en un incremento del nivel del mar de +1m, considerado en el dimensionamiento de las estructuras marítimas.

4.10 CLIMA MARÍTIMO

El análisis del clima marítimo permite determinar los parámetros de oleaje necesarios para el diseño de las obras (altura de ola, periodo y dirección). Se basa fundamentalmente en las ROM (Recomendaciones para Obras Marítimas), en particular la ROM 0.3-91. Estas fueron desarrolladas desde 1987 por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), a través del ente público Puertos del Estado; definen un conjunto ordenado de criterios técnicos que, sin tener carácter vinculante o normativo, orientan a proyectistas, directores y constructores de obras portuarias hacia la obtención de los niveles de calidad y garantía exigibles en estas obras.

La ROM 0.3-91 incluye la completa caracterización del clima marítimo en el litoral español, definido en base al análisis estadístico de la información disponible. Se establecen 10 zonas en el litoral, definidas según características climáticas y geográficas. El conjunto de datos disponibles para ser analizados se pueden clasificar en datos visuales, instrumentales (principalmente de boyas) y obtenidos por simulación numérica (puntos WANA).

En el *Anejo 3: Clima Marítimo* se encuentra el estudio detallado que se ha llevado a cabo. Para la realización del cual se han usado básicamente los datos de la boya de Cabo Begur ya que es la boya perteneciente a Puertos del estado que sigue activa más al norte y por tanto cerca de la zona de estudio. Los datos de esta boya se han utilizado para estudiar las condiciones extremas utilizadas para el diseño de las estructuras de abrigo. La distribución del oleaje direccional muestra que las direcciones más importantes a considerar son las del abanico NE-SW. La siguiente tabla muestra los valores de diseño del clima extremal calculados en el anejo mencionado.

	K_{α}	K_{Ro}	Dique Vertical ($H_{sboya} = 7.8m$)	Dique Talud ($H_{sboya} = 6.5m$)
NE	1	0.94	8.30	6.91
ENE	0.95	0.95	7.80	6.50
E	0.9	0.96	7.31	6.09
ESE	0.9	0.97	7.24	6.03
SE	0.8	0.97	6.43	5.36
SSE	0.8	0.97	6.43	5.36
S	0.8	0.96	6.50	5.42
SSW	0.75	0.96	6.09	5.08
SW	0.75	0.95	6.16	5.13

Tabla 1: Alturas de ola del oleaje extremal direccional para dique vertical y en talud.

4.11 DINÁMICA LITORAL

En cuanto a la afección que la construcción del nuevo puerto de Cerbère podría ejercer sobre la dinámica litoral de la zona, existen dos factores significantes y condicionantes. Por un lado se debe tener en cuenta que la playa de Cerbère es una playa encajada, condición que favorece la permanencia de las arenas en la bahía. Por otro lado los sedimentos disponibles en las playas cercanas son gravas ya que el entorno se caracteriza por calas formadas por acantilados rocosos.

En principio la nueva construcción no alterará de manera significativa a la dinámica litoral en la playa de Cerbère, sin embargo sí que es posible que la arena de la playa bascule ligeramente hacia uno de los dos extremos. A corto plazo, después de la finalización de las obras, debido a que las zonas de acopio de materiales y de instalaciones para el personal de obra estarán situadas en la misma playa, se deberá llevar a cabo una adecuación del espacio con el objetivo de devolver a la playa a la situación a priori de las obras. El material dragado para dar el calado necesario al puerto será vertido en la bahía.

5. ESTUDIO DEL MERCADO NÁUTICO

De cara al dimensionamiento del nuevo puerto deportivo de Cerbère es fundamental conocer el número de embarcaciones a las que dará cabida la instalación, ya que será el dato de partida para la distribución de las dársenas, edificaciones pertinentes e incluso para realizar el estudio de viabilidad económico-financiero. También se estudia la oferta de servicios y para embarcaciones que ofrecen los puertos catalanes colindantes como el de Portbou, Bahía de Còlera y Llançà y puertos franceses en Port-Vendres y Banyuls-sur-Mer.

La bibliografía consultada acerca de la previsión futura del mercado náutico en la región de los Pirineos Orientales apunta hacia una misma conclusión. La franja litoral de dicho territorio apuesta por un desarrollo económico, enfocado a la potenciación del sector turístico náutico siempre de la mano de la sostenibilidad, respeto y protección de los recursos naturales.

Se puede decir por tanto, que es necesario promover el turismo náutico como la “energía renovable” del sector turístico (Federación Europea de Destinos de Turismo Náutico) de la zona, ya que éste es capaz de contribuir al desarrollo sostenible de la costa y a la comunidad de Cerbère.

En base a la información recopilada en el *Anejo 4: Mercado Náutico*, se consideran los factores desarrollo económico y sostenibilidad como los dos pilares fundamentales sobre los que se debe basar la construcción y el diseño del nuevo puerto deportivo.

Es por eso que con el fin de evitar un impacto negativo o deterioro en el paisaje, la flora o la fauna existentes, se decide conservar la oferta de amarres entre 150 y 200 para embarcaciones con 12 o 14 metros de eslora máximo. De la misma manera se intentará ofrecer el mayor número de servicios de la más alta calidad para convertir a Cerbère en un emplazamiento selectivo.

6. ESTADO ACTUAL

El centro neurológico del municipio de Cerbère se sitúa alrededor de la bahía natural que se observa en la Figura 12. El dique de abrigo en talud que se observa en la imagen de aproximadamente 80m de longitud, es rebasable por lo que no ofrece un alto nivel de protección frente a temporales importantes como los que se dan en el periodo invernal. De manera que da cobijo a pequeñas embarcaciones durante los meses de verano mediante la instalación de pantalanés flotantes que posteriormente se desmontan y se guardan hasta la próxima temporada.



Figura 12: Vista en planta del estado actual de la bahía de Cerbère.

En 1973 se llevaron a cabo las obras de construcción del dique para la protección de la bahía en la ubicación actual. Los datos apuntan a que en 1998 y 2003 tuvo que ser reconstruido parcialmente por daños sufridos en la escollera debido a fuertes temporales de oleaje.

La figura 13 muestra la sección transversal tipo del dique, cuyo manto principal se componía de elementos de escollera de 1ª categoría (5-7 toneladas) y el filtro de elementos de 3ª categoría.

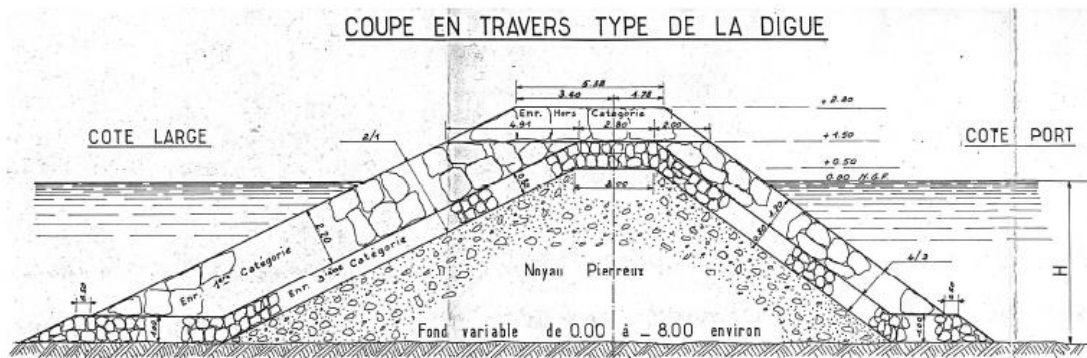


Figura 13: Sección transversal del primer dique en talud existente.

En enero de 1979 el dique fue severamente dañado por lo que fue reconstruido en 1980, se supone que de manera idéntica que anteriormente, ya que no hay disponible información sobre esta reparación. Además consta, que después de la tormenta del invierno de 1997 la estructura fue fuertemente dañada y se llevaron a cabo trabajos de reparación con escollera de 8 a 10t (ver Figura 14) elementos que fueron unidos en la parte trasera, mediante hormigón.

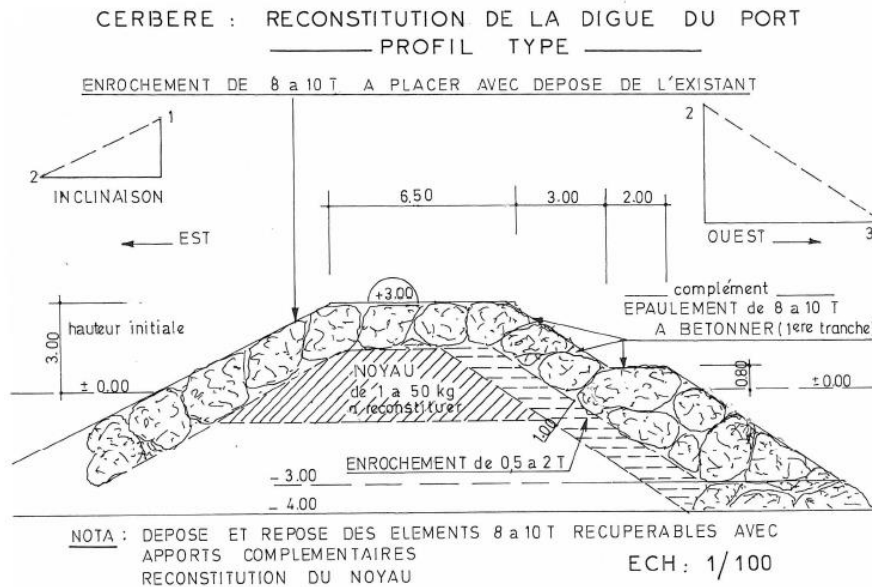


Figura 14: Reconstrucción del dique en talud.

De igual manera que ocurre con la reparación llevada a cabo en 1979, de la reparación en 2003 no existe ningún documento detallado; se sabe que nuevamente el dique fue reforzado con hormigón.

En conclusión los aspectos clave de la situación actual que deben ser recordados son dos; la estructura de abrigo existente se sitúa en el interior de la bahía, limitando el espacio disponible, obligando a las embarcaciones a entrar hasta el interior de la bahía (durante los meses en los que se ofrece el servicio de puerto deportivo), limitando la circulación de las aguas y por tanto ejerciendo presión en la calidad de las aguas de baño. En segundo lugar y como se ha mencionado anteriormente, la estructura marítima es ultra pasada por el oleaje de mayores dimensiones, por lo que el puerto deportivo se constituye de pantalanés flotantes únicamente durante la temporada de verano.

7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El *Anejo 6: Estudio de Alternativas* recoge las características principales de cada una de las soluciones propuestas así como del estudio cualitativo realizado a priori. Para el diseño de las propuestas se han seguido las recomendaciones de la R.O.M 3.1-99 “Canales de acceso y áreas de flotación” y R.O.M 2.0-11 “Proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre”.

A continuación se presenta la información más relevante a tener en cuenta en el desarrollo de alternativas.

7.1 TIPOS DE LAS OBRAS DE ATRAQUE

Las obras de atraque para uso náutico-deportivo, veleros y yates, deben fundamentalmente garantizar una permanencia segura de los barcos en puerto, facilitando la accesibilidad de los usuarios. El principal condicionante es que la configuración física del atraque debe permitir el máximo aprovechamiento del espacio disponible para flotas de características poco homogéneas.

Se elige como tipología más conveniente el pantalán, dentro del cual existen dos tipos: fijos y flotantes. La opción de los pantalanes flotantes es muy utilizada en las situaciones donde se pueden dar cambios bruscos en el nivel del mar, fuertes mareas, etc. Aunque en la zona de proyecto no se esperan grandes variaciones del nivel del mar por marea, si pueden darse fuertes temporales. La estructura de abrigo proyectada debe ofrecer a las aguas abrigadas protección suficiente, no obstante se opta por los pantalanes tipo móviles o flotantes con el objetivo de hacerlos más resistentes frente a la agitación que se pueda producir u a variaciones de nivel del mar producida por fuertes vientos u otros fenómenos meteorológicos.

La alternativa o tipología de atraque y amarre será por lo tanto pantalanes flotantes con atraque doble a pantalán con finger, cuya tipología puede observarse en la siguiente figura.

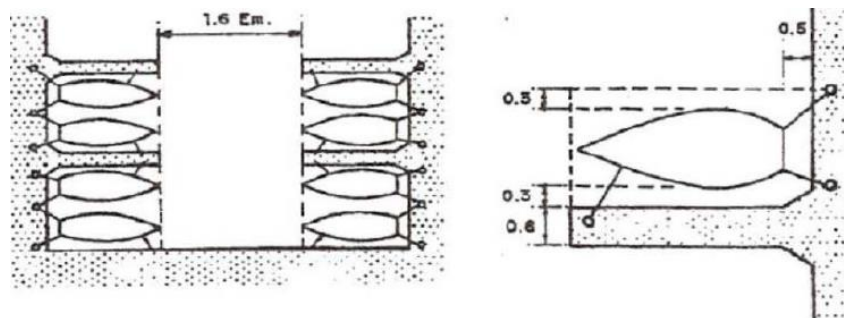


Figura 15: Atraque mediante fingers.

7.2 TIPOLOGÍAS DE TRAZADO EN PLANTA

Las tipologías típicas en planta de un puerto deportivo son:

- Diques convergentes
- Dique exterior
- Dique paralelo
- Puerto isla

7.3 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE DIQUES

Las tipologías estructurales de diques de abrigo que se recogen en el citado anejo son las siguientes:

- Dique vertical
- Dique en talud
 - Dique en talud conveccional
 - Dique Berma
 - Dique en S
- Dique Mixto

7.4 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL. MUELLES

Las diferentes alternativas constructivas clásicas de los muelles son:

- Estructuras de contención con paramento vertical.
 - A1: Estructura de gravedad
 - A2: Estructura de pantalla
- Estructuras abiertas

7.5 PRESENTACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

A continuación se presentan las tres alternativas propuestas clasificadas según las obras de abrigo proyectadas. Dentro de algunas de ellas se han realizado diferentes alternativas para cada tipo en particular centrándonos en la ordenación de los atraques interiores.

- Alternativas Tipo 1: Diseño de la estructura de abrigo en el emplazamiento actual.
- Alternativas Tipo 2: Nuevo puerto deportivo situado en los acantilados de la zona noreste a la playa de Cerbère.
- Alternativas Tipo 3: Nuevo puerto deportivo situado en los acantilados de la zona sureste a la playa de Cerbère.

Se debe mencionar que todas las soluciones aquí propuestas resuelven el objetivo principal de este proyecto que es la construcción de un puerto deportivo durante todo el año, y no sólo durante la temporada de verano como la situación existente. Cada una tiene sus puntos fuertes y sus puntos débiles, que son analizados de manera cualitativa primero y cuantitativa después.

7.5.1 ALTERNATIVAS TIPO 1

La primera alternativa propuesta se basa en la minimización de las actuaciones a realizar, en ésta se opta por la reconstrucción de un dique con características similares al existente. Las principales modificaciones consisten en alargar e dique hasta alcanzar aproximadamente los 100m conservando la orientación, de ésta manera se mejora la protección de la bahía en la época estival y se cumple con el objetivo principal de elevar la categoría del puerto en base a una oferta constante de amarres (durante todo el año en lugar de únicamente durante la época estival).

Esto se consigue mediante la mejora de la tipología estructural del dique de abrigo, que pasa a ser un dique berma, cuya sección tipo (para una profundidad media) se observa a continuación. El número de amarres a los que es posible dar abrigo durante todo el año se mantiene ya que el espacio en la bahía está limitado al tratarse de una zona con varios usos (baño, puerto deportivo, deportes náuticos, etc).

Dentro de esta alternativa se proponen dos ordenaciones diferentes de los amarres con las que se pretende conservar el número de amarres, respetar las distancias necesarias para el funcionamiento del puerto y la comodidad de los usuarios.

7.5.1.1 Alternativa 1a

Esta alternativa da cabida a un total de 111 embarcaciones, las dimensiones de las cuales se observan en la siguiente tabla.

6x3.10m	10x4.25m	12x5.55m	Total Amarres
56	39	16	111

Tabla 2: Oferta de amarres alternativa 1a.

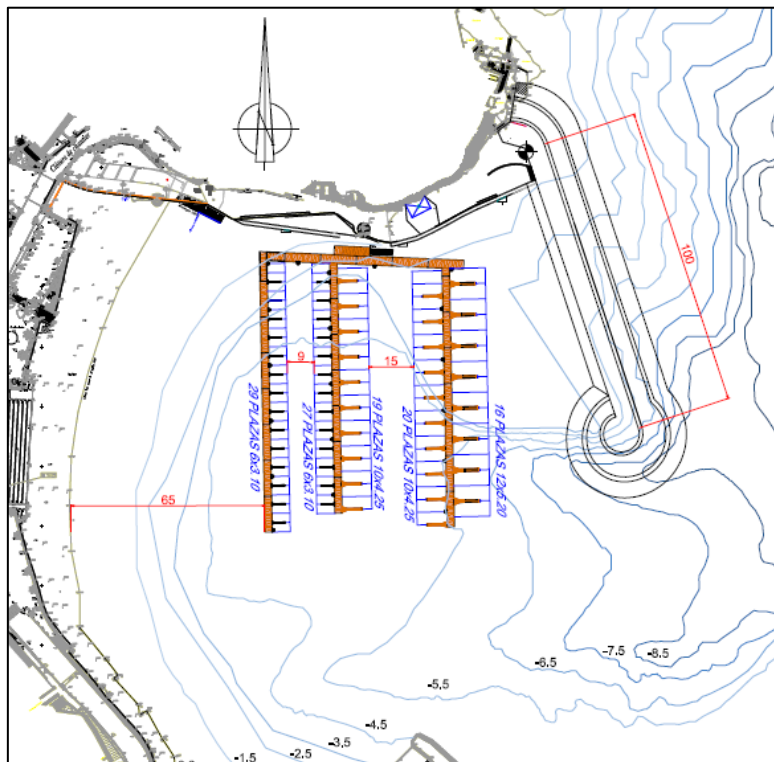


Figura 16: Vista en planta de la alternativa 1^a

7.5.1.2 Alternativa 1b

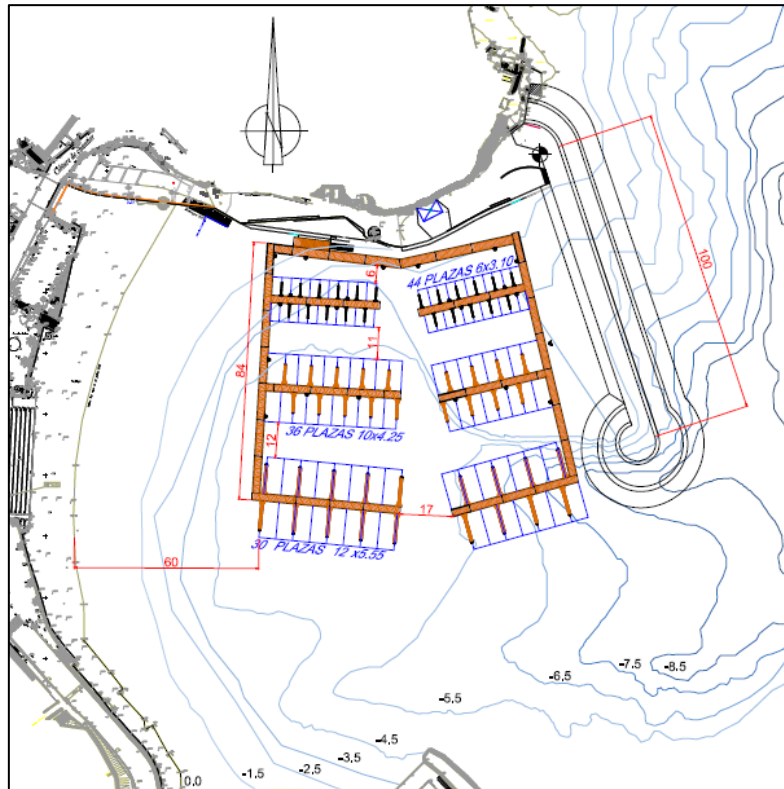


Figura 17 Vista en planta de la alternativa 1b.

6x3.10m	10x4.25m	12x5.55m	Total Amarres
44	36	30	110

Tabla 3: Oferta de amarres alternativa 1b.

7.5.2 ALTERNATIVAS TIPO 2

La segunda alternativa se basa en la construcción de un puerto deportivo situado más al norte de la bahía, de manera que se libera la playa que quedaría exclusivamente destinada a actividades lúdicas. Una clara ventaja que presenta dicha solución es la mejora de la calidad de las aguas en comparación con la alternativa 1, sin embargo tiene condicionantes medioambientales ya que a zona de acantilados que se ocupa como emplazamiento de la nueva infraestructura actualmente es una zona de gran riqueza natural por la cantidad de especies de fauna y flora que alberga (Anejo 2: Estudio del medio).

Dentro de esta alternativa se han elaborado diferentes propuestas mediante la variación de las estructuras de abrigo y el número de amarres ofertados. Una descripción más detallada de cada solución se presenta a continuación.

7.5.2.1 Alternativa 2a

Esta solución se basa en la adecuación de la parte norte de la bahía, con un alargamiento del muelle existente se hará posible la entrada en vehículo de motor como para peatones al nuevo espacio. La estructura de abrigo se compone de un tramo de 187m de dique en talud (incluyendo dique y contradique), que alcanza una profundidad máxima de -13.0m y un tramo mayor de 176m de longitud de dique vertical que alanza la profundidad máxima en los -16.5m.

Ofrece un total de 173 amarres disponibles durante todo el año para embarcaciones deportivas de hasta 14m de eslora.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	14x6.00m	Total Amarres
52	46	40	16	12	173

Tabla 4: Oferta de amarres alternativa 2a.

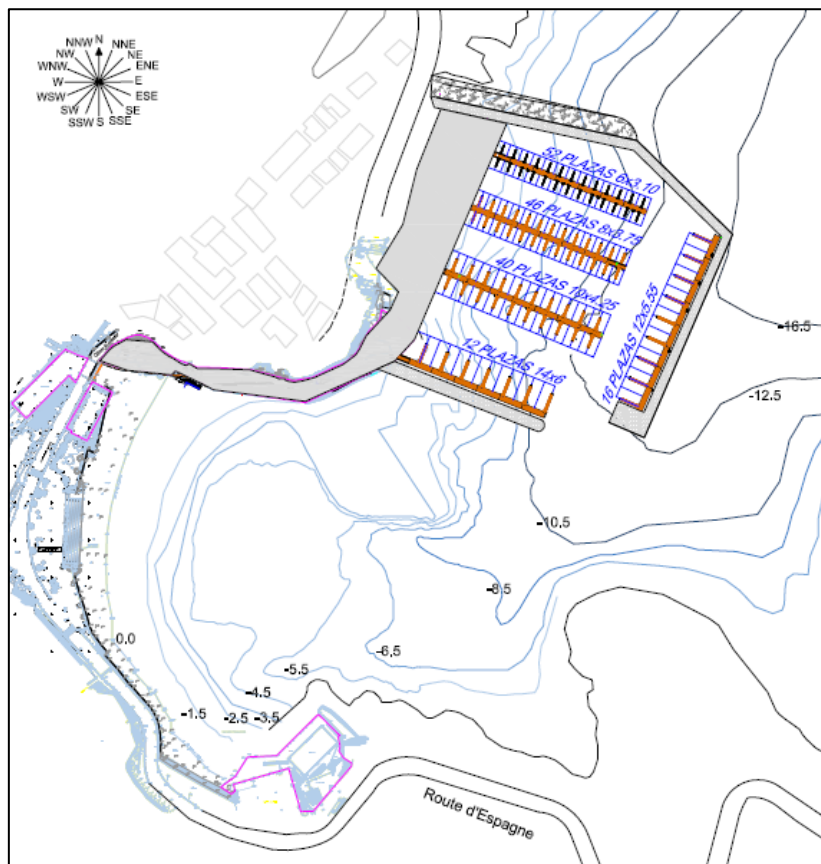


Figura 18: Vista en planta de la alternativa 2ª

7.5.2.2 *Alternativa 2b*

Esta solución se basa en la adecuación de la parte norte de la bahía, con un alargamiento del muelle existente se hará posible la entrada en vehículo de motor como para peatones al nuevo espacio. La estructura de abrigo se compone de un tramo de 219m de dique en talud (incluyendo dique y contradique), que alcanza una profundidad máxima de -13.0m y un tramo mayor de 178m de longitud de dique vertical que alcanza la profundidad máxima en los -18m.

Con un total de 186 amarres, esta solución amplía la oferta de amarres debido a la configuración de las estructuras de abrigo que permiten un aprovechamiento óptimo del espacio. La eslora máxima se mantiene en 14m.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	14x6.00m	Total Amarres
59	49	45	19	14	186

Tabla 5: Oferta de amarres alternativa 2b.

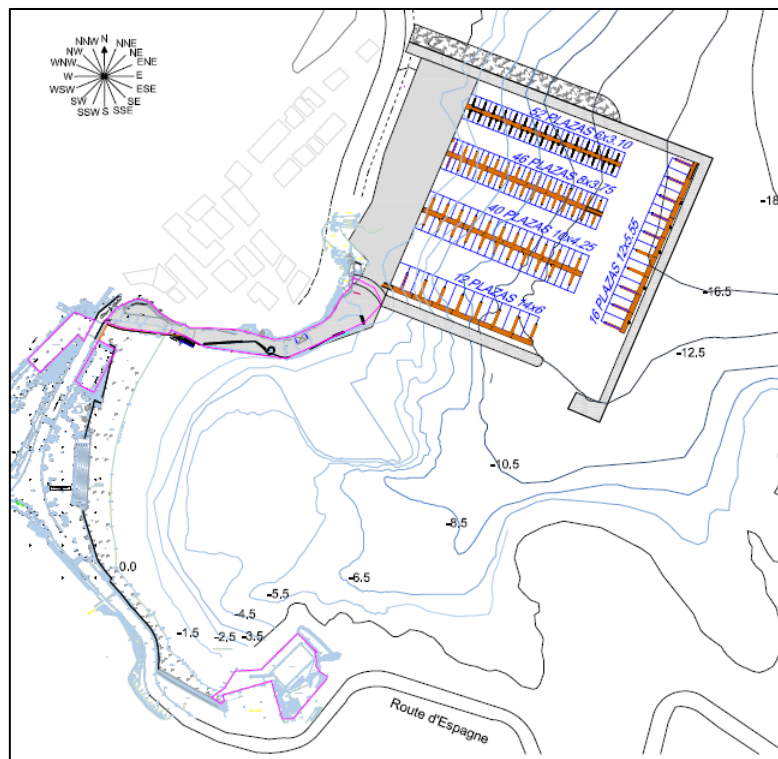


Figura 19: Vista en planta de la alternativa 2b

7.5.2.3 Alternativa 2c

La penúltima solución que se ha estudiado en la zona norte ofrece unas características similares a las de las alternativas anteriores. Se mantiene el alargamiento del muelle existente, que hará posible la entrada de vehículos de motor como de peatones al nuevo espacio. Sin embargo la orientación y tipología de las estructuras de abrigo varían ligeramente.

Por un lado la tipología estructural, mientras otras alternativas se basan en la combinación de dique en talud y dique vertical, esta solución únicamente contempla la protección de la zona de abrigo mediante la construcción de diques en talud. Se espera que dicha variación resulte no sólo en la reducción de costes sino también en la disminución de la complejidad que supondría gestionar y coordinar la construcción de un dique vertical en un entorno con una clara limitación espacial como es la bahía de Cerbère.

Un total de 367m de dique rompeolas (en talud) que se complementan de 111m de contradique para a protección del nuevo puerto deportivo. La profundidad máxima alcanzada será de -15m aproximadamente. En cuanto al número de amarres ofertados, asciende a un total de 151. Número menor que el de las alternativas 2ª y 2b debido a la configuración de los diques pero que sin embargo sigue siendo considerablemente mayor que el ofertado por las alternativas 1a y 1b. En este caso, el espacio está más limitado por lo que la eslora máxima es de 14 m.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	Total Amarres
54	48	25	24	151

Tabla 6: Oferta de amarres alternativa 2c.

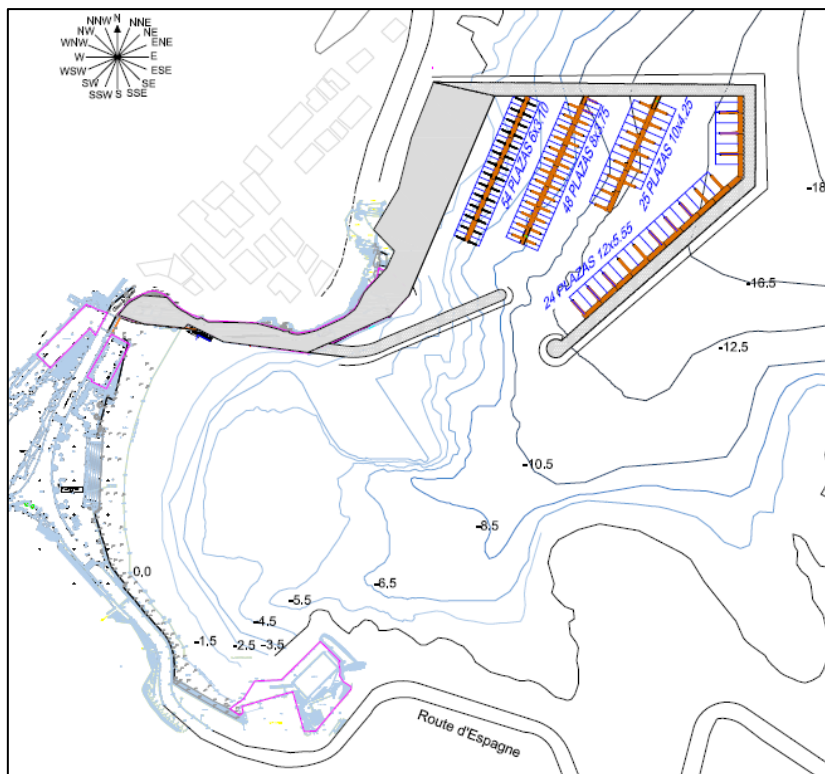


Figura 20: Vista en planta de la alternativa 2c

7.5.2.4 Alternativa 2d

Por último esta solución pretende mejorar las características ofrecidas por la alternativa anterior (2c). Las mejoras que proporciona esta alternativa radican en la reordenación de los amarres y en el aprovechamiento de espacios para la generación de zonas de ocio u otro crecimiento económico.

De la misma manera que la alternativa 2d, la protección de la zona de abrigo se consigue mediante la construcción de un dique rompeolas de longitud 385m cuyo contradique mide 132m de largo. La profundidad máxima alcanzada es del orden de -17m.

La reordenación de los amarres optimiza la distribución espacial consiguiendo un total de 165 amarres para embarcaciones de 12m de eslora máxima. Aunque la oferta no supone un aumento significativo de plazas, más allá del paso de puerto temporal a puerto deportivo fijo, se decide aprovechar el espacio que se genera detrás del contradique al que se podrá acceder desde el muelle y que alcanza un área de 3600m². Esto supone la posibilidad de ofrecer un espacio de ocio nuevo para la bahía, que sin duda supondrá un elemento clave en el crecimiento económico generado a partir de la construcción del nuevo puerto deportivo de Cerbère.

La siguiente tabla recoge datos más específicos acerca de los amarres.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	Total Amarres
59	48	40	20	165

Tabla 7: Oferta de amarres alternativa 2d.

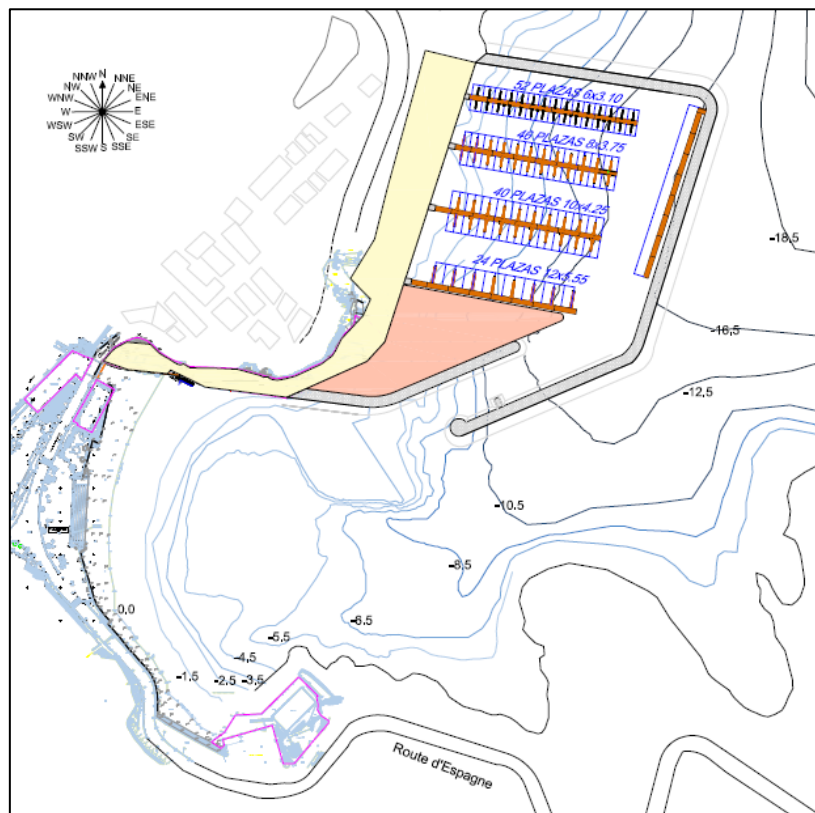


Figura 21: Vista en planta de la alternativa 2c

7.5.3 ALTERNATIVAS TIPO 3

Las alternativas presentadas en esta categoría se centran en la construcción de un nuevo puerto deportivo situado al sur de la bahía de Cerbère. Las configuraciones propuestas ofrecen cobijo a embarcaciones deportivas pequeñas sin embargo se ha ampliado el número de amarres ofrecidos sobretodo en la solución 3b, para hacer frente al coste de las actuaciones necesarias.

Aunque las configuraciones aquí propuestas y otras que podrían también ser posibles, tienen un alto nivel de potencial, la mayor desventaja que puede identificarse nace de la necesidad de construir nuevos accesos hacia la nueva área. Dicha actuación podría plantearse de diversas maneras, o bien permitiendo el acceso desde la zona de la bahía (de manera similar al muelle existente pero en el lado sur) hasta el puerto que conllevaría la pérdida de las tres pequeñas playas que se observan en la vista en planta; o bien construyendo un acceso más al sur del puerto por el que se pudiese acceder desde la Route d'Espagne, o bien ambas opciones al mismo tiempo. En cualquier caso, alguna de estas opciones debería llevarse a cabo, con lo que se estima el coste económico de las alternativas aquí recogidas será superior a los anteriores.

7.5.3.1 Alternativa 3a

La estructura de abrigo se compone de un tramo de 101m de dique en talud que alcanza una profundidad máxima de -17.5m y un tramo mayor de 212m de longitud de dique vertical que alcanza la profundidad máxima en los -20m. Con un total de 208 amarres, esta solución amplía la oferta de amarres debido a la configuración de las estructuras de abrigo que permiten un aprovechamiento óptimo del espacio. La eslora máxima se mantiene en 14m.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	14x6.00m	Total Amarres
61	52	44	22	29	208

Tabla 8: Oferta de amarres alternativa 3a.

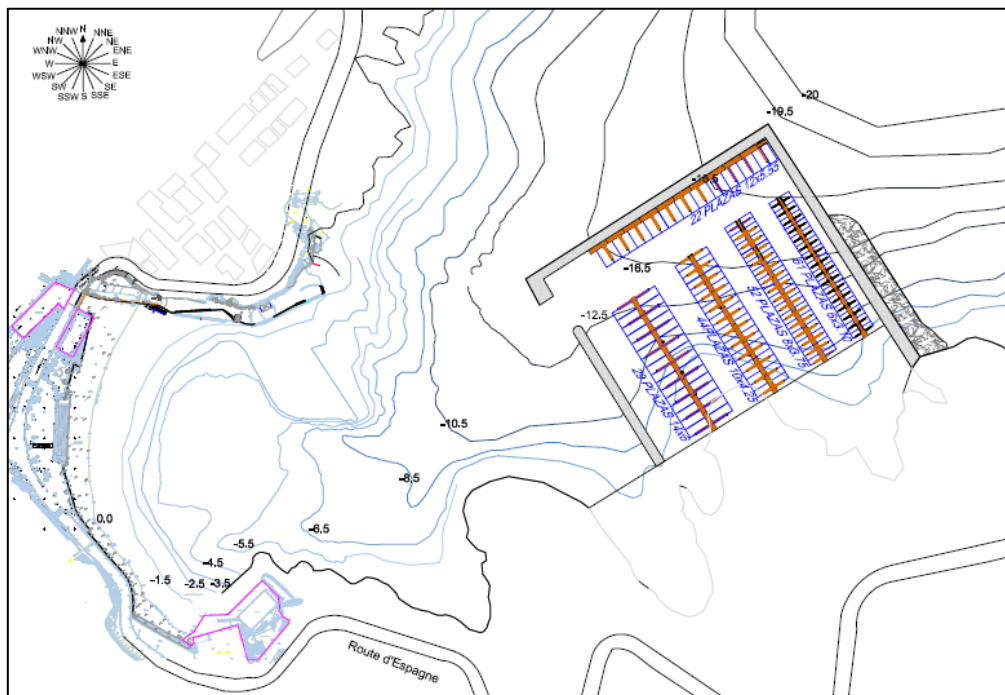


Figura 22: Vista en planta de la alternativa 3A

7.5.3.2 *Alternativa 3b*

La estructura de abrigo se compone de un tramo de 122m de dique en talud que alcanza una profundidad máxima de -18.5 y un tramo mayor de 343m de longitud de dique vertical que alcanza la profundidad máxima en los -23 m.

Con un total de 263 amarres, esta solución que mayor amplía la oferta de amarres debido a la configuración de las estructuras de abrigo que permiten un aprovechamiento óptimo del espacio. La eslora máxima se mantiene en 14m.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	14x6.00m	Total Amarres
73	59	54	42	35	263

Tabla 9: Oferta de amarres alternativa 3b.

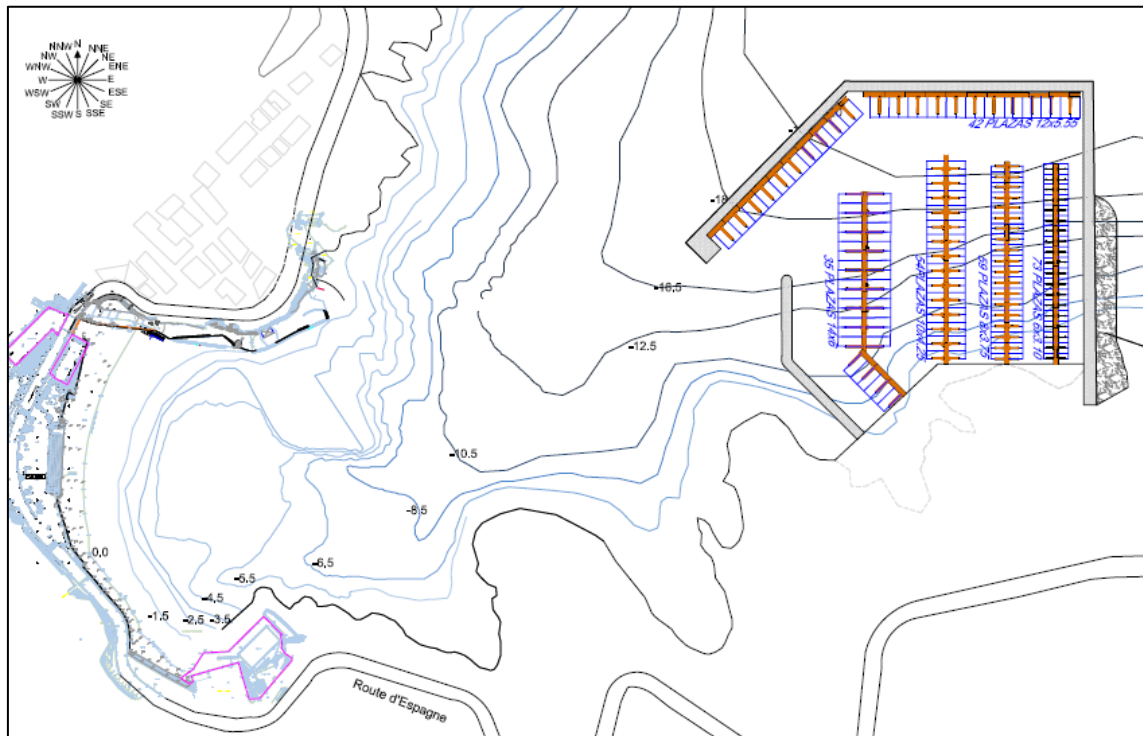


Figura 23: Vista en planta de la alternativa 3b

7.6 EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LAS ALTERNATIVAS

Como punto de partida para el análisis multicriterio, se realizara un pre-análisis cualitativo de los diferentes tipos de solución sin incluir las diferentes soluciones dentro de cada tipología.

INDICADOR	SUBINDICADOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Sociológicos	Población servida.	Baja	Media	Alta
	Mano de obra requerida.	Baja	Media	Alta
Climáticos	Operatividad según vientos.	Alta	Alta	Alta
	Operatividad según oleaje,	Alta	Alta	Alta
	Protección. Periodo invernal	Alta	Alta	Alta
	Protección bahía contra la agitación	Alta	Media	Media
Medioambientales	Reciclaje aguas abrigadas.	Baja	Alta	Alta
	Afectación paisajística.	Media	Alta	Alta
	Ocupación fondos marinos.	Media	Alta	Alta
	Afectación a la fauna de la zona.	Baja	Media	Media
	Afectación a playas de la zona.	Media	Media	Alta
Económicos.	Coste total	Bajo	Medio	Alto
	Coste conservación	Bajo	Medio	Alto
	Duración trabajos (oportunidades pérdidas)	Media	Media	Media
	Cantidad materiales	Bajo	Media	Alta
Geológico y geotécnico.	Dragado	Medio	Bajo	Bajo
	Disponibilidad canteras	Alta	Media	Baja
Topográficos y geográficos.	Volumen sumergido.	Medio	Medio	alto
	Cercanía a la ciudad (acceso)	Alta	Medio	Medio

Tabla 10: Tabla evaluación cualitativa de los indicadores considerados para cada una de las alternativas.

En general se puede observar que las diferentes tipologías aquí propuestas tienen puntos a favor y aspectos en contra que las hacen más o menos idóneas para cumplir los objetivos planteados.

En función de los resultados cualitativos obtenidos en el preanálisis y teniendo en cuenta las prioridades o bases sobre las que se quiere decidir qué solución es la mejor, se llega a la conclusión que las alternativas tipo 1 se encuentran limitadas por diversos aspectos y por tanto no pueden ofrecer la oferta náutica de calidad que requiere el emplazamiento.

Por un lado la construcción del nuevo puerto de Cerbère en el mismo emplazamiento, capaz de resistir la altura de ola de diseño implicaría construir una estructura con gran cota de coronación a pocos metros de la playa, causando un gran impacto visual a los usuarios de ésta.

Por otro lado, el alargamiento del dique resultaría en un mejor nivel de protección de la bahía y de agitación, sin embargo supondría incrementar el cerramiento de ésta y por tanto un retardo en el ciclo de renovación de las aguas que permanecerían durante un mayor período de tiempo en la playa. El empeoramiento de la calidad de las aguas sería esperado, conllevando probablemente efectos negativos a la fauna y la flora del entorno. De manera indirecta afectaría al turismo de la zona que busca una oferta de calidad.

Por estos motivos, se decide prescindir de las alternativas tipo 1 en el análisis multicriterio, aunque éstas se caractericen por un bajo nivel de costes económicos.

7.7 ANÁLISIS MULTICRITERIO

Para la realización del análisis multicriterio, se deben definir una serie de conceptos y subconceptos que resalten las diferencias entre las alternativas propuestas y que permita jerarquizar, dado que el objetivo de este estudio comparativo es encontrar aquella alternativa que resulte más adecuada.

Se escogen un total de 13 conceptos y subconceptos que a continuación se evaluarán para cada una de las soluciones. La metodología escogida permite un correcto análisis cualitativo (a groso modo cuantitativo) que permite realizar comparaciones objetivas mediante fórmulas sencillas con las que se puntúan las alternativas con valores del 1 al 10. Posteriormente, mediante una ponderación de los criterios se obtendrá una puntuación final para cada alternativa que permitirá conocer cuál de ellas es la que mejor cumple los objetivos establecidos.

La siguiente tabla recoge las puntuaciones que cada alternativa obtiene para los diferentes conceptos. El peso anterior ya ponderadas para cada subconcepto, así como la valoración final de las alternativas es el siguiente:

Conceptos	Peso	A2a	A2b	A2c	A2d	A3a	A3b
Crecimiento socioeconómico	10	65.8	76.0	57.4	63.0	79.1	100.0
Empleo generado	10	51.8	51.8	51.8	83.0	100.0	100.0
Especies protegidas	8	66.2	66.2	90.0	90.0	48.1	0.0
Impacto Visual	6	60.3	60.3	62.6	90.0	74.2	90.0
Calidad de las aguas	6	11.6	10.5	12.8	11.2	14.6	20.0
Potencial explotación amarres	3	15.8	21.0	12.9	15.0	21.3	30.0
Potencial explotación instalaciones lúdicas	9	58.5	58.5	58.5	90.0	90.0	90.0
Coste de diques	14	140.0	122.7	83.5	140.0	115.2	0.0
Coste de volúmenes	14	140.0	140.0	140.0	140.0	91.0	0.0
Cohesión de las instalaciones	5	50.0	50.0	47.2	47.0	12.5	0.0
Accesibilidad por mar	5	50.0	50.0	50.0	50.0	0.0	0.0
Simplicidad maniobras de atraque	5	41.8	38.6	50.0	31.5	28.6	0.0
Variaciones batimétricas	5	50.0	50.0	50.0	50.0	31.3	0.0
TOTAL	12	801.8	795.6	766.6	900.7	705.8	430.0

Tabla 11: Puntuaciones finales ponderadas para cada una de las alternativas

Para establecer una valoración sobre 10 puntos, mucho más clara y asimilable, utilizamos la siguiente expresión.

$$P_f = 5 + 10 \left(\frac{P_i - P_m}{P_m} \right)$$

En donde P_i es la puntuación total obtenida en el cuadro comparativo para cada alternativa “i” y P_m es la media de las puntuaciones total. Con esto resulta lo siguiente:

Alternativa	P_i	P_m	P_f
A2a	801.8	733.4	5.9
A2b	795.6		5.8
A2c	766.6		5.5
A2d	900.7		7.3
A3a	705.8		4.6
A3b	430.0		0.9

Tabla 12: Puntuaciones finales sobre 10 para cada una de las alternativas

A la vista a los resultados, las alternativas de tipo 2 son las que reciben mejor puntuación. Por el contrario las soluciones que proponen la construcción del nuevo puerto en la zona sur obtienen una puntuación considerablemente menor, que alcanza el mínimo en la alternativa 3b (1.1). Probablemente esta puntuación se deba al gran volumen de tierras que sería necesario aportar y la dificultad que supone la construcción de nuevos accesos hasta las nuevas instalaciones portuarias, además de la mayor afección al medio ambiente.

En cuanto a las soluciones que obtienen mayor puntuación, la alternativa 2d alcanza una puntuación de 7.3, valor considerablemente superior al del resto. Esto significa que dicha solución es la que mejor satisface los objetivos y criterios fijados a los que se quería dar respuesta mediante el estudio de este proyecto, respetando aspectos tan importantes como la eficiencia económica y la conservación del medioambiente.

7.8 ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN EN PLANTA

La decisión que se toma a partir de los resultados obtenidos es continuar con el diseño y desarrollo en detalle de la alternativa 2d, ya que es la más idónea para la realización del “Nuevo Puerto Deportivo de Cerbère”. Las ventajas identificables es la oferta un puerto deportivo durante todo el año a 165 embarcaciones. Por lo que aunque la oferta de amarres no aumenta en cantidad considerablemente en comparación con la situación actual, si lo hace en cuanto a criterios de calidad y de servicios ofrecidos a los usuarios.

Esta alternativa libera la presión que podría ejercer un puerto fijo anual sobre la bahía de Cerbère, lo que llevará probablemente a una mejora de la calidad de las aguas. La orientación del dique de abrigo crea un canal por el que las aguas pueden entrar/salir de la bahía sin mayor problema..

El acceso a la nueva zona se prevé no demasiado complicado ya que la construcción se llevará a cabo a través del muelle existente por el que se llegará sin problema al nuevo emplazamiento. Impulsa la expansión del municipio hacia el norte y posibilita el incremento de actividades cerca del nuevo emplazamiento, que podría ser objeto de estudio para futuros proyectos.

La ampliación del muelle existente lleva a aumentar la disponibilidad de espacios para uso relacionados con las actividades lúdicas que se estudiará más en adelante, sin embargo se prevé que el nuevo muelle ofrezca no solo el paso necesario para vehículos de motor sino también una zona peatonal por la que los habitantes puedan llegar hasta el nuevo puerto paseando.

En definitiva la solución elegida, promueve el desarrollo sostenible del área ya que va de la mano de una oferta de calidad y no de cantidad. La zona norte del municipio quedará cosida por el puerto que muy probablemente ejercerá un efecto positivo sobre dicho área, fomentando su desarrollo e inclusión en las nuevas actividades creadas a raíz de la construcción del nuevo puerto.

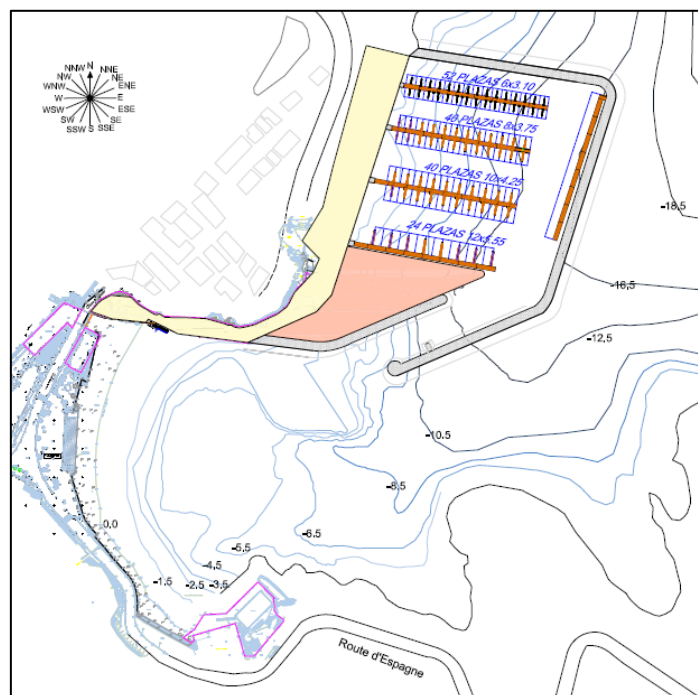


Figura 24: Vista en planta de la alternativa escogida mediante el análisis multicriterio.

8. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Con la construcción del nuevo puerto deportivo de Cerbère se pretende satisfacer los objetivos que se han comentado anteriormente.

- Satisfacer la demanda existente de plazas de amarre de embarcaciones deportivas.
- Organizar las instalaciones y la ordenación de los amarres de manera que se optimice la distribución y no se produzca una interferencia entre los usos en la zona de baño.
- Mejorar las condiciones de abrigo de las embarcaciones frente a temporales de modo que existan unas condiciones de agitación satisfactorias durante todo el año.
- Mejora de las estructuras interiores existentes.
- Ampliación de la oferta de espacios de ocio para intentar mejorar de este modo la integración puerto-ciudad.

Para satisfacer dichos objetivos se plantea la construcción de nuevas estructuras de abrigo e instalaciones y la remodelación de las estructuras interiores existentes. Se realizarán para ello las siguientes actuaciones.

- Construcción de nuevas estructuras de abrigo para la garantizar condiciones de seguridad suficientes a las aguas de abrigo.
- Al final de la segunda alineación del muelle se albergará la estación de suministro de combustible y el puesto de Salvamento Marítimo.
- Remodelación del muelle existente mediante su realineación con el fin de obtener una configuración más lineal y una anchura más funcional.
- Redistribución de los servicios que se encuentran en el muelle; construcción de una nueva rampa de botadura y reubicación de la grúa existente.
- Urbanización del paseo perimetral que forman los muelles con un nuevo firme de adoquines de hormigón y una serie de nuevos elementos de mobiliario urbano que conseguirán modernizar el puerto y conseguir integrar el puerto al municipio.
- Construcción de un nuevo club náutico en la nueva zona de ocio con una amplia oferta de actividades deportivas (pistas pádel y actividades interiores), gastronómica (restaurante con zona de terraza) y de relax (zona verde con piscina). Estas instalaciones quedarán repartidas tanto en la planta cero como en la primera planta del edificio propuesto; con el fin de garantizar la accesibilidad de los peatones a la planta superior se proyecta una rampa con tres tramos principales de 20, 5 y 20m respectivamente, en los que se disponen pendientes de 7.5%, 0% y 7.5%. De esta manera se garantiza el acceso autónomamente de personas con silla de ruedas.
- Construcción de un aparcamiento para vehículos ligeros, para ello se distribuyen las plazas de aparcamiento en dos emplazamientos. La zona principal de aparcamiento con capacidad para 63 turismos se sitúa en la planta baja del edificio que se proyecta en la zona lúdica. No se prevé una molestia hacia los usuarios de la la misma ya que a la zona de aparcamiento se accede por la parte trasera del edificio tal como se observa en la planta general. La segunda zona de aparcamiento, situada en la parte final del muelle de ribera, ofrece 20 plazas más para vehículos ligeros, 4 plazas para minusválidos, 16 plazas para motocicletas y 2 para ambulancias.
- Instalación de pantalanés en los que se dispondrán las plazas de amarre para embarcaciones deportivas, compuestos por módulos de pantalán de

2.50 m de ancho. Las esloras elegidas para el dimensionamiento de los atraques están comprendidas en un rango entre 6 y 12 m.

La siguiente figura muestra el nuevo puerto deportivo de Cerberè que ha sido diseñado para satisfacer las necesidades y los objetivos aquí expuestos, la cual se caracteriza por la distribución del suelo que recoge la siguiente tabla:

Uso	Superficie (m2)
Espejo de Agua	21873
Zona Verde	820
Zona Lúdica	2490
Aparcamientos	2333
Resto Superficie Urbanizada	5200
Superficie Total	32716

Tabla 13: Relación de superficies proyectadas

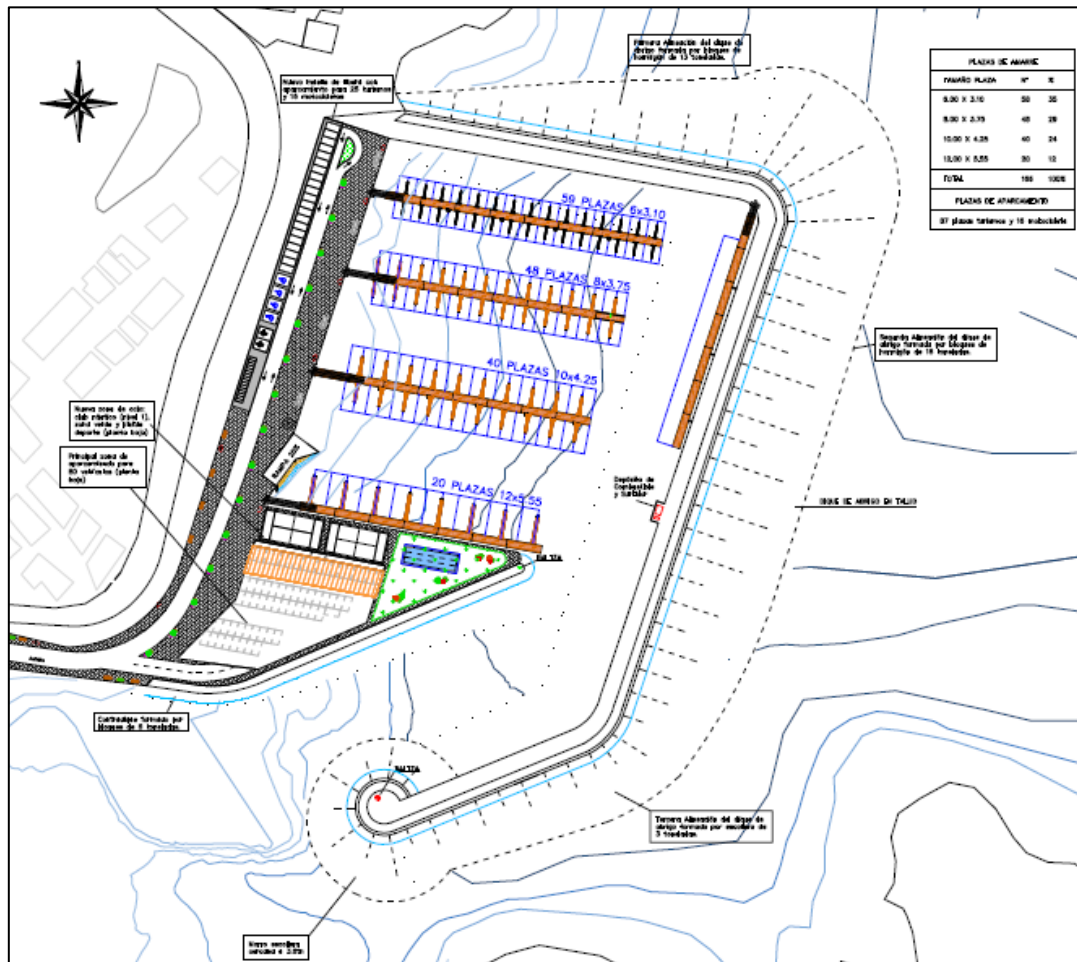


Figura 25: Planta General del Nuevo Puerto deportivo de Cerberè

8.1 ESTRUCTURAS DE ABRIGO

8.1.1 DESCRIPCIÓN

Dique de abrigo

Está compuesto por tres secciones o alineaciones (Figura 1); la primera, que llamaremos el arranque del dique tiene dirección aproximada W-E y longitud 125m cuyo calado aumenta a medida que avanza en sentido este hasta alcanzar profundidades de -16.5m. La segunda sección del dique se localiza en profundidades mayores que oscilan desde los -14m hasta los -17.8m, está orientada del NNE – SSW con un tramo recto de casi 180m se uno mediante alineaciones curvas con el arranque y la sección final del dique de 26 y 23m de longitud de arco respectivamente; su calado disminuye hacia el SSW gradualmente, sin embargo la profundidad mínima en su trayectoria es de aproximadamente -10m. Por último, la tercera sección contiene el morro del dique, se orienta de ENE-WSW y tiene una longitud recta de 73m; a medida que avanza hacia el interior de la bahía, es decir hacia el WSW las profundidades en las que se cimienta disminuyen de -14.0m en el lado más al este hasta los -6.5m.

Contradique

El contradique está compuesto de dos alineaciones rectas que forman un ángulo interior de alrededor de 160°, su longitud alcanza los 140 metros y protege al puerto deportivo de la entrada del oleaje reflectado. Sin embargo su función potencial en este proyecto es la de construir un espacio de ocio que marque la diferencia. Su colocación hace que su calado aumente desde profundidades pequeñas (casi en el interior de la bahía) hasta profundidades considerables de -13.5m.

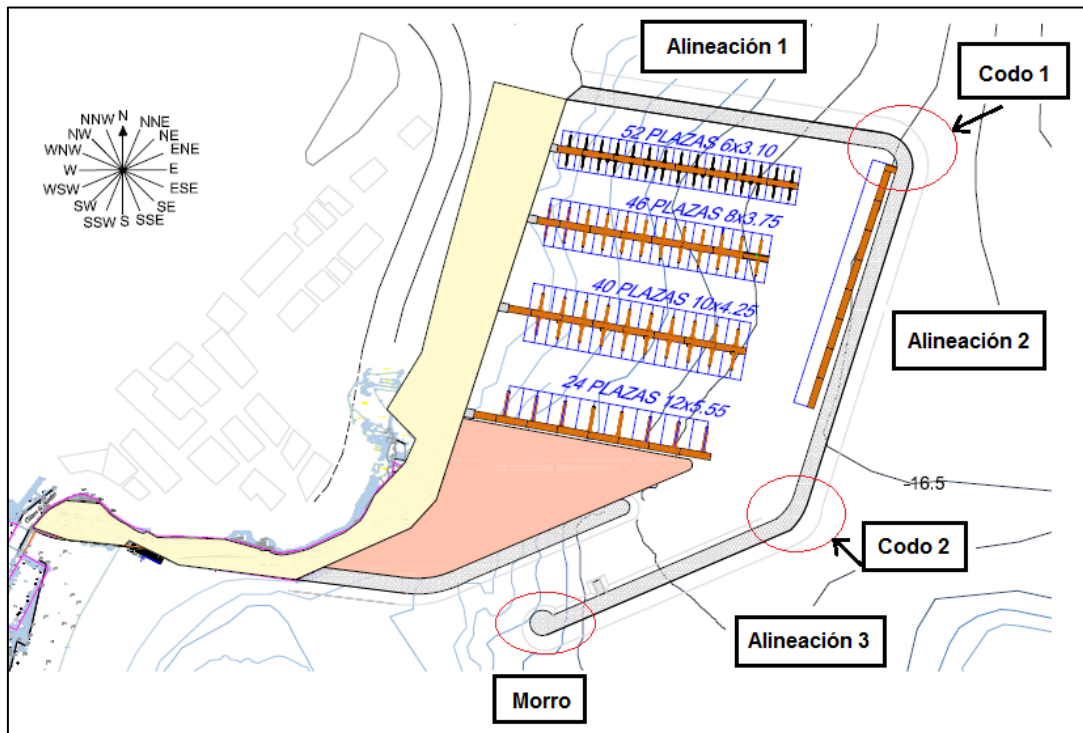


Figura 26: Vista en planta de los elementos a dimensionar dique en talud.

8.1.2 PROPAGACIÓN DEL OLAJE DESDE PROFUNDIDADES INDEFINIDAS HASTA PIE DE DIQUE

El procedimiento que se muestra en el *Anejo 8: Dimensionamiento de Estructuras de Abrigo* permite conocer cuáles serán las características de un determinado oleaje en un determinado punto partiendo de oleajes conocidos en aguas profundas. Para ello, se tomarán como datos de referencia los obtenidos en el *Anejo 3 Clima Marítimo*, referentes a un dique de abrigo tipo talud.

El cálculo de la propagación del oleaje hasta las profundidades indicadas arroja los siguientes resultados:

<i>Dirección</i>	H_{SO}	$T_p(s)$	α_0	$\alpha_0(rad)$	C_o	C	α	K_R	$H_{piededique}$
NE	6.91	13.01	54	0.94	20.32	13.21	0.53	0.82	5.70
ENE	6.5	12.62	31	0.54	19.70	13.21	0.35	0.95	6.20
E	6.09	12.22	9	0.16	19.07	13.21	0.11	1.00	6.07
ESE	6.03	12.16	-14	-0.24	18.98	13.21	-0.17	0.99	5.98
SE	5.36	11.46	-36	-0.63	17.89	13.21	-0.43	0.94	5.06
SSE	5.36	11.46	-59	-1.03	17.89	13.21	-0.63	0.80	4.28
S	5.42	11.52	-81	-1.41	17.99	13.21	-0.73	0.46	2.48

Tabla 13: Alturas de ola extremal propagadas a pie de dique (profundidad máxima -17.8m)

8.1.3 TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los elementos dimensionados en los diferentes apartados del Anejo 8 siguiendo la formulación de Hudson y Van der Meer para cada una de las tres alineaciones que forman el dique de abrigo y el contradique, quedan recogidos en la siguiente tabla.

		Elemento	W (Tn)	Espesor(m)	Cota (m)
DIQUE DE ABRIGO	Alineación 1	Manto	12.6	3.3	+7.9
		Filtro	0.63	1.2	
	Alineación 2	Manto	16.2	3.6	+8.9
		Filtro	0.8	1.3	
	Alineación 3	Manto	2	0.7	+2
		Filtro	0.1	1	
	Morro	Manto	3.6	2	+2
		Filtro	0.18	0.8	
CONTRADIQUE	Manto	3	2	+2.5	

Tabla 14: Tabla resumen de los elementos que forman el dique interior de abrigo.

El Anejo de Dimensionamiento de Estructuras de Abrigo recoge todos los cálculos llevados a cabo para el dimensionamiento de los diferentes elementos que conforma las estructuras de abrigo, cuyos resultados muestra la Tabla 14. Además, las secciones tipo de dichas estructuras que muestran en detalle su configuración, se incluyen en los planos de Secciones de Estructuras de abrigo I, II y III.

8.2 OBRAS DE ATRAQUE

8.2.1 MUELLES

El nuevo diseño del Puerto Deportivo requiere tanto la mejora de las estructuras interiores existentes, como en gran parte la construcción de nuevas. En el *Anejo 9: Dimensionamiento de Estructuras Interiores* se presentan las características principales de los muelles propuestos y sus cálculos.

Básicamente las medidas a llevar a cabo son tres, por un lado la realineación del muelle existente con el fin de obtener una configuración más lineal y una anchura más funcional (situación actual en la figura 25), por otro lado la construcción del nuevo muelle de ribera desde el cual se accederá a los pantalanes, y la construcción de un muro de contención de tierras en el trasdós del contradique con el que se construya una amplia explanada donde se ubicará la nueva zona lúdica del puerto.



Figura 27: Vista en planta del muelle existente.

Respecto a la localización de los servicios proyectados, en el muelle de ribera se encontrará el aparcamiento secundario con capacidad para 20 vehículos estándar, 4 plazas para minusválidos, 2 ambulancias y 16 plazas de motocicleta; rampa de botadura y grúa. Además se urbanizará construyendo ya que no sólo será zona de paso para vehículos sino también un agradable zona de paseo para los peatones.

Respecto al muelle de la zona de ocio, en éste se proyecta un aparcamiento de mayores dimensiones en el que se ofrecen un total de 63 plazas para vehículos ligeros; el aparcamiento se situará en la planta baja de la edificación y será un espacio abierto, al que los vehículos podrán acceder por la parte trasera (cerca del contradique) y los peatones dispondrán de diferentes entradas a lo largo de su perímetro. También se propone una zona deportiva, en la que se han incluido pistas de pádel pero en la que se podrían implementar instalaciones para otros deportes en función de las preferencias del municipio. Por último también se proyecta un club social equipado con una gran terraza que estará situado en la planta superior, con la optimización del uso de los espacios disponibles que esto supone, y una gran zona verde con una piscina.

Como se puede observar, estas estructuras, son un elemento fundamental ya que en ellos se ofrecerán múltiples servicios a los usuarios del puerto. Para asegurar la capacidad portante necesaria para hacer frente a la combinación de los diversos usos aquí citados, es indispensable llevar a cabo un correcto dimensionamiento y posterior verificación de las estructuras interiores. Las secciones tipo que han sido proyectadas y comprobadas frente a criterios de resistencia son las siguientes:

MUELLE DE RIBERA

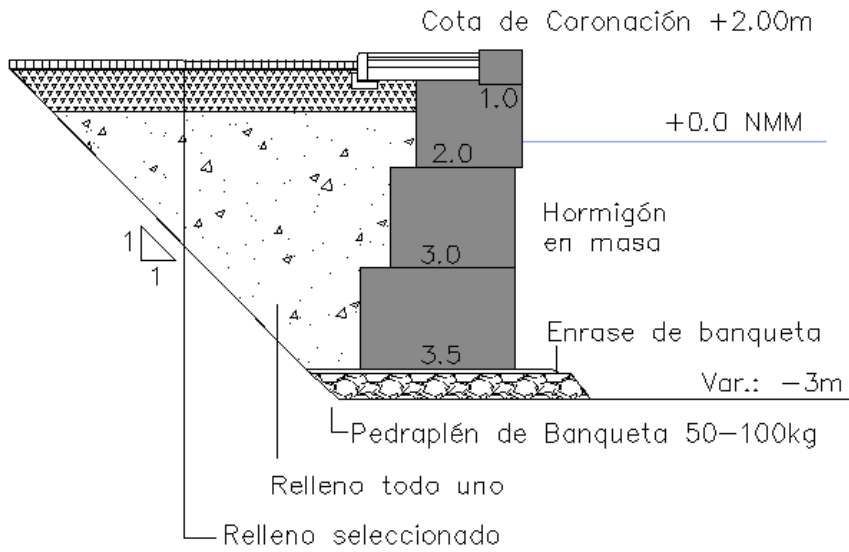


Figura 28: Croquis de la sección tipo del muelle de ribera

MUELLE ZONA LUDICA

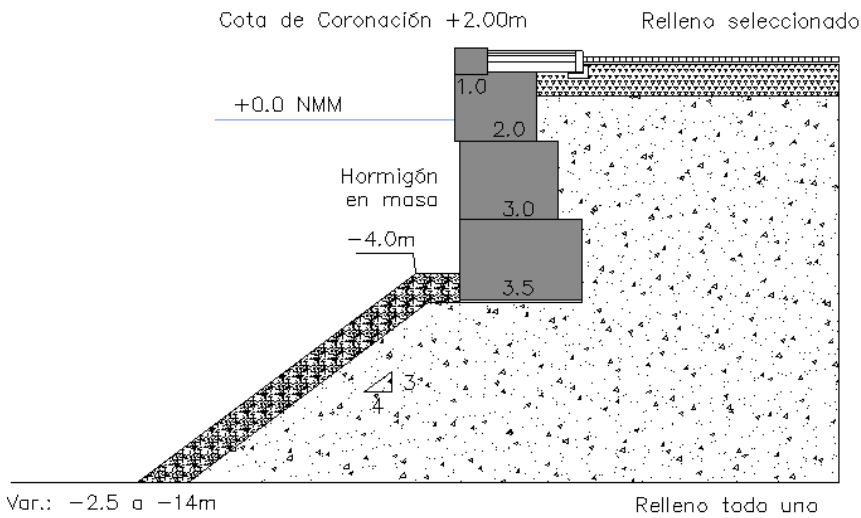


Figura 29: Croquis de la sección tipo del muelle de la zona de ocio

8.2.2 PANTALANES

Los pantalanes para embarcaciones deportivas se proyectan formados por módulos de 12 x 2,5m. La solución final ofrece un total de 166 amarres, de los cuales 58 son para embarcaciones de 6m de eslora, 48 amarres para embarcaciones de 8m de eslora, 40 amarres de 10m y 20 para embarcaciones de 12m de eslora máxima.

El módulo de pantalán de 12 x 2.5 m de ancho, está fabricado con estructura de aleación de aluminio 6005 A en estado T6 y perfil principal 8 kg/m. La superficie

pisable es de madera tropical tipo Angelim Pedra imputrescible de alta densidad de 22 mm de espesor. Incluye aperturas laterales practicables a ambos lados del pantalán igualmente en aluminio con bandeja perforada en PVC para canalización de servicios de agua y electricidad. Para la unión entre módulos se colocan tacos elastómeros. La estabilidad está proporcionada por 4 flotadores prefabricados de hormigón armado de dimensiones 2,35 m x 1,90 m x 0,70 m, rellenos de poliestireno expandido. El módulo de pantalán cuenta con defensa longitudinal de EVA (Ethylene Vinyl Acetate) para el perímetro exterior del mismo. En estos módulos de pantalán se disponen cornamusas de amarre de fundición de aluminio con tornillería de acero inoxidable.

Para acceder a los pantalanos se dispone de pasarelas de longitud variable y ancho útil de 2.5 m, que parten desde el muelle. Las pasarelas se fabrican en perfilera de aleación de aluminio calidad naval anticorrosivo 6005A-T6, con una superficie pisable de madera tropical tipo Angelim Pedra imputrescible de alta densidad de 25 mm de espesor, equipadas con barandillas de 1 metro de altura con quitamiedos intermedios y rampa de acceso en zona de apoyo a pantalán.

Para controlar el acceso a los pantalanos se dispone una puerta construida de acero inoxidable AISI 316L sin pulir, de dimensiones según planos, con un paño inferior en chapa y otro paño superior en policarbonato, con dos salientes hacia el mar, con cerradura dotada de un sistema compuesta por una caja de control, lector de tarjetas y modem GSM, para control remoto.

8.3 INSTALACIONES

8.3.1 DIMENSIONES EN PLANTA

- Ancho mínimo de la bocana

Existen diversos criterios para el dimensionamiento del ancho de la bocana. Uno de los más empleados es que El ancho de la bocana debe ser superior a diez veces la manga del mayor barco que vaya a ser acogido por el puerto, siendo ésta de 4.5m por lo que la bocana deberá ser de 45m mínimo.

- Zona de maniobra

Se debe dejar libre de obstáculos una zona circular en la parte abrigada de la bocana reservada a que los barcos puedan dirigir adecuadamente el rumbo hacia su atraque. El diámetro de esta zona debe superar en una vez y media la eslora del mayor barco que vaya a albergar el puerto. Además los barcos cuentan con una amplia zona de la bahía a la que tendrán que dirigirse antes de entrar en el puerto para encararse y hacer las maniobras oportunas.

- Escalonamiento de las embarcaciones

Los barcos de menor eslora se deben situar en la zona más interior del puerto, puesto que requieren menores calados y deben estar más protegidos ante aquellos oleajes que logren entrar en el puerto. Por el contrario, los barcos de mayor eslora se situarán en la zona más cercana a la bocana.

- Canal de vía y canal de navegación

Se debe dejar un espacio de 1.5 veces la eslora máxima de la embarcación que se tenga previsto que pase por cada sección.

En el extremo de los distintos pantalanés es necesario respetar un canal de navegación principal, libre de obstáculos, que facilite el acceso a las distintas dársenas. Este canal de navegación debe tener un ancho tal que permita tres vías de navegación, pudiéndose calcular el ancho de una vía de navegación como dos veces la manga del mayor barco que ha de utilizarla más cuatro metros de resguardo.

8.3.2 CALADOS NECESARIOS

- Calado mínimo en las dársenas

El calado mínimo resultante tiene en cuenta el calado de las embarcaciones de proyecto, la variación de calado por el trimado dinámico, la distancia de resguardo y la variación de las aguas. Sumando los valores calculados que se recogen en el *Anejo 10: Instalaciones* se obtiene un el calado mínimo debe ser de 3.7 m.

- Calado mínimo en la bocana

Para calcular el calado mínimo en la bocana se utiliza el criterio que engloba la altura de ola no excedida el 80% de las veces (obtenida a partir del estudio marítimo de clima extremo y propagada hasta la zona de la bocana), el calado de la embarcación máxima, y un resguardo que toma diferentes valores en función del fondo marino: 0,3 por fondo de arena y 0,5 por fondo rocoso. Tras el cálculo se obtiene un calado necesario en la bocana de 7.68m.

8.3.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE

- Superficie ocupada en tierra

La superficie total ocupada en tierra se dimensiona de acuerdo con la norma del Reglamento de Puertos Deportivos, que establece que la superficie total debe estar comprendida entre:

$$1,5 \cdot S_{agua} \geq S_{tierra} \geq 0,7 \cdot S_{agua}$$

Lo cual teniendo en cuenta que nuestra superficie de agua abrigada es de 20.000 m², nos da un rango de valores entre 30.000m² y 14.000m²

Los usuarios del puerto no son sólo aquellos que usan las embarcaciones sino también aquellos que visitan el puerto para utilizar la oferta de actividades de ocio que dispone el puerto. Así pues, se separan dos tipos de actividades, que se intentan ubicar en zonas diferentes.

- Actividades dedicadas propiamente a las embarcaciones: varada, reparación almacenamiento,... (zona náutica).
- Actividades de ocio: escuela de vela, gimnasio, locales comerciales, etc.

- Rampa de Botadura

El puerto cuenta con una rampa de botadura, que será utilizada para las embarcaciones deportivas. Esta rampa debe cumplir las exigencias del Reglamento de Puertos Deportivos, que dice que debe tener como mínimo 5 metros de ancho y una pendiente máxima del 20%.

- Aparcamiento

Según el Reglamento de Puertos Deportivos, el número mínimo de aparcamientos de coches tiene que ser igual al 75% del número de amarraderos, que suele ocupar entre un 8 y un 12% de la zona terrestre. Teniendo en cuenta el valor aproximado de 166 amarres, hacen falta alrededor de 100 aparcamientos. De este total de aparcamientos se considera un sexto de aparcamientos para motos (16). Se destinaran 4 plazas de aparcamiento para minusválidos así como la habilitación de dos plazas para ambulancias. Todas ellas se situaran en la zona más próxima posible al puerto deportivo.

Todas estas plazas de aparcamiento junto a los carriles de la zona del aparcamiento para el movimiento de los automóviles constituyen una superficie de 1600 m², que es un 8% de la superficie total.

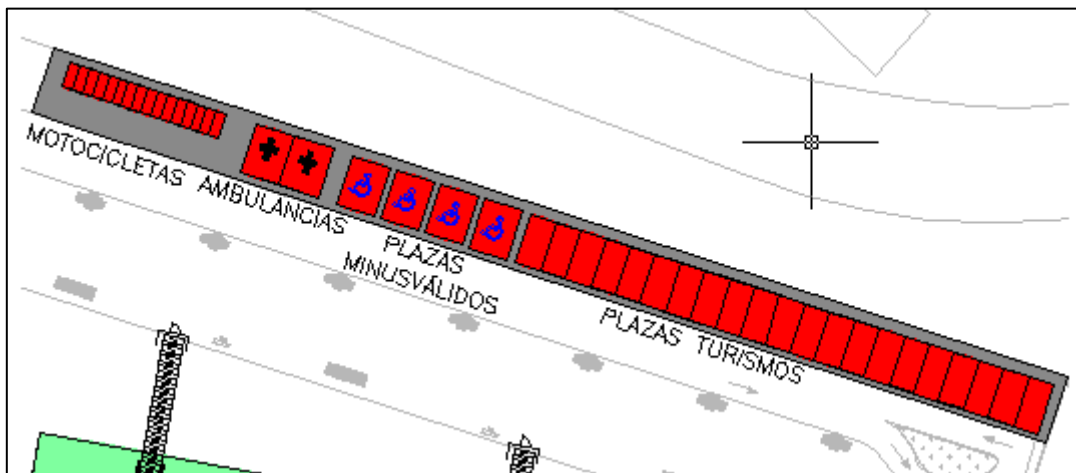


Figura 30: Vista en planta del aparcamiento secundario

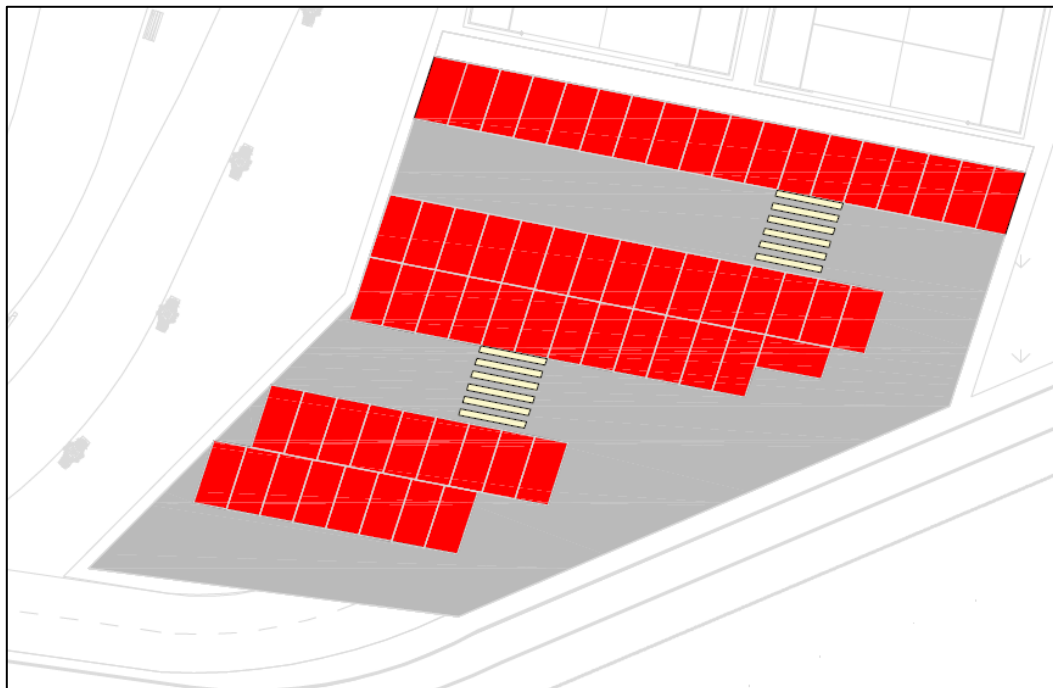


Figura 31: Vista en planta del aparcamiento principal

- Nueva zona de ocio

La nueva zona de ocio dará un valor añadido al nuevo puerto deportivo y probablemente se convierta en centro neurálgico del puerto. Con una superficie aproximada de 3000m² ofrece espacio suficiente para albergar un edificio de dos plantas en el que se instalará un club social con restaurante, oferta deportiva y una amplia terraza. Además la zona verde equipada con piscina junto con los demás servicios ofrecidos por el nuevo puerto de Cerbère aumentará su calidad de oferta atrayendo nuevos usuarios y potenciando así el crecimiento económico del municipio.

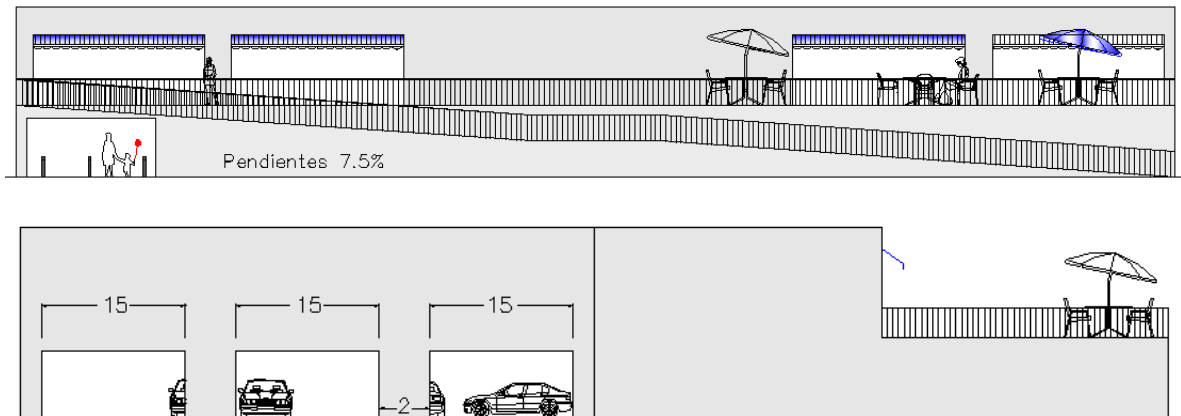


Figura 32: Vista en alzado (arriba) y de perfil (abajo) del edificio propuesto.

- Zonas verdes

Se prevén diferentes zonas verdes en el puerto, principalmente en la zona perimetral a la zona de ocio y el muelle, que servirá de paseo para los viandantes se colocarán diversas jardineras. En el anejo pertinente se puede ver con detalle las diferentes variedades de plantas.

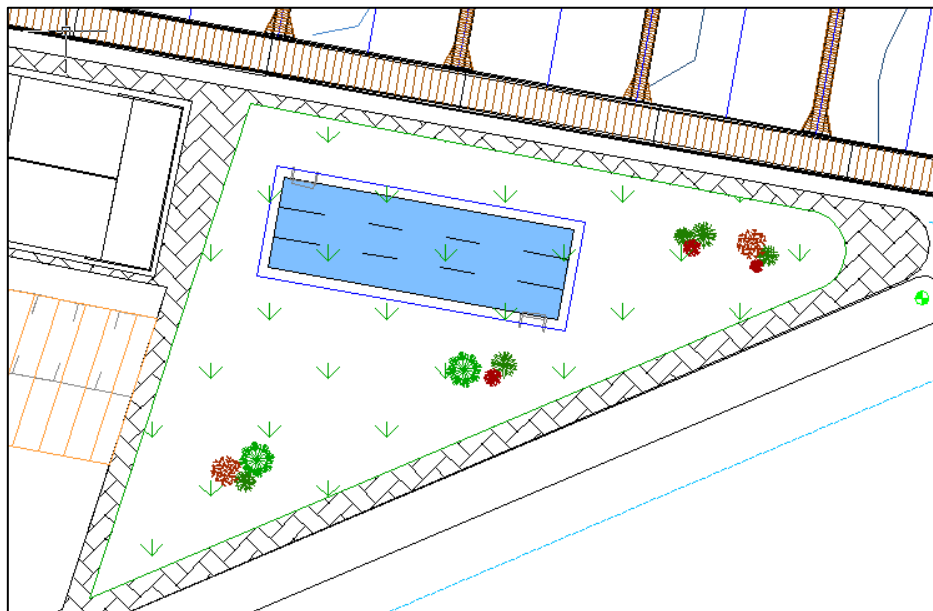


Figura 33: Vista de la zona verde y piscina.

8.3.4 REDES DE SERVICIOS

Red de aguas pluviales

El drenaje del presente proyecto se refiere a la evacuación de las aguas pluviales mediante una red separativa.

Al muelle que servirá como paseo para los viandantes se le da caída hacia el mar. En general se darán las pendientes pertinentes para que las aguas de lluvia sean recogidas y vertidas en tres puntos de vertido dotados de rejillas para la separación de aceites. En principio esto no debe causar ningún problema de contaminación importante, aunque se llevará a cabo una planificación estricta de limpieza del puerto, reforzada en la zona del aparcamiento exterior.

Las aguas pluviales que caigan sobre la zona lúdica serán recogidas y encauzadas a la red existente de aguas pluviales del municipio por medio de sumideros que conducen las aguas de escorrentía hacia una tubería final, que conecta con un punto de la red de drenaje existente.

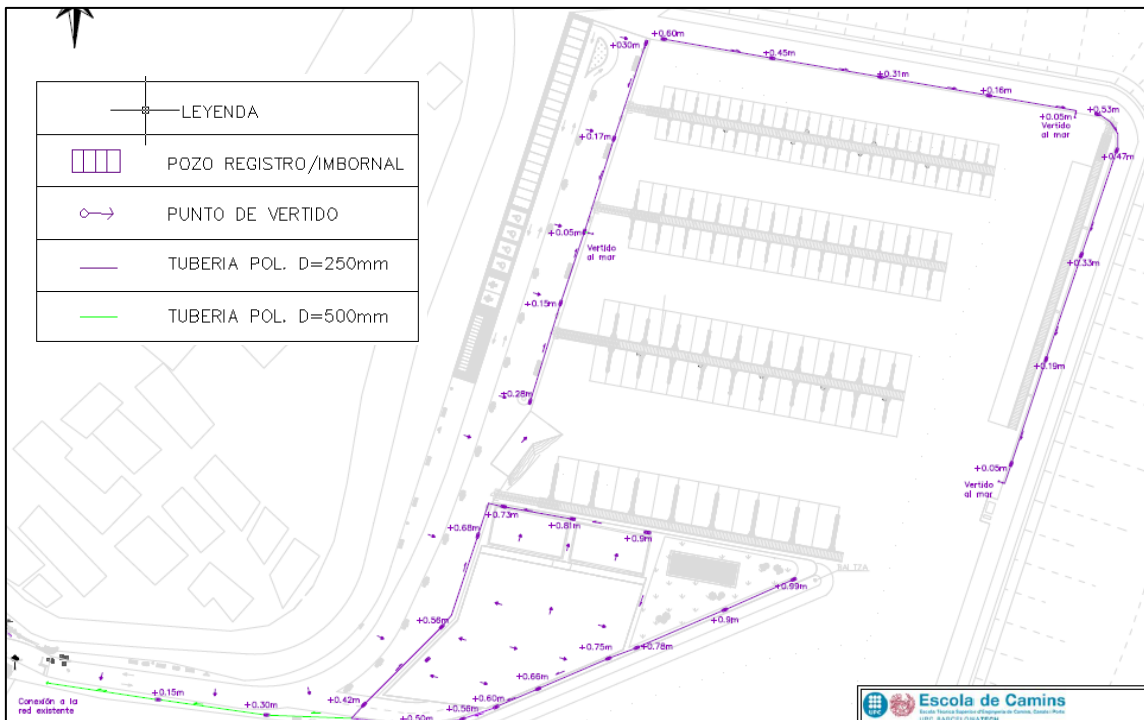


Figura 34: Red de aguas pluviales proyectada para el puerto.

Red de aguas residuales

La red de saneamiento del nuevo Puerto Deportivo de Cerbère se ha diseñado contemplando las recomendaciones más exigentes sobre contaminación marítima. La directiva MARPOL aconseja recoger y tratar las aguas residuales de las embarcaciones.

La red de saneamiento proyectada llega hasta los amarres, a través de los pantalanes. Cada dos amarres se dispondrá una rejilla por donde los usuarios del puerto podrán verter las aguas residuales. Dichas aguas, junto a las aguas vertidas por el edificio, serán bombeadas hacia dos estaciones depuradoras en las que se tratarán antes de ser conectadas a la red de aguas pluviales del municipio.

Para ello se instalarán dos unidades de tratamiento de aguas cuyo objetivo es atrapar materias en suspensión (MES) contenidas en las aguas contaminadas antes de su conexión a la red pluvial existente del municipio.

La figura 35 muestra el esquema de la red de aguas residuales.

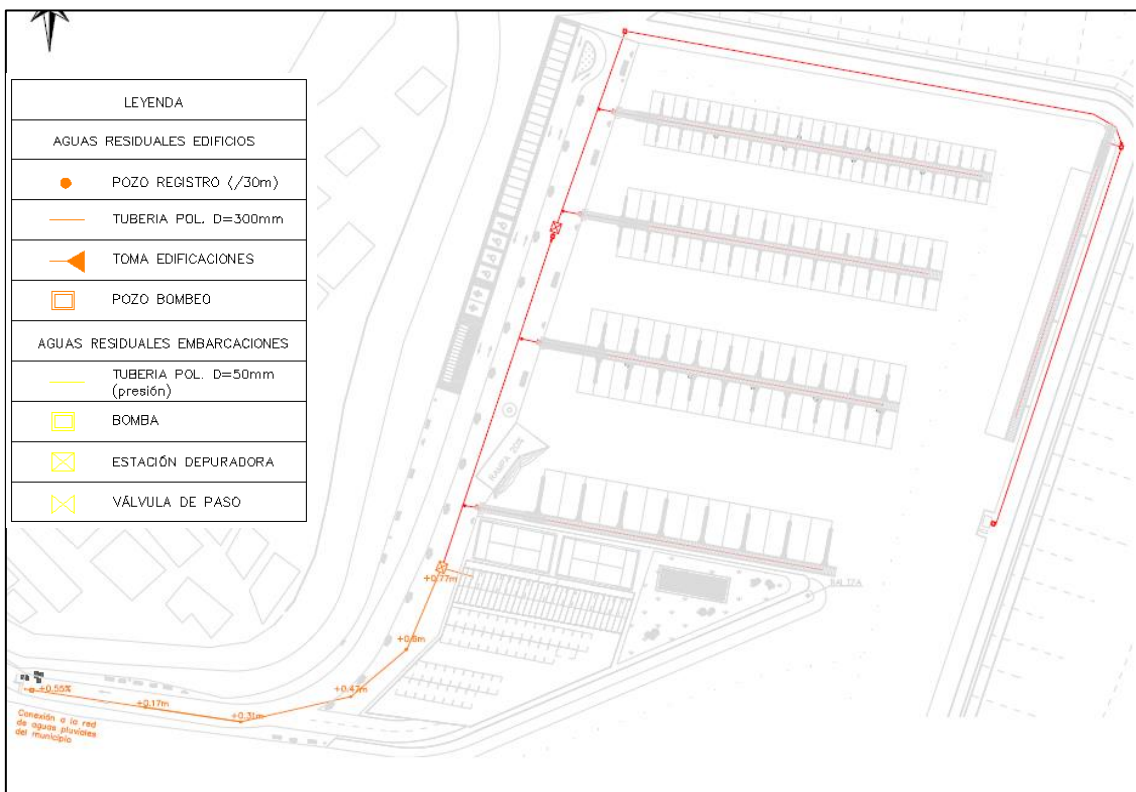


Figura 35: Red de saneamiento

Red de abastecimiento de agua potable

La configuración de la red ha sido proyectada para abastecer las embarcaciones, la edificación y zona verde situada en la zona lúdica, y la jardinería, bocas de riego e hidrantes.

La información detallada está contenida en el anejo pertinente, sin embargo aquí se destacan los puntos más importantes de la red proyectada.

- La red del puerto se conecta a la red existente situada a la entrada del puerto.
- La red que abastece a los pantalanes realiza el recorrido a lo largo del muelle hasta alcanzar cada uno de los pantalanes donde la red se bifurca para dar suministro a las torretas de servicio y de emergencia que han sido instaladas en los mismos. La tubería de cada uno de los pantalanes baja por la pasarela para continuar su recorrido a lo largo del pantalán abasteciendo la torreta que da suministro a tres o cuatro embarcaciones.
- La red de zonas verdes abastece a las jardineras que se encuentran en el muelle, la tubería discurre a lo largo para proporcionar el riego por goteo a cada una de las jardineras.
- La tercera sub- red dará suministro a todos los servicios de la nueva zona de ocio, tanto para la edificación como la zona verde. Para ello, se estimarán los diferentes usos que podrán darse en el área como inodoros, lavabos, duchas, cafetería o restaurante. Otro aspecto importante es el riego de la zona verde cuya superficie es considerable; para ello se proyecta una red de riego a presión formada por un depósito de agua, una bomba y un grupo de aspersores.

La figura 36 presenta un esquema de la red.

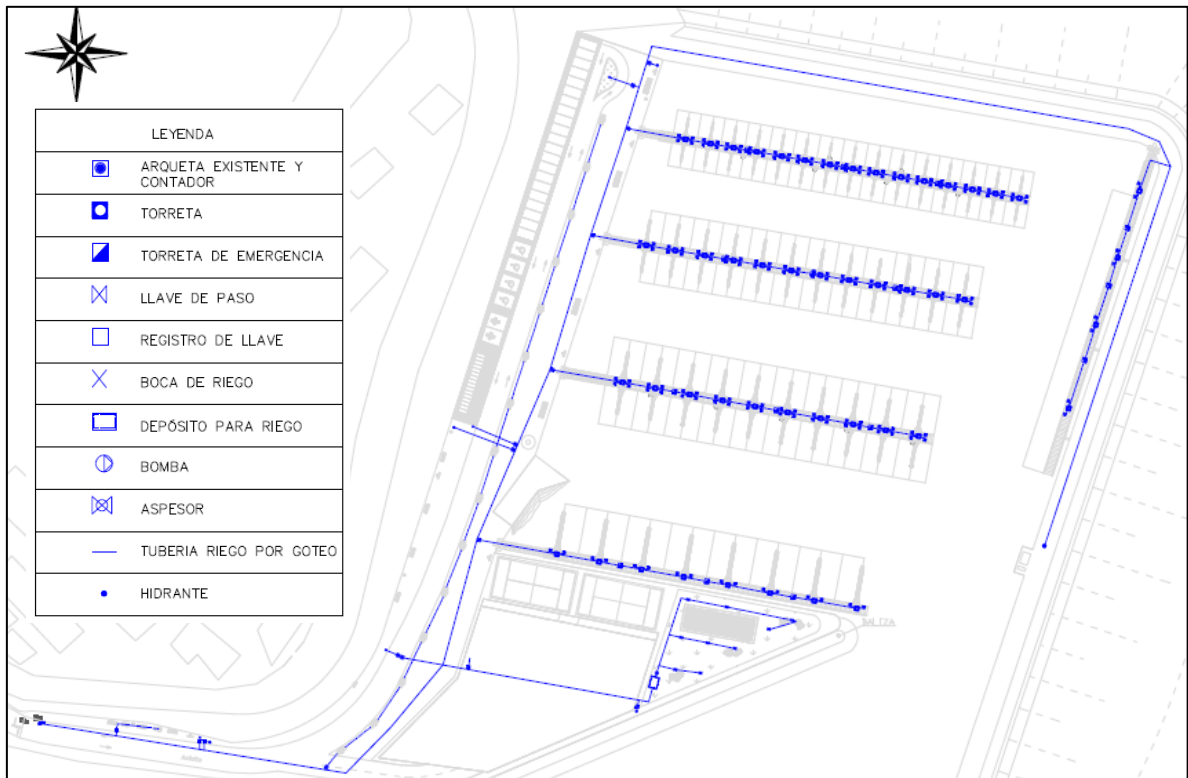


Figura 36: Red de suministro de agua potable.

Red eléctrica e iluminación

En el *Anejo 12: Redes de servicio* se describen las instalaciones eléctricas que se llevarán a cabo en el presente proyecto. Éstas han sido organizadas para garantizar el suministro a tres bloques independientes que son la zona de ocio, las embarcaciones y los espacios comunes.

Se decide emplazar el Cuadro General de Protección en el interior del edificio para su mejor protección. De éste se dará servicio a la red para embarcaciones y espacios comunes de manera independiente. Cada uno de éstos bloques tendrá un cuadro de protección y mandos y un contador.

De manera muy general se identifican los elementos principales de cada sub-red a los que se deberá suministrar:

- Torretas de suministro eléctrico en pantalanes, con tomas monofásicas de 32 A y Balizas en los extremos de los pantalanes para indicar su situación en situaciones de noche y escasa visibilidad.
- Puntos de luz y luminarias distribuidos por todo el puerto, situadas a lo largo del nuevo muelle y en la zona del aparcamiento y club náutico.
- Edificificación

En la siguiente figura se puede observar con detalle el esquema de esta instalación.

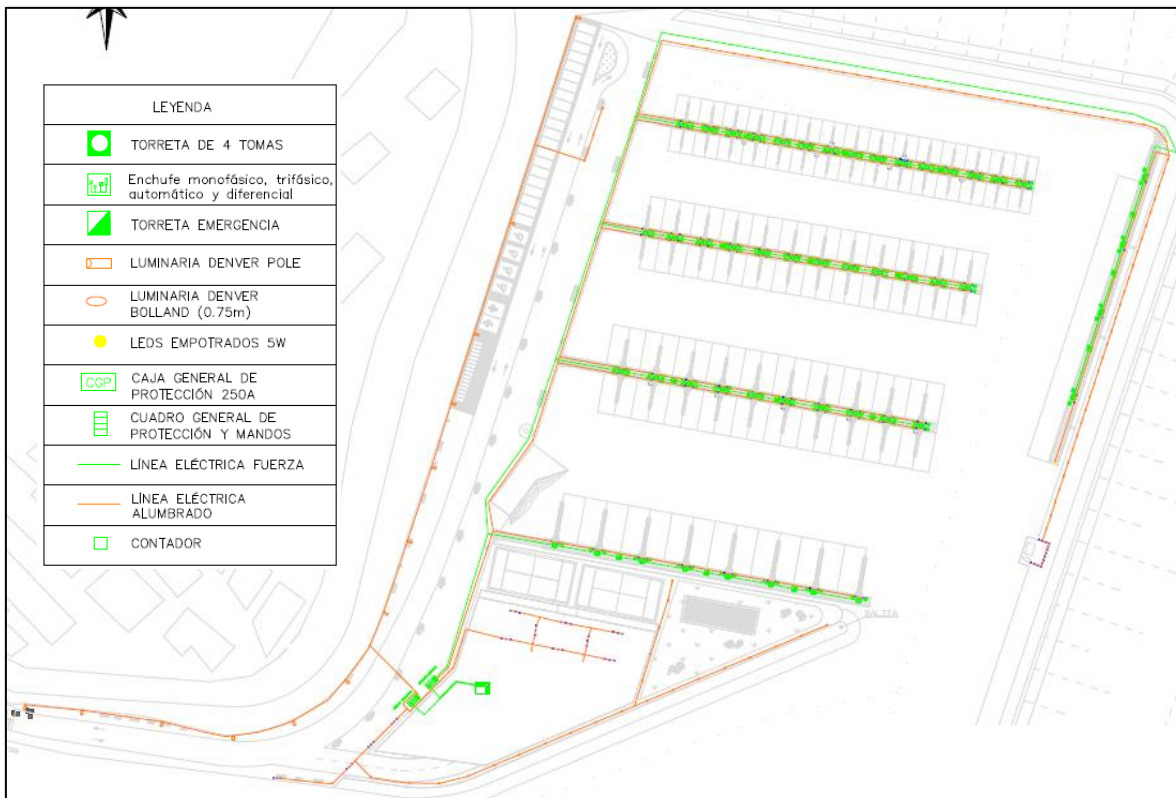


Figura 37: Red eléctrica.

8.4 URBANIZACIÓN

El muelle de ribera y la nueva zona de ocio donde se ubicará el club náutico se urbanizarán tratando de mejorar la integración puerto ciudad. Por eso los elementos de urbanización como pavimentos, piezas de mobiliario urbano y plantaciones juegan un papel importante en la creación de una ruta agradable a lo largo del frente marítimo tanto para los usuarios del puerto como para los demás peatones que paseen por el nuevo puerto.

8.4.1 FIRMES Y PAVIMENTOS

Se proyectan las siguientes secciones de firmes y pavimentos:

- Pavimento de mezclas bituminosas en caliente en el aparcamiento.
- Pavimento de césped celosía en las zonas de tráfico rodado.
- Pavimento de adoquín prefabricado de hormigón en el resto de superficie urbanizada.

PAVIMENTO DE ADOQUÍN PREFABRICADO DE HORMIGÓN

- Adoquín de granito blanco mera de dimensiones 14 x 14 x 10 cm,
- Capa de nivelación de arena ($e=0.03m$).
- Base de hormigón magro ($e_{min}=0.2m$)
- Capa de regularización de zahorra artificial ($e=0.2$ cm).
- Suelo previamente compactado.

PAVIMENTO DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE EN APARCAMIENTO

La sección del firme proyectada estará formada por las siguientes capas:

- Capa de rodadura de mezcla bituminosa ($e_{min}=0.12m$)
- Capa base granular de hormigón magro ($e= 0.15m$)
- Subbase granular ($e=0.10m$)
- Suelo previamente compactado

PAVIMENTO DE CÉSPED CELOSÍA EN ZONAS DE TRÁFICO RODADO

- Losa césped celosía doble capa, antideslizante y antidesgaste, compuesto por una pieza de forma rectangular semiabierta en forma de cuadrados, de colocación bidireccional y de dimensiones 600x400x100 mm. En los huecos se dispondrá tierra vegetal para posibilitar el crecimiento del césped.
- Capa e arena ($e=5cm$).
- Capa de regularización de zahorra artificial ($e=30$ cm).
- Suelo previamente compactado.

8.4.2 MOBILIARIO URBANO Y JARDINERÍA

La urbanización de las nuevas instalaciones proyectadas se completa con los siguientes elementos de mobiliario urbano y plantaciones, cuya disposición en planta se refleja en los planos pertinentes.

MOBILIARIO URBANO

- Como elemento de remate sobre los muelles a lo largo del paseo perimetral proyectado, se instalará una barandilla de acero inoxidable modelo "K-B.M14" de K-Marina o similar, formada por elementos verticales terminados en pintura oxirón negro forja, anclada con mortero de cemento 1:6.
- Jardineras en chapa de hierro de 5 mm. de espesor
- Banco con respaldo modelo "Lineal" de 2.10 m de longitud y 0.45 m de ancho, formado por piezas de acero galvanizado acabado en pintura color gris metalizada (pies, apoyabrazos, larguero inferior y fleje de respaldo) y piezas de madera de pino tratada y barnizada (asiento y respaldo).
- Banco monolítico modular de piedra artificial acabado en granito, modelo "Pleamar Gr", de dimensiones 2.00 x 0.77 x 0.40 m.
- Papelera acero modelo "OCEAN" de Fundiciones Rey, de altura 0,80 m y Ø 0.45 m, compuesta por láminas de acero y cubeta interior galvanizada extraíble, con capacidad para 65 litros.
- Farolas modelo PECHINA COLUMN, de la casa C.&G. CARANDINI luminaria DENVER POLE, también de la casa C.&G. CARANDINI en donde se utilizarán lámparas de Vapor de Sodio de Alta presión de 150 W y Lámparas de vapor de mercurio de 100 W. La armadura es de fundición inyectada de aluminio. El cierre de policarbonato y el reflector de aluminio de una sola pieza, anodizado y sellado.
- Alcorque modelo "Taulat" de fundición cuadrado, de dimensiones exteriores 1.20X1.20 m, diámetro interior 0.47 m y espesor 0.40 m, en color negro forja, con marco de fundición de dimensiones 1.20 x 1.20 x 0.145 m.
- Farolas modelo DENVER BOLLARD de 0,75 m de altura que consta de una armadura de aluminio extrusionado, un cierre de fundición inyectada de aluminio, difusor de policarbonato transparente y con un acabado en negro texturado RAL 9005 texturado. Las lámparas son de 70 W de vapor de mercurio

PLANTACIONES

- Hebe topiaria.
- Teucrium fruticans.
- Aucuba japonica.
- Photinia fraseri 'Red Robin'.

La siguiente figura muestra uno de los perfiles contenidos en el Plano de Urbanización.



Figura 38: Perfil de la urbanización donde se ve el muelle de ribera, la zona de aparcamiento secundaria y la zona de paseo peatonal

9. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

A continuación se narra de manera descriptiva las diferentes fases en las que se puede descomponer la construcción del nuevo puerto deportivo de Cerbère. El objetivo fundamental será llevar a cabo la construcción de las estructuras por tierra, siempre que sea posible.

Primera Fase: Delimitación y adecuación de la zona de trabajo

Las obras de construcción empezarán en primavera del año 2015 para evitar en medida de lo posible la construcción de las estructuras de abrigo durante la época invernal. En primer lugar se llevará a cabo la delimitación de la zona de proyecto, vallado perimetral e implementación de la señalización normalizada. Además de la formación de la zona de acopio de materiales, la instalación de oficinas y casetas para trabajadores, y otros elementos necesarios. Todas estas corresponden a tareas iniciales.

En esta fase también se incluirán tareas de replanteo, de acopio de materiales y maquinaria específica, por ejemplo se tramitará el encargo de las estructuras de hormigón prefabricadas que se utilizarán en las obras marítimas, con el objetivo de que todo esté listo y no se produzca ningún retraso en el momento que éstas se puedan empezar a construir.

Estas actividades se superpondrán y tendrán una duración aproximada de veintidós días, que una vez finalizadas se empezará el desarrollo de la segunda fase, que se explica a continuación.

Segunda Fase: Movimiento de Tierras

En primer lugar se procederá al acondicionamiento de la que será la localización del nuevo puerto deportivo. Inicialmente se realizará el desmonte en roca con voladura de la parte de roca correspondiente (acantilados); se estima que esta actividad dure unos 30 días, sin embargo las tareas de desmantelamiento del dique existente se empezarán al cabo de la semana. De esta manera los equipos se centrarán en la retirada del material y su acopio en la zona indicada para su uso posterior como material de relleno u otra condición en base a las indicaciones de la Dirección de obra. De la misma manera, que el desmonte en roca, la retirada del dique existente tardará alrededor de 30 días.

Una vez acabada, se procederá a la demolición de la estructura interior (muelle) existente y acopio de los elementos recuperados que se determine puedan ser reutilizados posteriormente.

Unos de los propósitos principales que se establece en este proyecto es maximizar la reutilización de los materiales recopilados en los procesos de desmantelamiento, derribo y dragado, siempre que esto no perjudique a la estabilidad ni la resistencia de las estructuras proyectadas. Es por eso que se estima no se tendrá que lidiar con la gestión de un volumen importante de materiales no reutilizables.

Con anterioridad a la construcción de las estructuras marítimas se procederá al dragado del terreno necesario para la formación del lecho de escollera sobre el que se apoyarán las estructuras. Existiría la posibilidad de dragar las zonas del interior del puerto en ese mismo momento ya que se dispone de la draga, o realizar el dragado una vez que las estructuras de abrigo estén prácticamente construidas mediante medios mecánicos. Principalmente se deberá aumentar la profundidad de la zona cercana al muelle de ribera y la zona de la entrada a la bocana del puerto.

Tercera Fase: Construcción de las obras marítimas

Se procederá con la construcción del nuevo muelle de ribera cuya duración se estima en 105 días; sin embargo, una vez construida aproximadamente una tercera parte de éste, se empezarán las obras de construcción del contradique. En primer lugar se debe colocar el material de escollera a lo largo del que será el emplazamiento del contradique con el fin de formar un lecho de escollera estable sobre el que se pueda asentar uniformemente la estructura.

A continuación se procede con el vertido del material para el núcleo desde el extremo del muelle mediante camiones que volcarán el material una y otra vez hasta que se alcanza la cota +1.5m y el ancho que corresponda. De manera paralela se lleva a cabo el vertido de material para el muelle (mayor preferencia) y para el contradique.

En el momento en que el muelle alcance el emplazamiento del dique de abrigo, se empezará con su construcción. El procedimiento inicial es similar al mencionado para el contradique y se puede observar en las Figuras 39 y 40 en las que se observa los diferentes pasos que se siguen para la construcción de las estructuras de abrigo. En términos generales corresponden a: vertido del núcleo todo uno, perfilado hasta la cota cero, colocación del filtro y de la primera capa del manto, (relleno para facilitar el trabajo con maquinaria), colocación de la segunda capa del manto exterior y la sustitución del material de relleno por el material pertinente.

De manera análoga que para el vertido del relleno del muelle y del contradique, los camiones alcanzarán el punto exacto de su localización para volcar toneladas y toneladas de material; este proceso se repetirá tantas veces como sea necesario para alcanzar cota +1.5m del material de relleno. En cuanto al ancho recomendado es de 8m, simplemente para permitir la circulación de dos camiones al mismo tiempo por el dique. Se deberá colocar el material de relleno (con el talud y los elementos fijados en el anejo pertinente) de las tres alineaciones y empezar con la colocación de los elementos del filtro. En cuanto a los elementos del manto principal, ya sean de escollera natural o prefabricados de hormigón se colocarán con una grúa. En un par de caras laterales de los bloques se hacen unas hendiduras para facilitar su puesta en obra mediante una grúa de gran potencia, desde tierra. La grúa tiene un útil en forma de tenaza. Hay algunas grúas equipadas con GPS que permiten colocar las piezas al milímetro de acuerdo con un plano previo de colocación. Además durante esta fase será necesaria la construcción de los espaldones tanto del dique de abrigo como del contradique con hormigón en masa.

Debido a las características del dique de abrigo proyectado de aproximadamente 400m de longitud, el periodo de tiempo estimado en el que se finalizará su construcción es de 15 meses. El tiempo requerido para la construcción del dique de abrigo se estima en alrededor de 90 días.

Cuarta fase: Pantalanes y fingers

Los pantalanes se proyectan móviles, con estructura de flotación. Se anclan al suelo mediante pilotes, cuya colocación empezará antes de la finalización del dique de abrigo pero una vez que las alineaciones uno y dos estén casi completadas. Una vez hincados los pilotes, es el momento de empezar con los trabajos de colocación de pantalanes y fingers, Una vez finalizados se dedicará un mes para los complementos necesarios como las rampas de acceso, las puertas de entrada, etc.

Se prevé invertir un total de 120 días aproximadamente en la instalación de todos los elementos necesarios para las embarcaciones.

Quinta fase: Redes de Servicios

El desarrollo conjunto de las actividades necesarias para la construcción de las redes de aguas residuales, pluviales, de abastecimiento y de electricidad, junto con la colocación de las balizas de señalización en el contradique y en el morro del dique principal se estima que se extenderá a lo largo de tres meses. Las tareas empezarán una vez finalizadas las actividades de la fase anterior, sin embargo la construcción del dique de abrigo seguirá su curso.

Sexta fase: Edificaciones

Estos trabajos tendrán una relación directa con el avance de las obras de construcción del muelle adosado al contradique. Se estima que la duración de la construcción de la edificación de una planta de altura será de 120 días. Sin embargo, la edificación proyecta será objeto de un proyecto complementario por lo que el tiempo estimado es simplemente a título informativo.

Séptima fase: Firmes y Pavimentos

Las actividades de firmes y pavimentos estarán directamente relacionadas con el avance y la finalización de las redes de servicio. Se estima que será posible empezar a trabajar en esta partida un mes después del comiendo de la instalación de redes y servicios, pero puede retrasarse en función de las instalaciones. Se han proyectado diferentes tipos de pavimentos, en función de la utilidad de cada superficie cuya instalación se estima en una duración de 4 meses.

Octava fase: Mobiliario

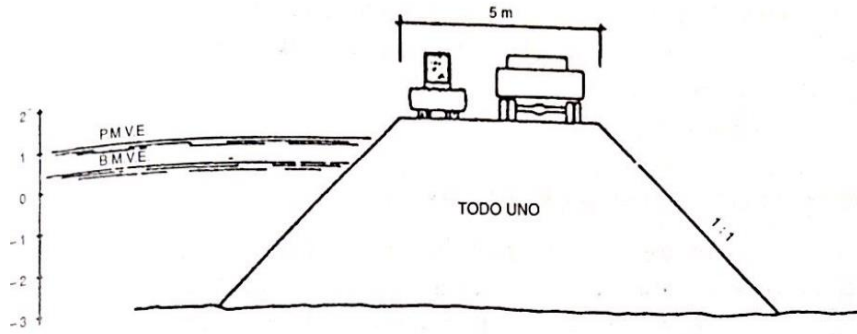
La colocación del mobiliario urbano como bancos, papeleras, y de los elementos de jardinería se llevará a cabo en un mes.

Novena fase: Acabados

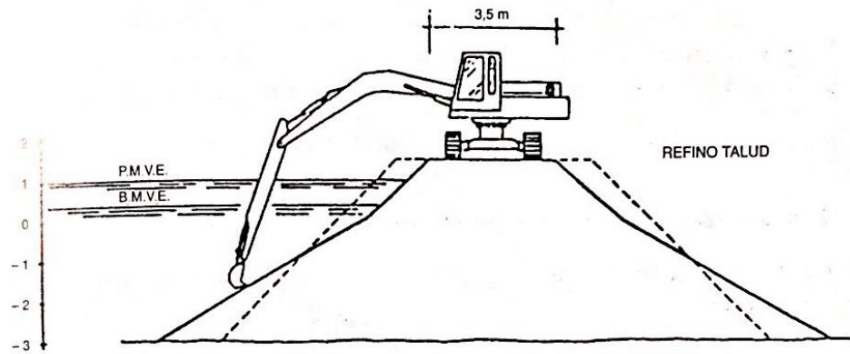
Consiste en la retirada de todas las instalaciones constructivas, así como del material, de la señalización temporal, de la verja exterior, de la limpieza y adecuación del conjunto de los terrenos afectados por el proceso constructivo, como por ejemplo la playa de Cerbère. Para su recuperación se utilizará el material procedente del dragado con mayor calidad, de manera que se regenere la playa. Se estima que dichos trabajos se extiendan durante 1 mes.

Control de calidad y Seguridad y Salud: Estas actividades se extenderán a lo largo de toda la obra.

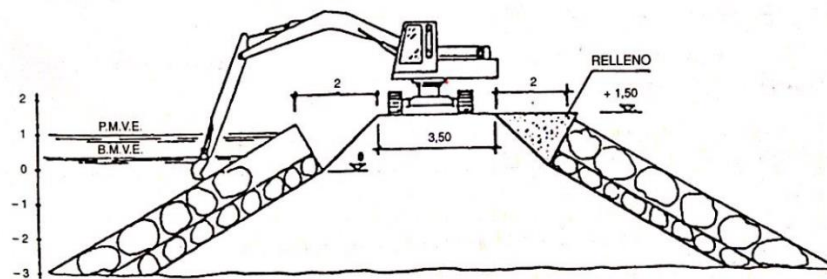
En las siguientes figuras se puede observar el procedimiento constructivo de un dique en talud convencional con medios terrestres de manera detallada. La única diferencia especificada en el proceso constructivo anteriormente explicado es el ancho de la plataforma que se recomendó de 8m.



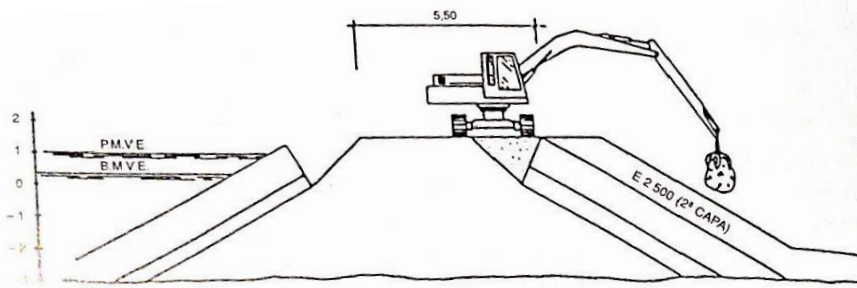
VERTIDO DEL NÚCLEO DE TODO UNO



PERFILADO MEDIANTE RETRO HASTA COTA CERO



COLOCACIÓN DE FILTRO Y PRIMERA CAPA DEL MANTO EXTERIOR



COLOCACIÓN DE LA SEGUNDA CAPA DEL MANTO DE PROTECCIÓN

Figura 39: Esquema de ejecución por tierra, vertido directo y perfilado con retroexcavadora. (Fuente: Diseño de diques rompeolas de Vicente Negro y Olivio Varela).

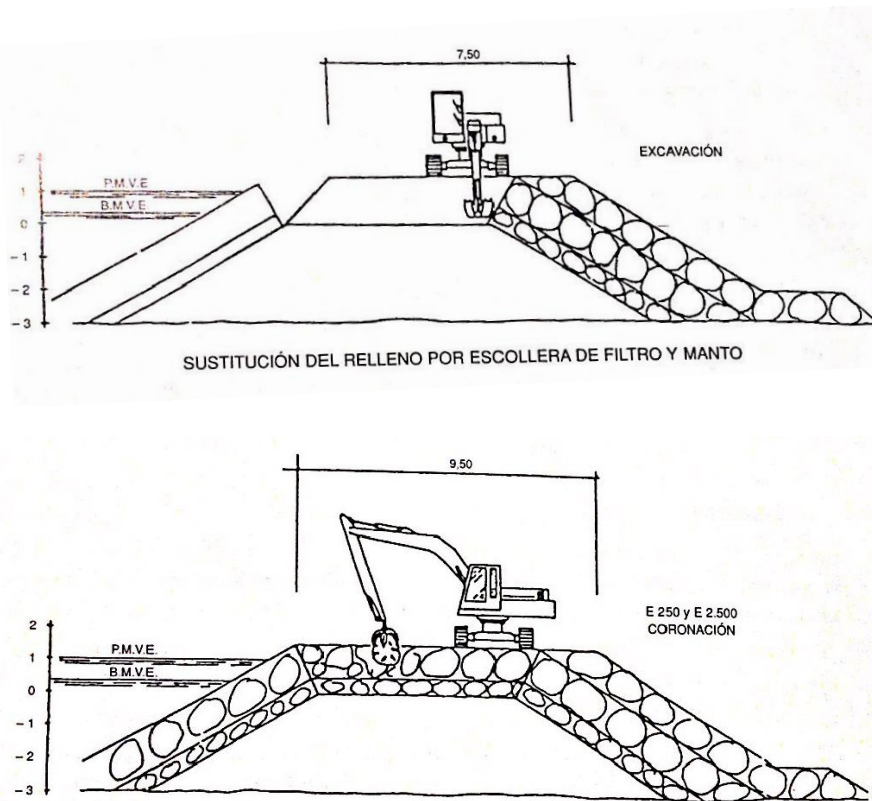


Figura 40: Esquema de ejecución por tierra cuando el núcleo no corona por encima del P.M.V.E. (Fuente: Diseño de diques rompeolas de Vicente Negro y Olivio Varela).

Resumen de la duración estimada de las actividades

La duración estimada de las actividades queda recogida en forma de diagrama de Gantt en el *Anejo 18: Plan de Obra*, esta asciende a un total de 632 días.

10. SERVICIOS QUE OFRECE EL PUERTO

Los usuarios del puerto deportivo del Cerbère, dispondrán de una serie de instalaciones y servicios que el puerto ofrecerá. A continuación se describen los principales y las zonas donde se sitúan.

Rampa de Botadura

El puerto cuenta con una rampa de botadura, situada en el muelle entre las embarcaciones, que cumple las exigencias del Reglamento de Puertos Deportivos, que dice que debe tener como mínimo 5 metros de ancho y una pendiente máxima del 20%. La rampa cuenta con una superficie de 125m².

Aparcamiento

Debido a la existencia de un aparcamiento con capacidad para 80 vehículos en la bahía a pocos metros del puerto, se proyecta un aparcamiento con cabida para uso 30 vehículos, teniendo en cuenta plazas para minusválidos y ambulancias, y 16

motocicletas. La distribución de las distintas plazas de aparcamiento proyectadas se puede apreciar en el plano de distribución general de la planta y el de urbanización , y se detallan acto seguido:

- 83 plazas tipo
- 16 plazas para motos
- 4 plazas para minusválidos
- 2 plaza para ambulancias

Club Social

El club náutico estará situado en la nueva zona de ocio y será el centro neurálgico del puerto, y por ello se ha tratado de aglutinar todas las instalaciones y servicios en puntos cercanos a este. Contará con restaurante, cafetería, una amplia terraza, un espacio interior dedicado para juntas y reuniones, ofrecerá el servicio de vestuarios que contarán con duchas, así como lavabos públicos para todos los usuarios del puerto. En este mismo edificio, se proyecta una sala en el interior que contendrá un dispensario para atender curas y servicios de urgencia. Como ya se ha comentado, tendrá dos plazas para ambulancias al lado.

Acceso al Puerto

El acceso principal se llevará a cabo por la actual avenida que ya existe y que da acceso al actual puerto de Cerbère llamada Avenue du Général De Gaulle. Esta calle se rehabilitará para su uso, lo cual será objeto de otro proyecto aparte.

Gasolinera

La gasolinera se reubicará de su situación actual al muelle que se construirá en el dique de abrigo. Es una zona de fácil acceso para todas las embarcaciones y cuenta con el espacio suficiente para su correcta utilización, se señalará una zona en la que las embarcaciones podrán esperar para repostar combustible sin afectar a los canales de navegación y a la entrada y salida de embarcaciones al puerto.

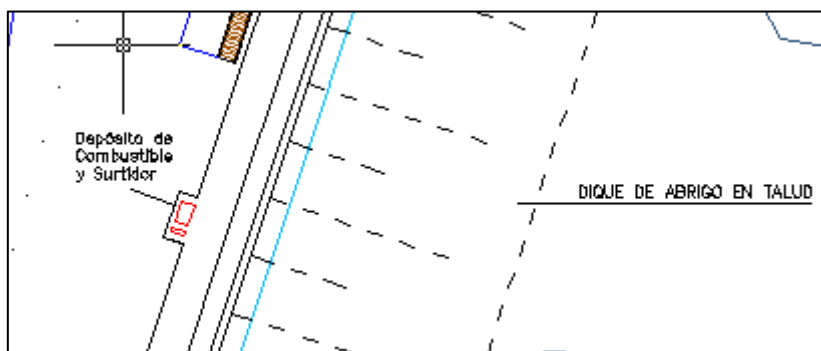


Figura 39: Situación de la gasolinera

Otros Servicios

A parte de los servicios tradicionales de red de saneamiento y abastecimiento de luz y agua, otros servicios que se dispondrán en el puerto son:

- Recogida selectiva de residuos:

- Punto azul: estructura metálica medular autoportable que permite una fácil reubicación y recogida de residuos concentrada, situada en la zona de varado.
 - Puntos secundarios de recogida selectiva de residuos a lo largo del puerto, incluyendo tanque para aceites usados.
- Teléfonos públicos.
 - Conexión WIFI a internet.
 - Otros servicios.

11. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Mediante el estudio de impacto ambiental se pretende determinar las posibles consecuencias e implicaciones que la construcción del nuevo puerto deportivo de Cerbère puede conllevar a su entorno. También se definen una serie de medidas preventivas para los diferentes impactos, de manera que se reduzca su magnitud hasta hacer que el proyecto resulte compatible con el medio ambiente.

La valoración se realiza en relación a la situación actual, ya que el análisis del impacto de un proyecto implica siempre establecer las alteraciones que se producen respecto a la situación presente. Partiendo del conocimiento del proyecto y del entorno, se prevén y valoran las consecuencias.

La metodología utilizada en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del presente proyecto, que aparece íntegramente en el *Anejo nº 14: Estudio de Impacto ambiental*, se puede resumir con los siguientes puntos:

- Identificación y valoración de los principales impactos.
- Proposición de las medidas protectoras y correctoras que permitan reducir el impacto.
- Elaboración de un programa de vigilancia ambiental, que garantice la ejecución de la obra de acuerdo con las propuestas derivadas del estudio.

En base a las consideraciones realizadas a lo largo del anejo correspondiente, se califica el impacto ambiental global para la materialización del proyecto como compatible.

12. PRESUPUESTO

El presupuesto de Ejecución Material total del proyecto asciende a una cantidad de 14.821.009,68 € (CATORCE MILLONES OCHOCIENTOS VEINTIÚN MIL NUEVE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS).

El consecuente Presupuesto de Ejecución por Contrato, teniendo en cuenta el 13% de Gastos Generales, el 6% de Beneficio Industrial y el 21% de IVA, asciende a 21.340.770,32 € (VEINTIÚN MILLONES TRESCIENTOS CUARENTA MIL SETECIENTOS SETENTA EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS).

13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

De acuerdo al Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en el presente proyecto es obligatorio; al igual que el cumplimiento de las normas establecidas por parte del constructor.

El presupuesto total por contrata de Seguridad y Salud, partida que ha sido considerada en el total del presupuesto presentando anteriormente es de 166.149,61 € (CIENTO SESENTA Y SEIS MIL CIENTO CUARENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y ÚN CÉNTIMO), porcentaje ligeramente menor al 1% del total de las obras.

14. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

El presente proyecto incluye un estudio de gestión de residuos generados por la demolición de la estructura de abrigo existente y de la construcción del nuevo puerto deportivo. El *Anejo 15* recoge toda la información necesaria y de obligado cumplimiento tal y como establece la Directiva 2008/98/CE de Parlamento Europea y del Consejo.

15. ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

En el *Anejo 16: Estudio Económico Financiero* se realiza un estudio económico-financiero de la operación de construcción y explotación del nuevo puerto deportivo de Cerbère. Este estudio se basa en la confrontación del conjunto de ingresos y gastos durante el periodo de concesión establecido en 30 años.

El modelo de gestión utilizado es el habitual: el organismo promotor se responsabiliza del Proyecto de la construcción, de las inversiones infraestructurales y de las edificaciones y este promotor ofrece la mayoría de los servicios y equipaciones portuarias en cesión de uso a agentes y empresas privadas para que la exploten durante el periodo concesional. Se considera que la inversión inicial se financia mediante un crédito a 20 años.

La conclusión es que el proyecto es viable desde el punto de vista económico financiero ya que todos los indicadores son favorables VAN, TIR y periodo de retorno.

16. PLAN DE OBRA Y FIN DE EJECUCIÓN

Se prevé un período de ejecución de las obras de SEISCIENTOS TREINTA Y DOS DÍAS, de acuerdo con el plan de obra que se incluye en el *Anejo 18* del presente proyecto.

Este plan de obra se considera una estimación aproximada de la realidad, ya que dependerá fundamentalmente de las disponibilidades del adjudicatario y del término que se señale para la ejecución de las obras, que es susceptible a ser modificado si se utiliza maquinaria o equipos diferentes a los previstos.

En este anejo 18 se realiza una breve descripción de las obras a ejecutar y aparece un cronograma en forma de diagrama de barras, donde se puede observar la duración estimada de las actividades principales.

17. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

Según el artículo 25 del RD 1098/01 de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, los contratistas que opten a la adjudicación del Contrato de la obra deberán poseer la siguiente clasificación:

GRUPO: F (Obras marítimas)
 SUBGRUPO: 1 (Obras marítimas sin cualificación específica)
 CATEGORÍA: f

GRUPO: G (Viales y pistas)
 SUBGRUPO: 6 (Obras viales sin cualificación específica)
 CATEGORÍA: f

18. PROPUESTA DE FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS

Los precios de las obras a las que se refiere el presente proyecto serán revisables, por lo que se propone la aplicación de la siguiente fórmula de revisión de precios, que corresponde a la fórmula tipo 2 del Decreto 3650/1970 del BOE de 19 de noviembre, de la Ley de Contratos del Estado:

$$K_t = 0.31 \cdot \frac{H_t}{H_o} + 0.37 \cdot \frac{E_t}{E_o} + 0.17 \cdot \frac{S_t}{S_o} + 0.15$$

K_t , es el coeficiente teórico de revisión para el momento de ejecución t .

H_o , es el índice del coste de la mano de obra en la fecha de licitación.

H_t , es el índice del coste de la mano de obra en el momento de ejecución t .

E_o , es el índice del coste de la energía en la fecha de licitación.

E_t , es el índice del coste de la energía en el momento de ejecución t .

S_o , es el índice del coste del material siderúrgico en la fecha de licitación.

S_t , es el índice del coste del material siderúrgico en el momento de ejecución t .

19. DOCUMENTOS QUE INCLUYE EL PROYECTO

Documento nº 1. **MEMORIA Y ANEJOS**

- Memoria
- Anejos

- Anejo 1. Datos generales
- Anejo 2. Estudio del medio
- Anejo 3. Clima Marítimo
- Anejo 4. Mercado Náutico
- Anejo 5. Dinámica Litoral
- Anejo 6. Alternativas
- Anejo 7. Estudio Comparativo de las Alternativas
- Anejo 8. Dimensionamiento de las Estructuras de Abrigo
- Anejo 9. Dimensionamiento de las Estructuras Interiores
- Anejo 10. Instalaciones
- Anejo 11. Firmes y pavimentos
- Anejo 12. Redes de Servicio
- Anejo 13. Mobiliario
- Anejo 14. Estudio de Impacto Ambiental
- Anejo 15. Gestión de Residuos
- Anejo 16. Estudio económico financiero
- Anejo 17. Justificación de precios
- Anejo 18. Plan de Obra
- Anejo 19. Reportaje Fotográfico
- Anejo 20. Estudio de Seguridad y Salud
 - **MEMORIA**
Anejo 1. Justificación de Precios.
 - **PLANOS**
 - **PLIEGO DE CONDICIONES**
 - **PRESUPUESTO**

Documento nº 2. **PLANOS**

- Plano 1. Situación General
- Plano 2. Situación Local
- Plano 3. Estado Actual
- Plano 4. Batimetría
- Plano 5. Alternativas Tipo 1.
- Plano 6. Alternativas Tipo 2 (I)
- Plano 7. Alternativas Tipo 2 (II)
- Plano 8. Alternativas Tipo 3
- Plano 9. Planta General.
- Plano 10. Descripción Geométrica
- Plano 11. Flota y Aparcamientos
- Plano 12. Planta General. Pilotes
- Plano 13. Planta de Dragados
- Plano 14. Planta de Desmantelamiento
- Plano 15. Superficies
- Plano 16. Secciones Obras de Abrigo (I)
- Plano 17. Secciones Obras de Abrigo (II)
- Plano 18. Secciones Obras de Abrigo (III)
- Plano 19. Muelles

- Plano 20. Perfiles Urbanización (I)
- Plano 21. Perfiles Urbanización (II)
- Plano 22. Mobiliario Urbano
- Plano 23. Detalle Mobiliario Urbano
- Plano 24. Detalles Atraques Flotantes
- Plano 25. Red. Abastecimiento
- Plano 26. Red Aguas Residuales
- Plano 27. Red. Pluviales
- Plano 28. Red. Electricidad
- Plano 29. Mediciones (I)
- Plano 30. Mediciones (II)

Documento nº 3. **PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

Documento nº 4. **PRESUPUESTO**

20. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

El presente Proyecto cumple los requisitos exigidos por el Real Decreto Legislativo 2/2000 de 16 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas y lo señalado en el Real Decreto 1098/01, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, por constituir una obra completa, susceptible de ser entregada al uso general o servicio público, sin perjuicios de ulteriores ampliaciones o mejoras en proyectos independientes.

21. CUMPLIMIENTO DEL ARTÍCULO 96 DEL REGLAMENTO GENERAL PARA EL EJERCICIO DE LA LEY GENERAL DE COSTAS

Este proyecto cumple las disposiciones establecidas en la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas (B.O.E. nº 181 de 29 de julio de 1988) y las normas generales y específicas dictadas para su desarrollo y aplicación (Artículo 44.7 de la Ley de Costas).

22. CONCLUSIÓN

Con lo expuesto en la presente memoria, así como en la documentación gráfica y en la restante documentación del Proyecto, se considera suficientemente definidas a este nivel las obras proyectadas.

Barcelona, Julio de 2014.

La Autora del proyecto.



Fdo.:
Tamara Roldán Díaz



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y CONSIDERACIONES GENERALES	3
2. OBJETO.....	3
3. HISTORIA DEL MUNICIPIO	3
3.1 INTRODUCCIÓN.....	3
3.2 FUNDACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DEL MUNICIPIO.....	3
3.3 EL TRATADO DE LOS PIRINEOS.....	5
4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	5
5. COMUNICACIONES.....	6
6. SITUACIÓN ECONÓMICA	7
6.1 INTRODUCCIÓN.....	7
7. SITUACIÓN SOCIOLÓGICA	8
7.1 INTRODUCCIÓN.....	8
7.2 EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA DE CERBÈRE	9
8. OCIO.....	11

1. INTRODUCCIÓN Y CONSIDERACIONES GENERALES

La construcción de un puerto deportivo supone una modificación del territorio y una repercusión en la situación económica de la zona; además de que representa una importante inversión económica. Para poder plantear y justificar su construcción es totalmente necesario conocer las características sociales, económicas del área así como otros aspectos de la población donde éste se va a ubicar.

A continuación, se describe brevemente las principales características del municipio de Cerbère, así como su historia, economía y comunicaciones.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es contextualizar el Proyecto de Puerto Deportivo de Cerbère, es decir, describir las principales características del entorno que enmarcan este proyecto.

3. HISTORIA DEL MUNICIPIO

3.1 INTRODUCCIÓN

El municipio de Cerbère está situado en el departamento Pyrénées Orientales, en la llamada Terre Catalane, a orillas de la Costa Roja del mar Mediterráneo. A día de hoy es un pequeño pueblo de pescadores de aproximadamente 8.4km² que prosperó durante los años 60 con la importación de productos españoles por ferrocarril.

En este apartado analizaremos los datos más significativos de la historia del pueblo desde su nacimiento hasta su consolidación.

3.2 FUNDACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DEL MUNICIPIO

Hace mucho tiempo el valle de Cerbère estaba cubierto por bosques y poblado por animales salvajes. Antiguos escritos de geógrafos griegos como Estrabón o de autores latinos como Plini el Joven, citan a menudo un lugar poblado con ciervos “Locus cervaria” al final de las Galias.

En el tercer siglo antes de cristo los griegos implantan una colonia en Ampurias, cincuenta kilómetros hacia el norte. Los romanos sucedieron a los griegos y mantuvieron esta ciudad en el mar activa durante más de 600 años. Es normal por tanto, que el valle de los ciervos fuese frecuentado ya que se sitúa en el camino que va desde Ampurias Portus Veneris (Port Vendres) y Illiberis (Elna).

Del pasado subsistieron muchos megalitos en esta parte de las Alberas además de unos cuantos menhires y dolmens en el valle. En esa época eran temidas y llamadas “piedras del diablo”.

En el siglo XIV la valle de Sant Salvador de Cervera se habita con dos familias sedentarias: los March y los Bonavia. Los Bonavia forman parte de la familia del Batlle Jehan de Pavo, doncel de Cervera y de Quer Roig.

Poco a poco este valle deviene dependiente de familias de pescadores instaladas en Banyuls de Marenda. En diciembre de 1640, Luís XIII concluye un pacto con el príncipe catalán contra la corona española. La conquista de Roselló se acaba con el Tratado de los Pirineos de 1659, ratificado por Luís XIV. Justamente gracias a las citaciones griegas y latinas del Valle de los Ciervos, entre las cuales destaca el famoso “Locurs Cervaria finis Galliae” Roselló y Cerbère se convirtieron en territorios franceses.

Hasta la vigilia de la Revolución Francesa, el valle de Cerbère quedó muy poco frecuentado. El año 1789 liberó las adquisiciones feudales y los títulos de propiedad, incitando a las familias de Banyuls a llevar los cultivos de viña al valle de Cerbère. En 1820 como máximo 10 familias vivían permanentemente en éste territorio junto con algunos pescadores de temporada, momento en el que se desarrolla el contrabando en España por vías marítimas. La administración aduanera decide entonces construir en Cerbère un puesto de vigilancia en la frontera en 1841; los escritos de la época son reveladores de la importancia del tráfico de tejidos, tabaco y otros materiales. Cerbère se convierte entonces en un pueblecito con un amplio edificio de aduanas.

La gran revolución se produce con la llegada del ferrocarril. En 1846 el estado francés comienza a desarrollar estudios acerca de la línea ferroviaria con España. Se elige el trayecto costero ya que los investigadores públicos y privados se basan en el tráfico de mercaderías por vía marítima desde Portvendres hasta África del norte y las Baleares. En 1858 se abre la estación de Perpinyà, en 1867 el ferrocarril llega a Portvendres, a Banyuls de la Marenda el 1876 y el 1878, el primer tren atraviesa los pirineos hacia Cerbère. En este momento el pueblo tiene alrededor de 800 habitantes la mayor parte de los cuales están vinculados a la gran obra ferroviaria.

En 1888 y durante esta etapa de crecimiento el pueblo de Cerbère se independiza de Banyuls de la Marenda. Desde su nacimiento, Cerbère conoce medio siglo de prosperidad sin un gran crecimiento demográfico. Toda su actividad gira en torno al tren y a la frontera, el tránsito de mercaderías y personas, la importación y exportación, etc. A partir de la segunda guerra mundial el turismo llega a Cerbère.

La figura 1 muestra el territorio de Cerbère que se independizó de Banyuls de la Marenda.



Figura 1: Vista en planta de los territorios separados.

3.3 EL TRATADO DE LOS PIRINEOS

Después de haber pertenecido a los reinos de Aragón y Mallorca (del siglo XII al XIV) el conjunto de los Pirineos Orientales quedaron anexionados a Francia en 1659 con la firma del Tratado de los Pirineos entre Luis XIV y Felipe IV. Poniendo fin a la Guerra de los Segadores, el Tratado de los Pirineos partía Cataluña en dos: el norte y el sur.

El texto del Tratado de los Pirineos no fue un simple reparto territorial, sino que incluía disposiciones que regulaban el movimiento de mercancías, acuerdos de comercio internacional, el intercambio de prisioneros de guerra y otras cuestiones de orden económico. A Cataluña sólo se referían los dos capítulos sobre la división del territorio y tres más, que hacían referencia a los derechos civiles de la población afectada, que por otra parte tampoco se respetaron.

Por este tratado, Francia establecía su hegemonía sobre el territorio europeo en detrimento de la monarquía hispánica, que cedía una parte de los territorios de Flandes y de Artois. Para Cataluña significó el cierre definitivo de la Guerra de los Segadores y pérdidas muy significativas a todos los niveles, económico, social y político. A cambio, los franceses entregaron el puerto de Roses y la plaza de Llívia, que tenía un estatus diferente como villa real.

Para la economía de Cataluña, la pérdida de estos territorios fue un desastre, no sólo político, sino también económico. El abastecimiento de lana y de piel y los cultivos de trigo que aportaban eran esenciales para muchas transacciones comerciales.

4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Cerbère es un municipio de los Pirineos Orientales, distrito de CERET. Forma parte del cantón de la "Costa Roja" junto a Banyuls de la Marenda, Portvendres i Cotlliure. Cerbère se sitúa a 975km de París y 45km de Perpinyà. La frontera con España se sitúa a 4 km, siendo el primer pueblo Español Portbou a 8km.

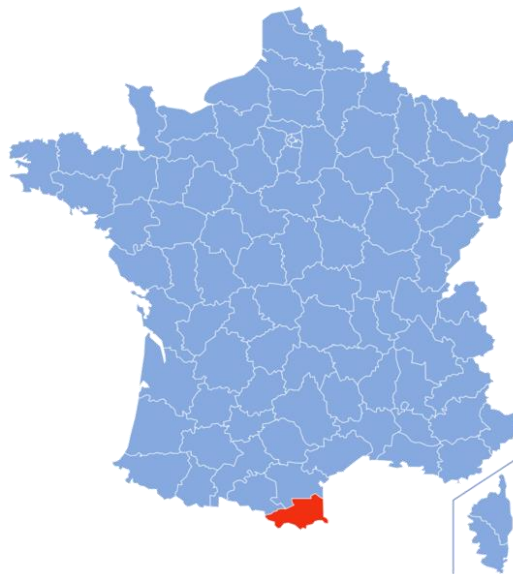


Figura 2: Pirineos Orientales situados en el sur de Francia.



Figura 3: Detalle de la localización del municipio de Cerberès.

5. COMUNICACIONES

El municipio de Cerberès se encuentra junto a la N-114 entre Banyuls (41 Km) y la frontera con España situada a 4km a la que se accede por el puerto de los Balitres a lo largo de una carretera llena de curvas.

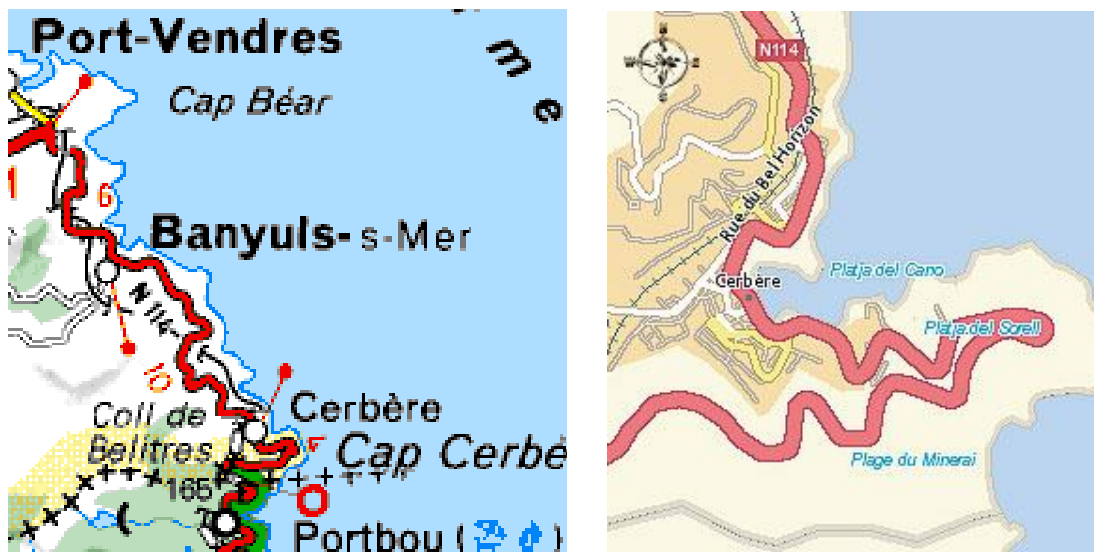


Figura 4: Carretera de acceso a Cerberès.

Como se ha comentado anteriormente, en 1876 se inauguró la estación internacional de ferrocarril, que unía Francia con España a través del túnel del Col des Balitres.

La estación internacional se apoya sobre una pared con arcos que se convierte en símbolo de distinción del pueblo. La elevación de la plataforma por la que pasan las vías necesitó un trabajo importante de terraplenado que requirió la desviación y canalización de la riera, el Riberal, para que éstas pudiesen atravesar el pueblo.

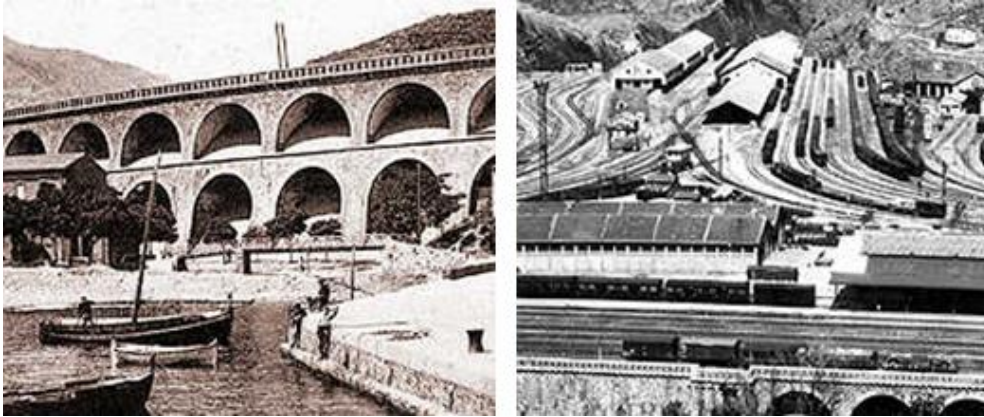


Figura 5: Detalle de la estación de ferrocarriles.

6. SITUACIÓN ECONÓMICA

6.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día la actividad principal de Cerbère es el turismo. Instalaciones como un el camping municipal, hoteles, restaurantes y otras empresas dan respuesta a la demanda turística y a su estacionalidad, que se concentra principalmente durante los meses de verano.

El Instituto Nacional de Estadística y de Estudios Económicos de Francia (INSEE) permite ampliar la información acerca de la situación económica del municipio, los sectores de actividad predominantes, la evolución y creación de empresas e incluso información acerca de la evolución de la renta neta media durante los últimos años.

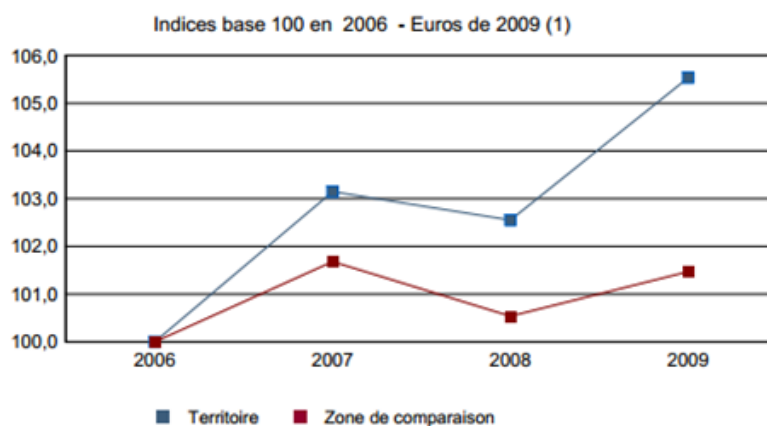
Entidades por Sector de Actividad Cerbère	Número	%
Muestra	73	100.0
Industria	4	5.5
Construcción	6	8.2
Comercio, transportes y servicios varios	56	76.7
<i>Comercio y reparación automovilística</i>	14	19.2
Administración pública, enseñamiento, sanidad y acción social	7	9.6

Tabla 1: Sectores de actividad predominantes. Fuente: INSEE

Creación Entidades en 2011	Número	%	Tasa de Crecimiento
Muestra	12	100.0	16.4
Industria	0	0.0	0.0
Construcción	0	0.0	0.0
Comercio, transportes y servicios varios	9	75.0	16.1
<i>Comercio y reparación automovilística</i>	3	25.0	21.4
Administración pública, enseñamiento, sanidad y acción social	3	25.0	42.9

Tabla 2: Evolución y creación de empresas. Fuente: INSEE

Evolución de la renta neta media - todas las familias fiscales



(1) : les valeurs des années antérieures à 2009 sont exprimées en euros constants de 2009.

Source : DGFIP, Impôt sur le revenu des personnes physiques.

Figura 6: Evolución de la renta neta media 2006-2009

7. SITUACIÓN SOCIOLÓGICA

7.1 INTRODUCCIÓN

Para comprender la situación sociológica de Cerbère es necesario entender el contexto en el que se encuadra. Su evolución demográfica durante el último siglo no se puede explicar si conocer previamente la evolución seguida por el entorno, e departamento de los Pirineos Orientales, y más concretamente su franja costera.

En este apartado se analiza la evolución demográfica de durante el último siglo de los emplazamientos citados anteriormente, proporcionando los principales datos estadísticos de la población.

7.2 EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA DE CERBÈRE

Como se puede observar en la siguiente tabla 3 y figura 6 la evolución demográfica de Cerbère siguió una curva ascendente en las primeras décadas del siglo XIX y hasta prácticamente mediados del siglo XX, causada por el crecimiento del municipio, la instauración del ferrocarril, la consolidación de su actividad comercial y la revalorización turística de la zona. Sin embargo, esta tendencia al alza acaba y la población de Cerbère empieza a disminuir en los años setenta, decadencia que continúa hasta el día de hoy.

Año	1891	1901	1911	1926	1936	1946	1954
Población (hab.)	1428	1252	1529	1970	2188	2044	2245
Año	1968	1975	1982	1990	1999	2006	2010
Población (hab.)	2404	1940	1641	1461	1488	1551	1446

Tabla 3: Datos de la evolución del número de habitantes

Los datos de 1968 año en que la población alcanza los 2400 habitantes, muestran el máximo crecimiento del municipio en 100 años, en los que el número de habitantes aumenta un 68%. Actualmente la cantidad de población es parecida a la de finales del siglo XIX.

Evolución Demográfica de Cerbère

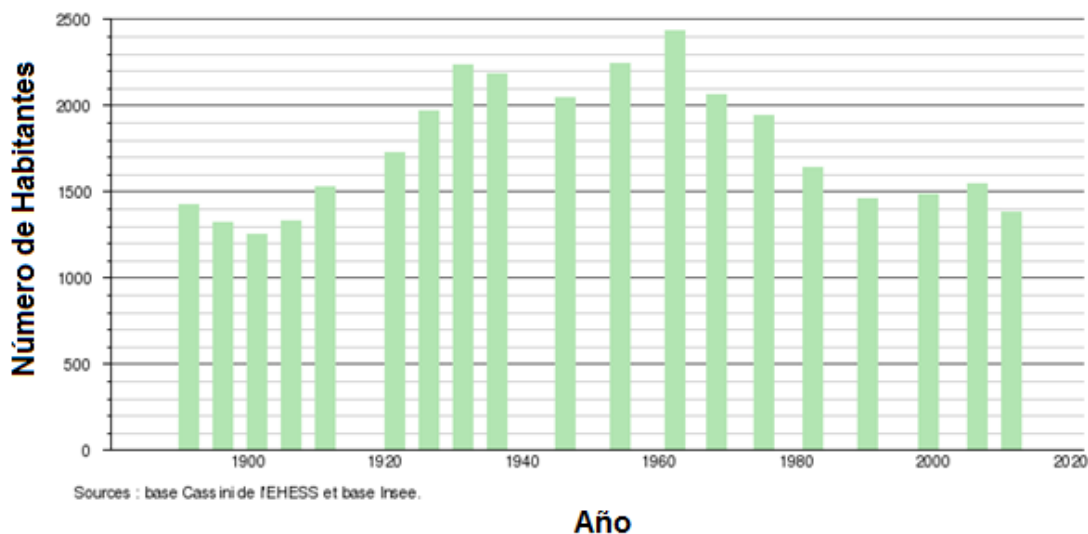


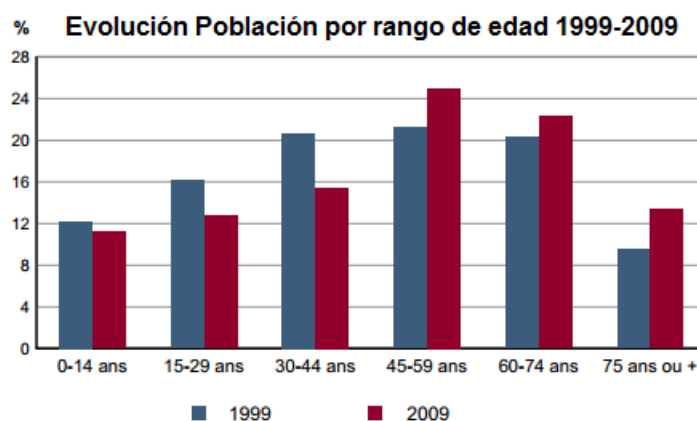
Figura 7: Evolución demográfica de Cerbère

La siguiente tabla ofrece información acerca de la población que reside permanentemente en Cerbère. Del sondeo realizado en el año 2010 se desprende que, la mayoría de población masculina queda comprendida en un rango de edad entre los 45 a 90 años, sumando alrededor del 60% de la población. Sólo un 30% de los habitantes se encuentran entre los 15 y 44 años. Los datos muestran porcentajes muy parecidos para la población femenina con un ligero incremento del porcentaje de población de mayor edad (45-90 años) frente al de (15-44 años).

Resultados muy similares arroja otro sondeo llevado a cabo un año antes (2009) entre los habitantes de Cerbère. La figura 7 muestra la evolución para una muestra fue de 794 hombres y 716 mujeres.

Población por sexo y edad en 2010	Hombres	%	Mujeres	%
Muestra	759	100	687	100
0 a 14 años	88	11.5	75	10.9
15 a 29 años	112	14.8	72	10.5
30 a 44 años	114	15	109	15.8
45 a 59 años	190	25	171	25
60 a 74 años	170	22.3	153	22.2
75 a 89 años	82	10.8	102	14.8
90 años o más	4	0.5	5	0.8

Tabla 4: Información sobre la población, sondeo realizado en el año 2010. Fuente: INSEE



Sources : Insee, RP1999 et RP2009 exploitations principales.

Figura 8: Evolución población desde 1999 a 2009.

Acerca del escenario futuro, la única manera de obtener información acerca de la evolución de la población es a través del Instituto Nacional de Estadística y de Estudios Económicos de Francia (INSEE). La predicción más detallada que puede vincularse a la zona de estudio es la obtenida a nivel departamental o regional, es decir proveniente de Languedoc- Roussillon.

La evolución de la población esperada para esta región de cara al 2040 es la que ofrece la siguiente figura; se puede observar que se proyecta un crecimiento mayor para a población comprendida entre los rangos de edad de 0-20 y 20-45 años, tanto masculina como femenina.

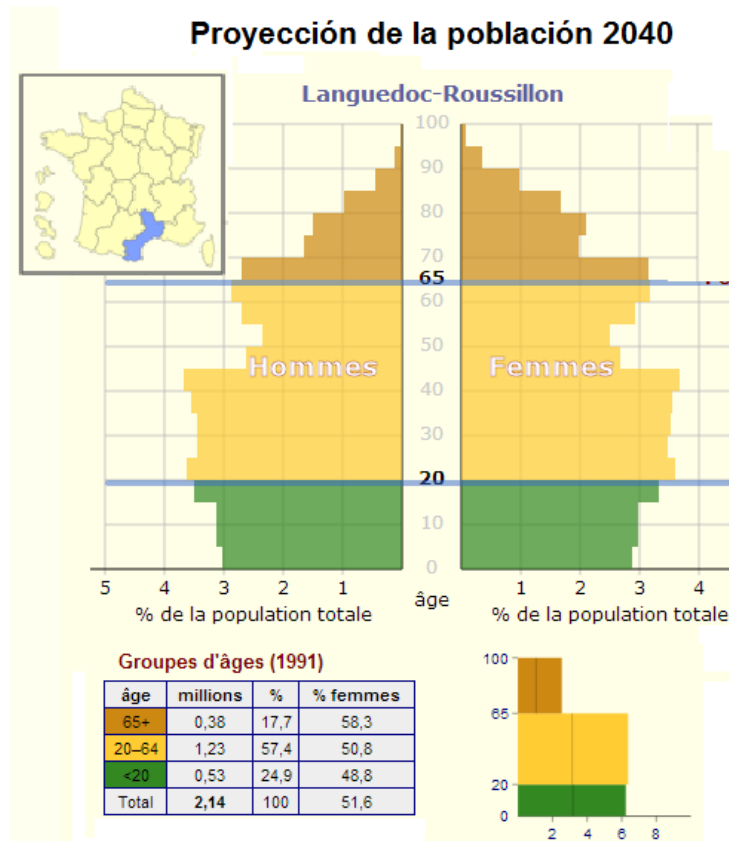


Figura 9: Proyección de la población a 2014 para Languedoc- Roussillon. Fuente: INSEE

8. OCIO

Es muy importante a la hora de proyectar una ampliación de un puerto deportivo saber las preferencias que tiene la población de una zona al emplear su tiempo libre.

En el caso del municipio de Cerbère y tal como se ha expuesto anteriormente, el sector principal es el de servicios; dada la situación costera del área, el alto valor natural y ecológico del medio marino, el desarrollo del sector turístico durante la temporada de verano, la población de Cerbère tiene un claro vínculo con el mar y a todo lo relacionado con el tema náutico, ya sea en cuanto a la pesca, paseos en barco, actividades de buceo, etc.

Múltiples establecimientos de servicios giran en torno a la actividad turística como por ejemplo servicios de actividades acuáticas (buceo, kayak, etc.) ya que se ofrece un servicio de ruta submarina por la zona, siempre en consideración con la reserva marina y las limitaciones impuestas.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 2: ESTUDIO DEL MEDIO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. GEOLOGÍA.....	3
4. BATIMETRÍA.....	5
5. SISMOLOGÍA.....	7
6. EL MEDIO BIÓTICO	8
7. METEOROLOGÍA	9
7.3 CLIMA.....	9
7.4 TEMPERATURA.....	10
7.5 PRECIPITACIONES	11
7.6 VIENTO.....	11
7.7 CORRIENTES.....	13

1. INTRODUCCIÓN

En el proyecto estudiado resulta de gran importancia el conocimiento del terreno, tanto desde el punto de vista cualitativo y esencialmente en relación con la geología (clasificación del suelo, actividad tectónica de éste, etc.) como cuantitativamente o desde el ámbito de la geotécnica para determinar si existe algún problema de resistencia del suelo frente a la nueva estructura, etc.

Con el propósito de conocer mejor el terreno y determinar si existiría algún problema con la ejecución de la obra marítima, este anejo recoge los datos de un estudio básico del medio en el que se va a desarrollar la obra. Incluyendo información sobre la batimetría, la geología, el medio biótico y las principales características climatológicas de la zona se da a conocer la naturaleza del terreno y por tanto la posible respuesta de éste no sólo ante la nueva estructura sino también a temas urbanísticos o náutico-deportivos.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es analizar las características geológicas, geotécnicas y climáticas de la zona en la que se va a emplazar el nuevo puerto deportivo de Cerbère, para poder determinar una correcta realización y planteamiento de la obra.

El presente presta especial atención a todos aquellos factores que podrían afectar a la ejecución e incluso a la explotación de ésta a posteriori.

3. GEOLOGÍA

Para obtener información acerca de la geología de la zona de estudio se han consultado varias fuentes de información. Por un lado la Hoja 221 del Instituto Minero y Geológico Español incluye información de Portbou y como se puede observar en la Figura 1 hasta los Pirineos Orientales en Francia. Por otro lado, el servicio nacional de geología francés (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) ofrece una herramienta con la que permite al usuario acceder a información geológica a través de un mapa interactivo (Figura 2).

La información recogida acerca de la costa de Cerbère, perteneciente a la franja litoral del macizo de l'Albera, indica que está formada por materiales paleozoicos. La falla de Vilajuïga-Llançà constituye el límite geológico que separa los macizos de l'Albera y del Cap de Creus y pone en contacto esquistos mesozonales y granitoides del macizo de Cap de Creus con rocas epizonales del macizo de l'Albera.

Ambos macizos están formados, predominantemente, por metasedimentos derivados de secuencias sedimentarias atribuidas al Cambro-Ordovícico, en los que se intercalan rocas intrusivas pre-hercínicas. Este conjunto de materiales está afectado por el metamorfismo regional herníco con una zonación que abarca desde rocas de grado muy bajo hasta esquistos de alto grado y migmatitas. Las rocas plutónicas hercínicas están formadas por batolitos granodioríticos que originan una aureola de metamorfismo de contacto.

A grandes rasgos, atendiendo a las características litológicas de los materiales que constituyen la zona, se distinguen dos grandes conjuntos; por una parte, el formado por los sedimentos cambro-ordovícicos y las rocas ígneas paleozoicas, y por otra, el constituido por los depósitos cuaternarios localizados en las rieras y playas. Rocas

metamórficas como los esquistos micáceos o rocas ígneas como gneis situadas en la zona de estudio son generalmente muy resistentes a la erosión marina.

Las siguientes figuras muestran de manera esquemática la geología regional existente:

ESQUEMA REGIONAL

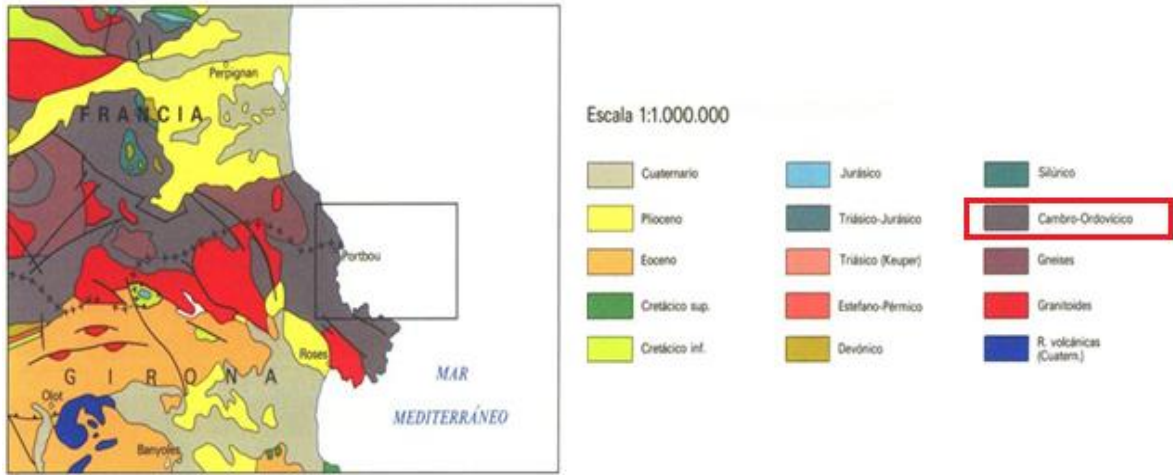


Figura 1: Estratigrafía de la zona. (Fuente: Hoja 221, Instituto Minero y Geológico Español)

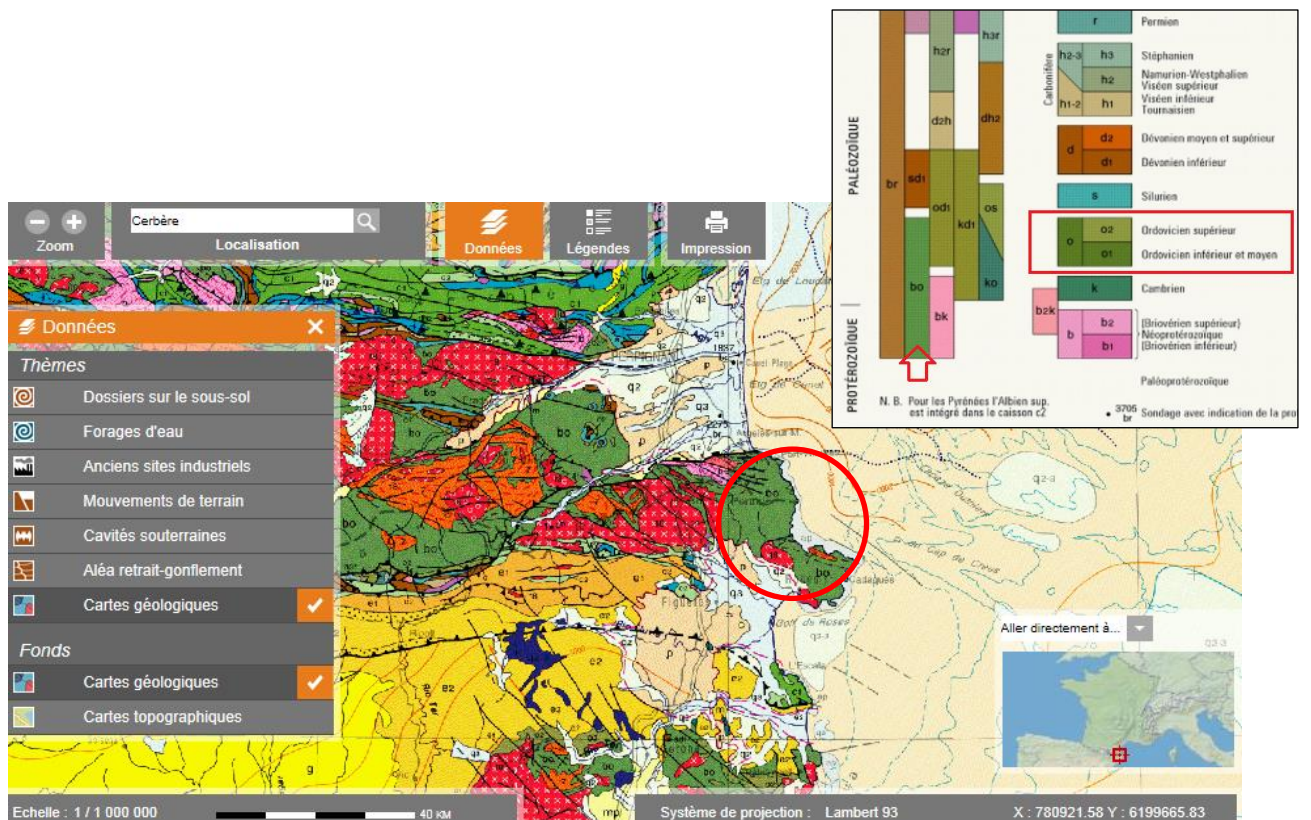


Figura 2: Estratigrafía de la zona. (Fuente: Bureau de Recherches Géologiques et Minières)

4. BATIMETRÍA

La batimetría es un dato fundamental en un proyecto de este tipo, ya que de ella dependen muchos aspectos importantes como pueden ser: el oleaje que actúa sobre la zona y que determina factores como la altura de ola de cálculo, la tipología de las obras de abrigo, las zonas dónde será necesario dragar, etc.

Se dispone de la batimetría aportada por la autoridad local del municipio donde aparecen los detalles del fondo marino de la bahía de Cerbère.

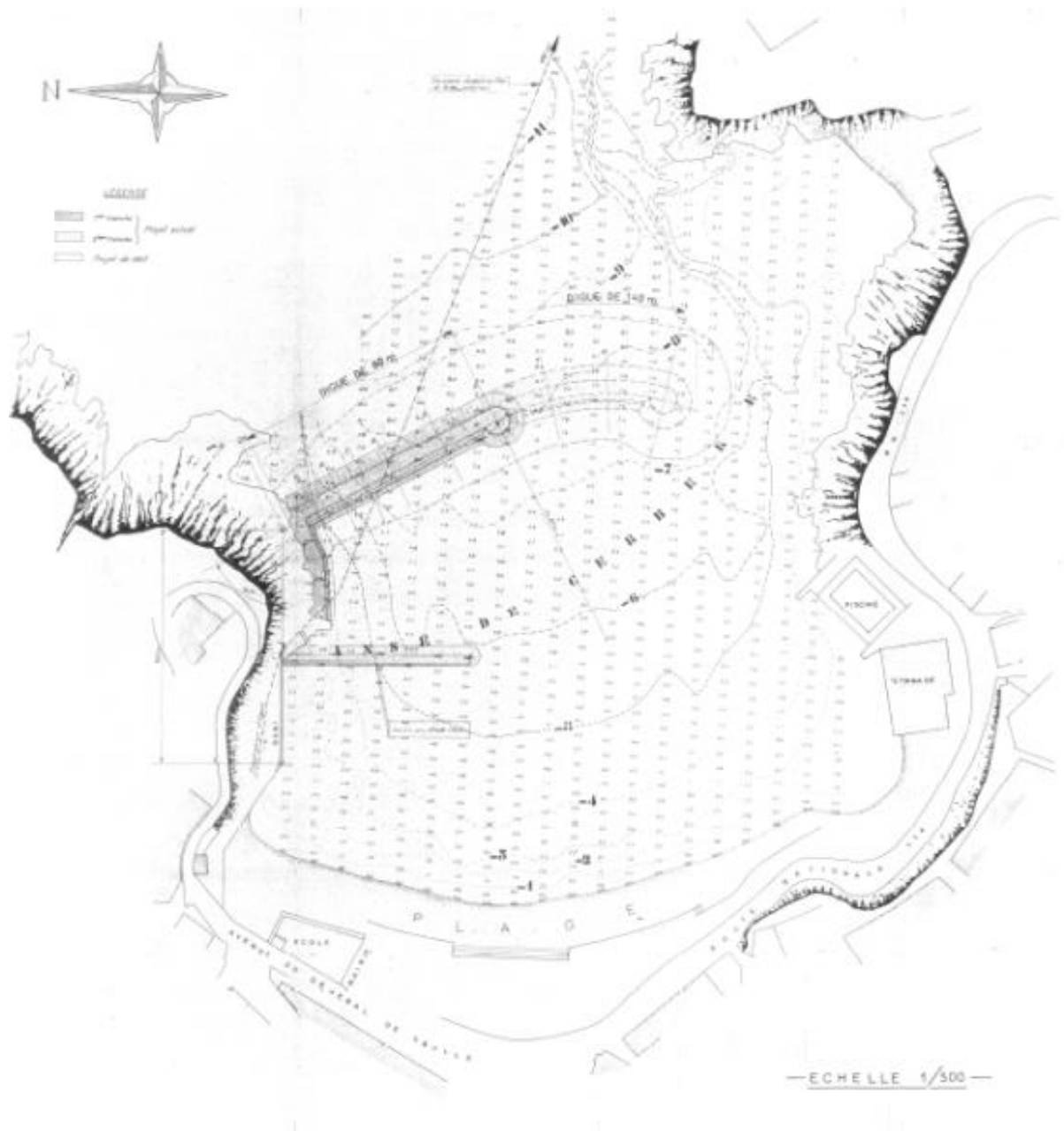


Figura 3: Batimetría de la zona de estudio.

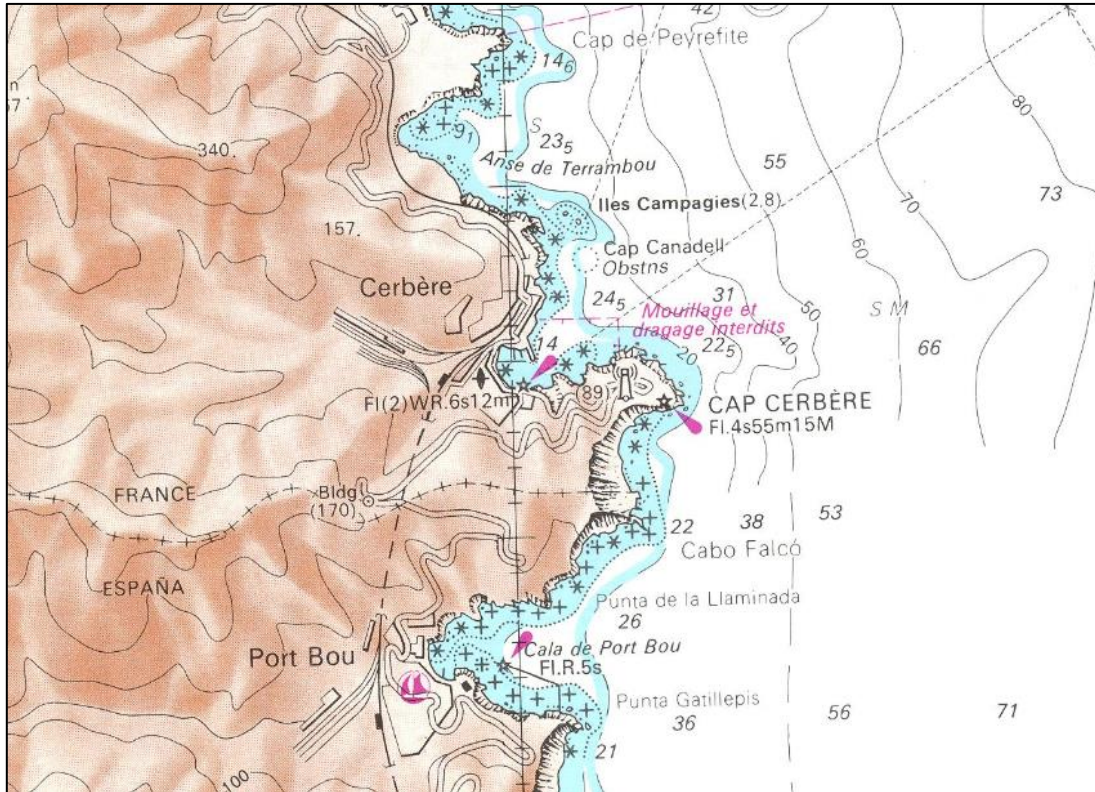


Figura 4: Carta Náutica 6843 (escala 1:50.000)

5. SISMOLOGÍA

Para poder realizar correctamente el dimensionamiento de las estructuras del proyecto, es necesario conocer el riesgo que tendrán estas de sufrir episodios de actividad sísmica destacable. Según sea este riesgo mayor o menor, se optará por un diseño más o menos resistente a los terremotos.

En el caso de la zona de estudio, correspondiente al territorio Francés, desde el año 2010 la normativa vigente en Francia en cuanto a sismología, son los Eurocódigos. En particular, el Eurocódigo 8 especifica los cálculos sísmicos en estructuras.

Además en el año 2005, Francia crea el siguiente mapa de la nueva zonificación sísmica (Figura 5) que muestra el nivel de amenaza sísmica en que se encuentra el territorio. Se puede observar cómo el área de estudio se localiza en una zona de baja peligrosidad (Zona 1B) con una aceleración del movimiento del suelo que oscila entre 0,7 y 1,1 m/s², sin embargo dicho peligro no debe ser descuidado.

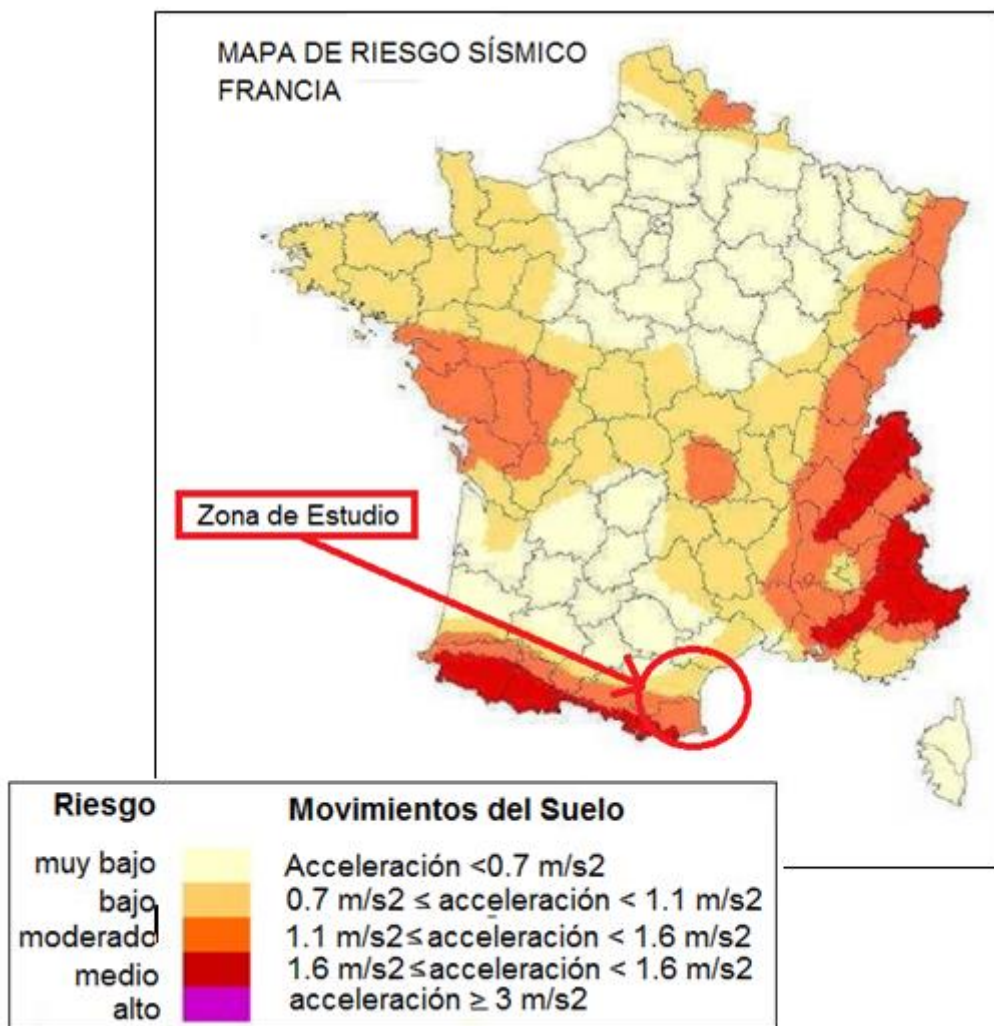


Figura 5: Mapa de riesgo sísmico en Francia

6. EL MEDIO BIÓTICO

Cómo se ha mencionado anteriormente, la zona de estudio pertenece a la Reserva Natural de Cerbère-Banyuls, zona en la que se encuentran más de 1.200 especies de animales y 500 especies de plantas.

Entre la fauna, los grupos mejor representados son los moluscos (gasterópodos, bivalvos), esponjas, gusanos poliquetos y peces. Entre las plantas las algas son las más abundantes, sin embargo se debe tener en cuenta la presencia de dos plantas marinas endémicas del Mediterráneo: la Posidonia y la Cymodocea.

De éstos, 49 tienen una condición especial de protección ya sea a nivel nacional, europeo o internacional; entre ellas se encuentran la Posidonia, el coral rojo, lanacra y el dátil de mar (bivalvos), la cigala del Mediterráneo (crustáceo), la raya blanca, la tortuga marina y el delfín mular o delfín nariz de botella.

La reserva natural es el hogar de tres grandes hábitats mediterráneos que permiten el desarrollo de las siguientes especies:

Las formaciones Lithophyllum: Situado en la zona de olas rompientes, especialmente en las zonas expuestas a los vientos dominantes, que se compone de una pila de algas calcáreas, es totalmente esencial para un gran número de especies animales y plantas.

Praderas de Posidonia: Aunque su distribución no es uniforme ni expandida por el área, tiene un importante papel de vivero de muchas especies. Son pastos marinos de poca profundidad ya que la baja penetración de la luz tiende a trazar su límite inferior a la isobata de 15 m. Representa una fuente de oxígeno.



Figura 6: Pradera de Posidonia Oceánica. (Fuente: <http://www.romeofotosub.it/>)

La coralina: Presente en las extensiones de los cabos y en la formación de múltiples grietas y cavidades, es el hábitat que alberga la mayor cantidad de especies de variada forma y color.

La presencia de tan diversos hábitats crea un paisaje muy diverso bajo el agua, sobretodo en rocas donde viven la mayoría de las especies de peces. La continuidad de sustratos duros se interrumpe en las bahías donde los fondos están constituidos por bancos de arena más o menos gruesa. Estos sustratos blandos son dominantes más allá de la isobata de 30m donde se caracterizan por una velocidad de sedimentación suficiente importante.

La red Natura 2000 contempla como zonas interés comunitario los hábitats aquí descritos.

7. METEOROLOGÍA

7.3 CLIMA

En general, el clima es de tipo mediterráneo. Se caracteriza por veranos calurosos y secos e inviernos generalmente suaves; las lluvias se concentran mayormente en otoño y primavera.

Sin embargo para el territorio francés existe la clasificación del clima que muestra la siguiente figura 7, en la que el clima queda dividido en 8 tipos. En ésta se puede observar como la costa mediterránea corresponde al tipo 8, así que dicha clasificación puede ayudar a comprender mejor qué clima estará presente en la zona de estudio.

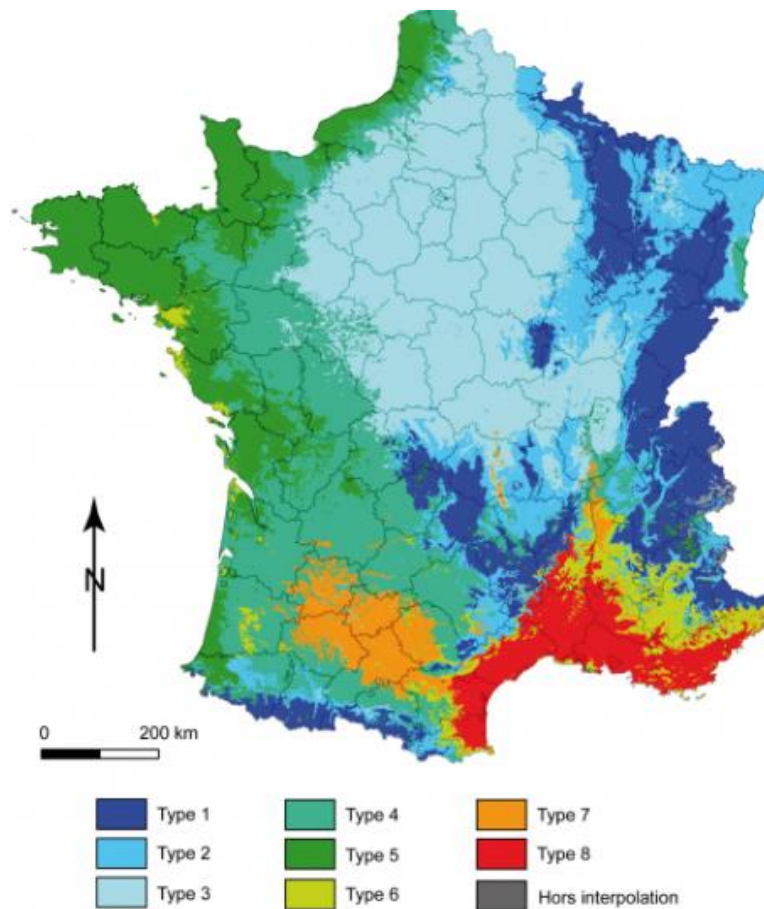


Figura 7 : Tipología climática del territorio francés en 8 clases. (Fuente : Joly D., Brossard T., Cardot H., Cavailhes J., Hilal M., Wavresky P,(2010).Types of climates on continental France, a spatial construction)

- Tipo 1: Clima de montaña
- Tipo 2: Clima semi-continental y clima de los márgenes montaña
- Tipo 3: Clima oceánico de las llanuras del centro y norte
- Tipo 4: Clima oceánico alterado
- Tipo 5: Clima claramente oceánico
- Tipo 6: Clima mediterráneo alterado
- Tipo 7: Clima de la Cuenca del Sur-Oeste
- Tipo 8: Clima claramente mediterráneo*

Del tipo de clasificación se desprende que las temperaturas anuales generalmente son altas, asociado con raros días de frío y frecuentes días cálidos. La amplitud térmica interanual es alta (más de 17 °C entre julio y enero) valores bastante estables de un año a otro. La alta proporción de precipitaciones en otoño y tormentas de verano son los factores principales de éste clima. La precipitación anual total es baja, con veranos secos.

7.4 TEMPERATURA

El régimen de temperaturas se caracteriza por un rango de variación anual de pequeña amplitud. En general se dan inviernos suaves y veranos calurosos y secos. En abril las temperaturas empiezan a aumentar y conservan esta tendencia creciente hasta agosto. La figura 8 muestra las temperaturas recogidas en los Pirineos Orientales durante el año 2012, los valores máximos, mínimos y medios. Como se puede observar las temperaturas son más altas en la zona de estudio que en el resto de área francesa, por lo que se puede decir que el clima de Cerdère es un clima Mediterráneo de características similares al del norte de Cataluña.

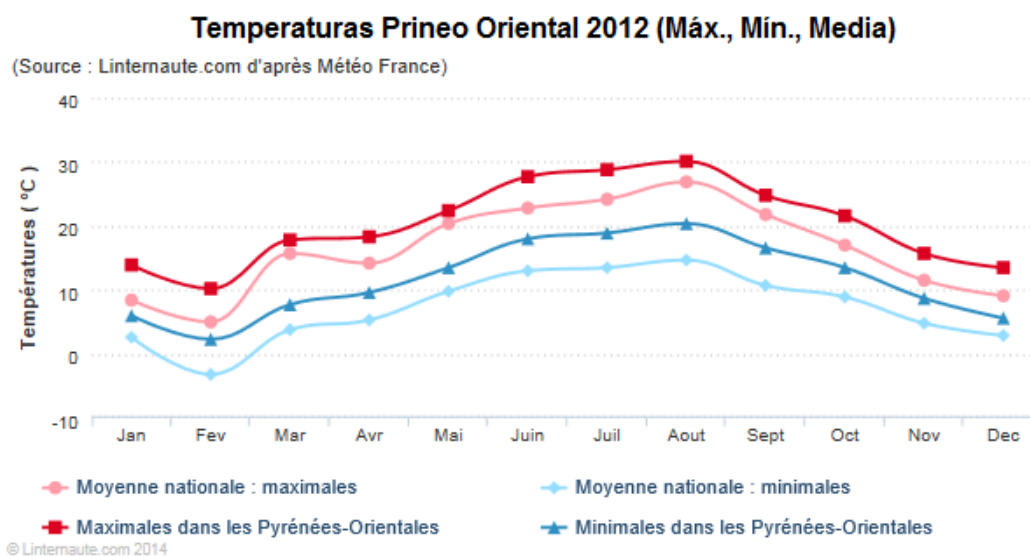


Figura 8: Temperaturas año 2012. Fuente : Météo France.

7.5 PRECIPITACIONES

El relación al régimen de precipitaciones, éste es de tipo Mediterráneo con máximas recogidas en otoño y primaveras y un carácter torrencial con picos de hasta 250mm en 24h. Durante la estación “húmeda” que podemos decir va de septiembre a abril, se registran 9 días de lluvia en promedio mensual.

La siguiente figura 9 muestra la precipitación media recogida en la región a la que pertenece la zona de estudio frente a la media recogida a nivel nacional. Por lo tanto se puede observar, que durante 3 de 4 estaciones en 2012 las precipitaciones medias son considerablemente menores en los Pirineos Orientales, alrededor de un 50% menos. Únicamente durante el invierno de 2012 ambas precipitaciones se igual, siendo menos que los 100mm.

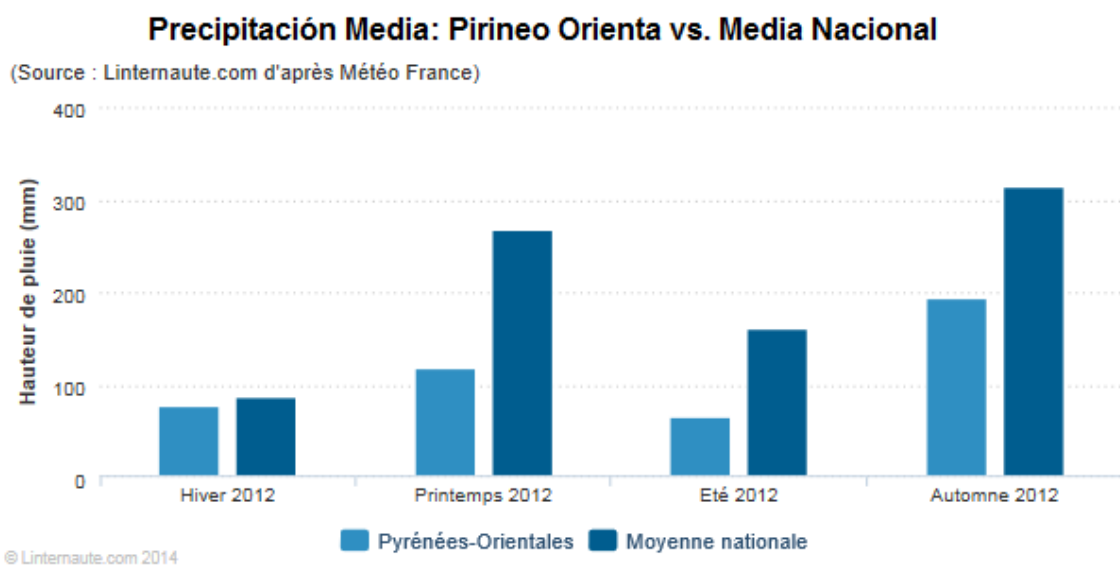


Figura 9: Precipitación media recogida en los Pirineos Orientales en comparación con la media francesa.

7.6 VIENTO

El viento es un parámetro importante a la hora de diseñar un puerto, ya que condiciona el diseño de la bocana y de los canales de navegación. Para describir el viento se deben indicar dos magnitudes: dirección y velocidad.

La caracterización de los vientos sobre la zona de estudio se obtiene del punto WANA 2123150 que se muestra en la figura 9 cuya información ofrece Puertos del Estado. Se debe tener en cuenta que los resultados que aquí se presentan surgen del análisis la serie de datos simulados entre enero de 1996 y octubre de 2013.

El modelo atmosférico utilizado para generar los campos de vientos es el HIRLAM, de AEMET. Este es un modelo atmosférico mesoescalar e hidrostático. Los datos de viento facilitados son 10 metros de altura sobre el nivel del mar. El conjunto de datos WANA proporciona descripciones del clima de viento y oleaje, que en general, son adecuadas en todo el entorno litoral español. No obstante, es necesario tener cautela ya que de forma general se puede decir que los modelos tienden a subestimar los

picos en las velocidades de viento y las alturas de ola en situaciones de temporal muy extremo.

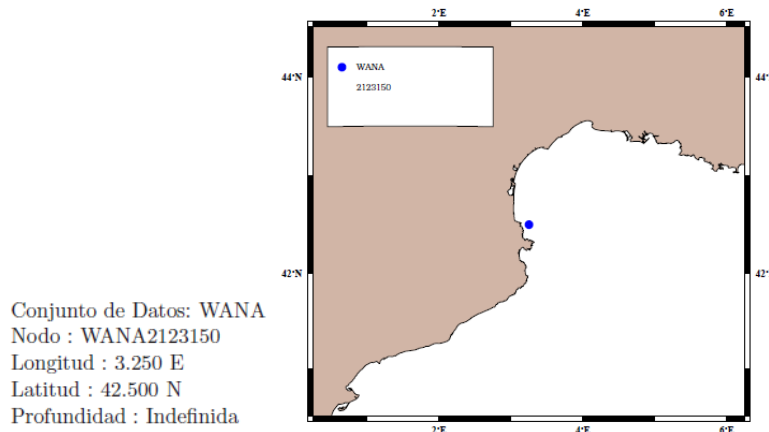


Figura 10: Punto en el que se obtienen datos simulados de viento.

Como se puede ver en la figura 11 la rosa de viento indica dos sectores principales de los que proviene el viento, el sector Noroeste alrededor de la dirección 320°N y el sector Sureste alrededor de la dirección 150°N.

Además debe tenerse en cuenta que las características de estos vientos se obtienen mar adentro y no deben considerarse exactamente iguales en el interior de la bahía debido a efectos locales producidos por las características geográficas de la zona de estudio, sin embargo nos ayudan a entender el entorno en el que se sitúa la infraestructura.

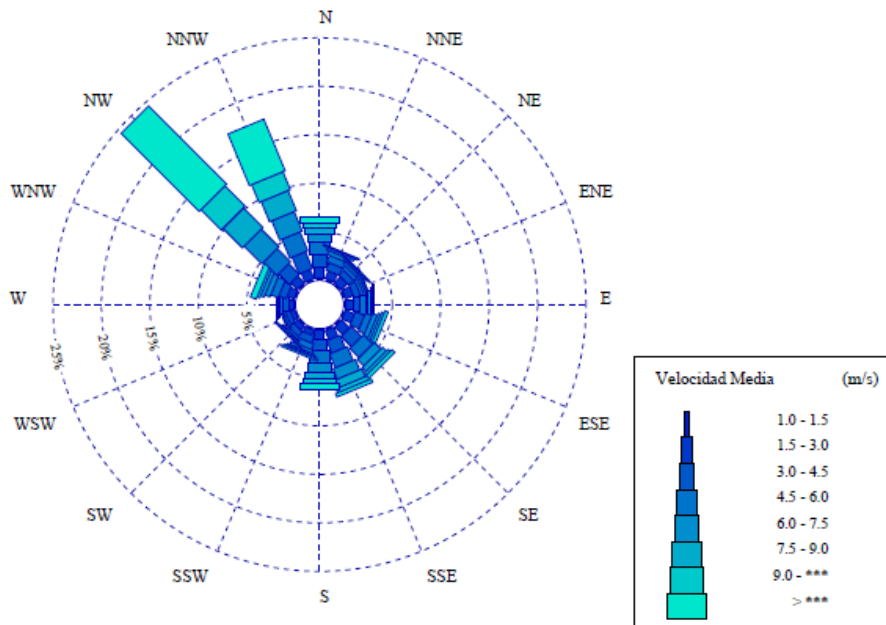


Figura 11 : Rosa de los vientos. Fuente : Puertos del Estado, <http://www.puertos.es>

En general el viento es una característica clave del clima de la costa de Alberes, en la medida en que sopla casi 200 días al año. Se distinguen los siguientes tres vientos dominantes:

- Marín o viento de mar: es un viento de componente sur que suele producirse en la costa mediterránea de Francia en las estaciones de primavera y otoño. Se asocia con una baja presión centrada en la Península Ibérica. Es una variante local del siroco, aunque acarrea más humedad que la que caracteriza a este viento en otras regiones del Mediterráneo.

- El viento de España (viento cálido y húmedo) o viento sureste, causando el efecto Föhn. Éste se produce en relieves montañosos cuando una masa de aire cálido y húmedo es forzada a ascender para salvar ese obstáculo. Esto hace que el vapor de agua se enfríe y sufra un proceso de condensación o sublimación inversa precipitándose en las laderas de barlovento donde se forman nubes y lluvias orográficas.

- La Tramontana: representa un factor importante en invierno y primavera, cuando su frecuencia e intensidad son particularmente altas. Sopla un promedio de 130 días al año (70 % de los días de viento) y puede alcanzar velocidades muy altas (más de 100 km/h), la media se sitúa por encima de los 50 km/h. Este viento, su fuerza y frecuencia tiene una gran influencia en el clima de la región.

7.7 CORRIENTES

La siguiente figura ofrece una idea general acerca de las corrientes que se dan en el Golfo de Lyon y la costa catalana; se puede observar que ambos están bajo la influencia de la corriente de Liguria-Provenzal.

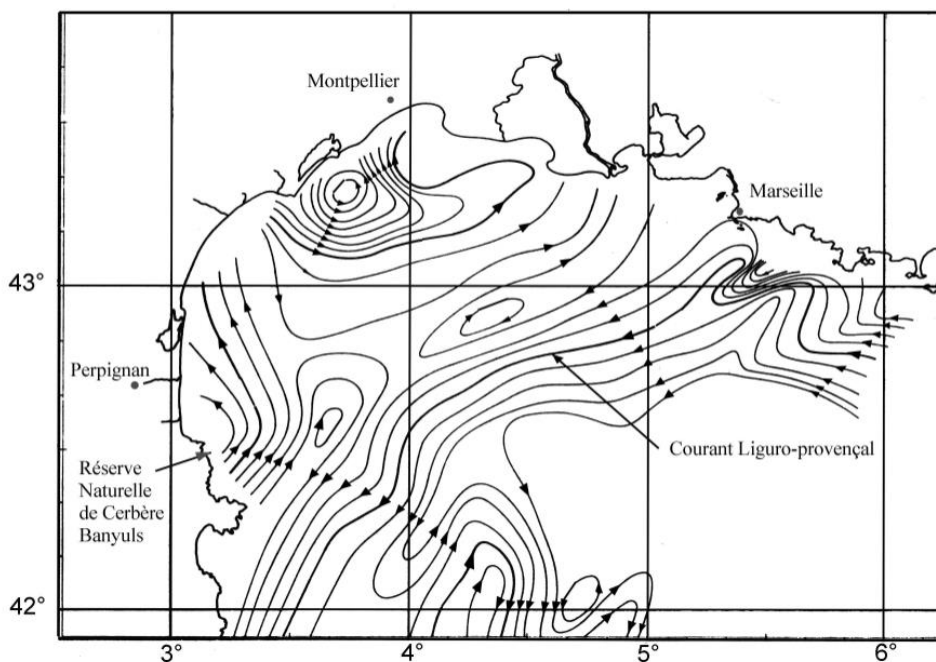


Figura 12: Corrientes en el Golfo de Lyon (Fuente: Lenfant et al, 2001).

La corriente en la costa rocosa Alberes es generalmente paralela a la costa. Su estructura es compleja y variable en el tiempo y en el espacio: a poca profundidad la morfología de la costa influye en la dirección y conduce a la aparición de contra corrientes locales. La principal acción de los vientos del noroeste se reduce cerca de la costa por la orientación del relieve.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. FUENTE DE DATOS	3
3.3 BOYAS Y PUNTOS DE TOMA DE DATOS.....	3
4. CLIMA MEDIO	6
4.1 INTRODUCCIÓN.....	6
4.2 CLIMA MEDIO ESCALAR.....	8
4.3 CLIMA MEDIO DIRECCIONAL	10
5. VIDA ÚTIL MÍNIMA Y PERÍODO DE RETORNO DEL TEMPORAL	15
5.3 INTRODUCCIÓN.....	15
5.4 VIDA ÚTIL MÍNIMA	18
5.5 RIESGO MÁXIMO ADMISIBLE.....	19
5.6 PERIODO DE RETORNO DEL TEMPORAL.....	20
6. CLIMA EXTREMAL	20

1. INTRODUCCIÓN

El análisis del clima marítimo es fundamental a la hora de diseñar un puerto ya que permite determinar los parámetros de oleaje que condicionarán el dimensionamiento del nuevo puerto deportivo en Cerbère. .

Una sobreestimación de los valores de clima extremal llevaría a un sobredimensionamiento del dique de abrigo, a un incremento de los costes y a un mayor impacto ambiental sobre el territorio. De la misma manera, la infravaloración del estudio del clima resultaría en un nivel inadecuado de protección y por tanto un claro peligro a las embarcaciones y al pueblo en caso de temporal.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es realizar un estudio del clima medio como el de clima extremal de oleaje. Debe tenerse en cuenta, que aunque la zona de estudio pertenece a la región francesa, por diversos factores como la proximidad al territorio español y el carácter académico de éste proyecto, se ha determinado seguir las indicaciones recogidas en la normativa española, la ROM 0.3-91 OLEAJE que incluye una completa caracterización del Clima Marítimo en el Litoral Español y que se entiende es adecuada para el área de estudio.

A partir del completo estudio del oleaje se podrá elegir el sistema de atenuación necesario para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones, sin que queden comprometidas las condiciones de amarre y confort de las embarcaciones y la integridad de la estructura.

3. FUENTE DE DATOS

Para la realización del análisis del oleaje se han recopilado datos provenientes de diferentes fuentes. Para realizar el dimensionamiento de la estructura de abrigo que más se ajustase a la realidad, se debería disponer de datos recogidos por boyas francesas ya que como se ha comentado anteriormente, la zona de estudio es territorio francés. Sin embargo, el dimensionamiento se realizará de acuerdo a la normativa española de igual manera que el estudio del clima se realiza con datos provenientes del organismo Puertos del Estado.

3.3 BOYAS Y PUNTOS DE TOMA DE DATOS

En el litoral español se pueden observar múltiples puntos en los que se puede obtener datos históricos, datos en tiempo real y predicciones. Éstos se muestran en la figura 1, dónde los puntos rojos representan boyas (fuente de datos instrumentales), los verdes son puntos WANA y los amarillos SIMAR-44 (ambos predicciones simuladas a partir de modelos numéricos). Anteriormente a lo largo del litoral catalán también se encontraba la Xarxa d'Instruments Oceanogràfics de Catalunya (XIOM) a cargo de la Generalitat de Catalunya, que disponía de cuatro boyas situadas en Roses, Tordera, Llobregat i Cap Tortosa; actualmente no se encuentra operativa.

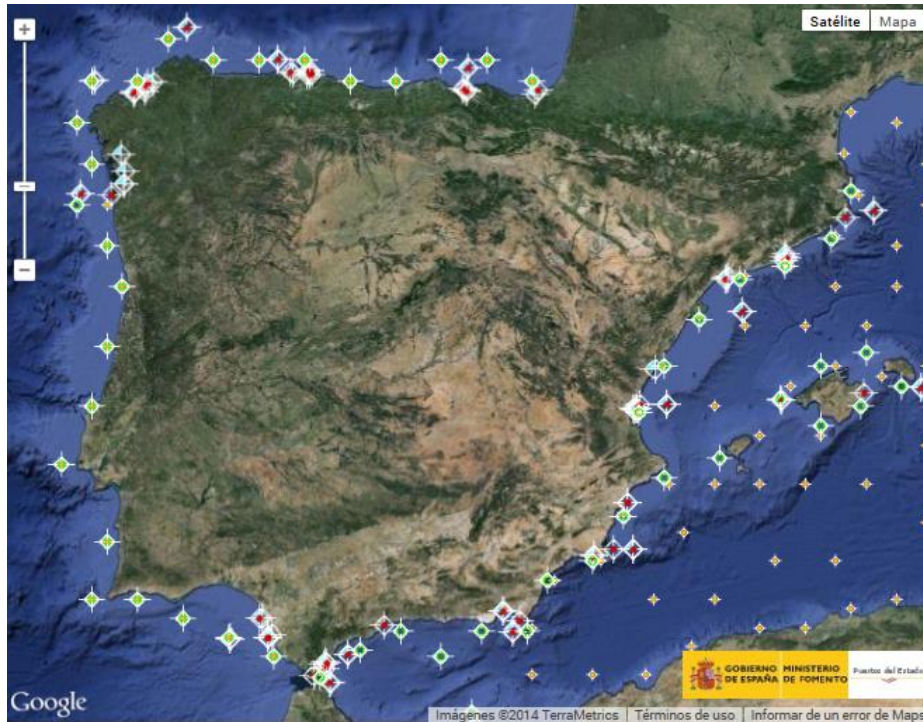


Figura 1: Representación de las boías de oleaje en la península. Fuente: http://www.puertos.es/oceanografia_y_meteorologia/redes_de_medida/index.html

La figura 2 muestra una visión más enfocada en el litoral catalán en el que se puede ver la disposición de boías pertenecientes a la red REMRO (puntos rojos) de Puertos del Estado y las boías de la red XIOM (puntos amarillos).

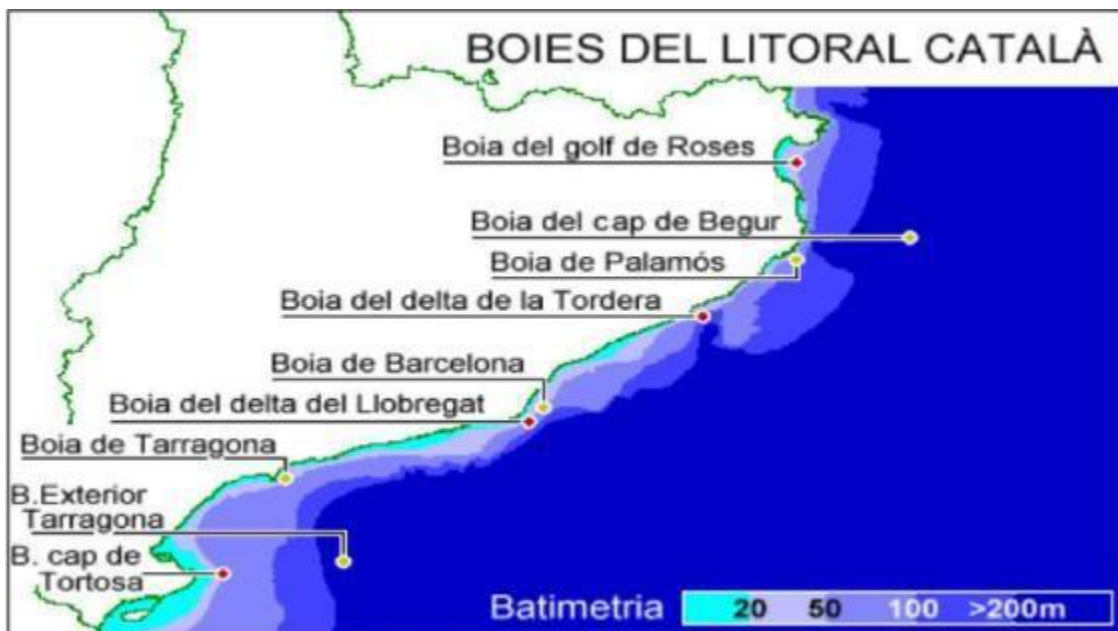


Figura 2: Representación de las boías de oleaje en el litoral catalán. Fuente: <http://www.lim.cat/lomes.aspx>

A continuación se amplía la información acerca de cada una de estas redes con el objetivo de explicar las diferencias entre las diferentes categorías de datos y sus características principales.

- Redes dependientes de Puertos del Estado
 - Redes *REMRO*

Son redes instrumentales, que toman datos directos del oleaje mediante boyas situadas en mar abierto. Dentro de estas se distinguen dos tipos:

* Red de Boyas Exteriores *REDEXT*

El conjunto de datos REDEXT está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas de Aguas Profundas de estado (Red Exterior). Esta red unifica, amplía y actualiza las antiguas redes RAYO y EMOD. Las boyas de esta red se caracterizan por estar fondeadas lejos de la línea de costa a gran profundidad (más de 200 metros de profundidad). Por tanto, las medidas de oleaje de estos sensores no están perturbadas por efectos locales, proporcionando cada boya observaciones representativas de grandes zonas litorales. La siguiente figura 3 muestra la boya de la que hemos obtenido los datos (período 2001-2014) para realizar el estudio de clima. Ésta se sitúa en Cabo Begur ya que es la boya perteneciente a Puertos del estado más al norte y por tanto cerca de la zona de estudio que sigue activa.

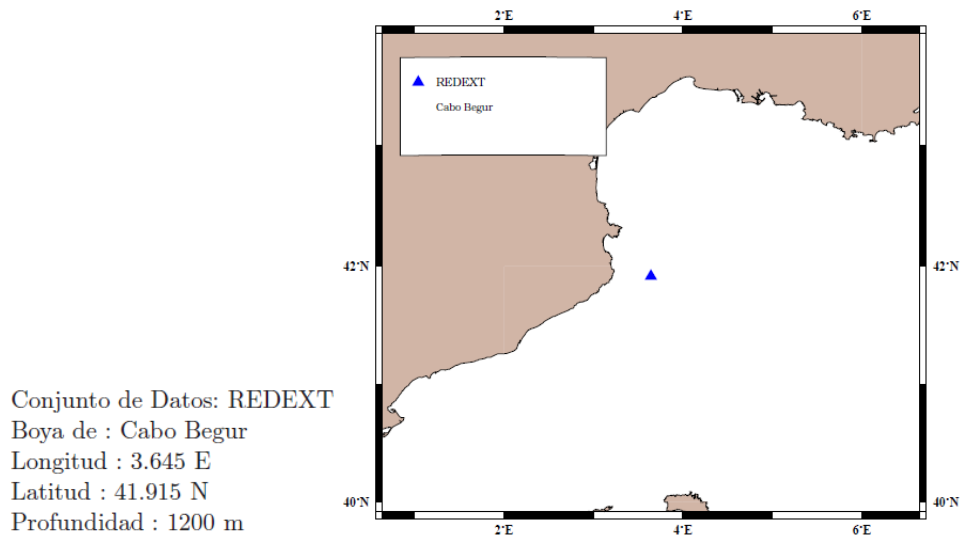


Figura 3: Localización de la boya de Cabo Begur.

* Red de Boyas Costeras *REDCOST*

El conjunto de datos REDCOS está formado por las medidas procedentes de la Red de Boyas Costeras de Puertos del Estado, red que amplía y actualiza la antigua red de boyas escalares REMRO. Las boyas de esta red se caracterizan por estar ubicadas en las proximidades de instalaciones portuarias, estando fondeadas a menos de 100m de profundidad. En la mayoría de casos, las medidas están perturbadas tanto por el perfil de la costa, como por los efectos del fondo sobre el oleaje.

○ Redes WANA

Estas redes predicen el oleaje a partir de datos de viento proporcionados por modelos de previsión meteorológica. Los campos de oleaje se generan utilizando un modelo numérico cuya resolución en el Mediterráneo es de 15 km. No obstante, los datos WANA no son datos de predicción sino datos de diagnóstico o análisis, datos simulados (tanto los campos de viento como de oleaje) y no proceden de medidas directas de la naturaleza. Para cada instante el modelo proporciona campos de viento y presión consistentes con la evolución anterior de los parámetros modelado y consistente con las observaciones realizadas.

La siguiente figura 4 muestra la localización del punto WANA más cercana a la zona de estudio del que se ha obtenido información.

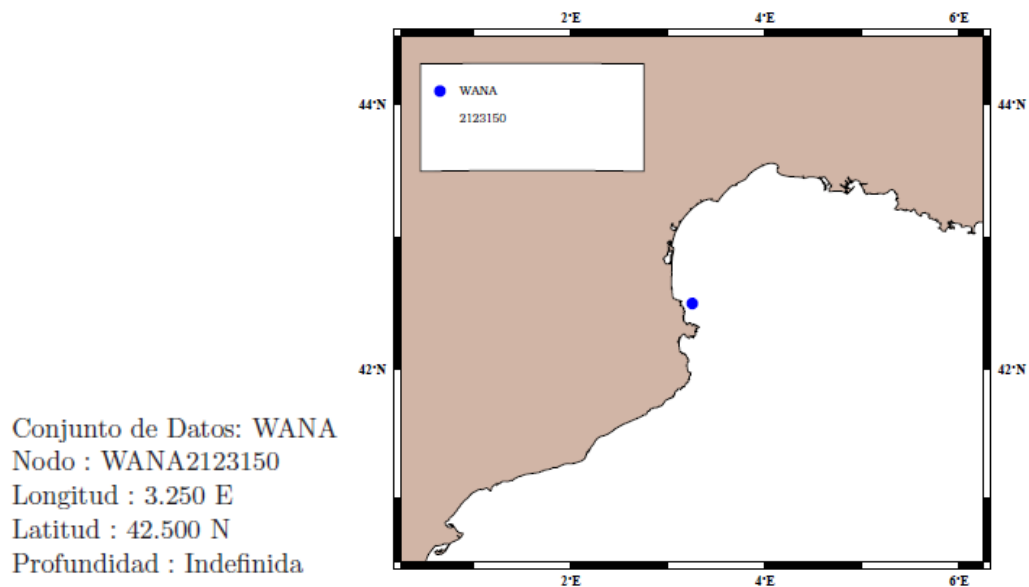


Figura 4: Localización del punto WANA.

En general, los datos de las boyas tienen mayor precisión en las observaciones obtenidas respecto a los datos WANA, los cuales están sujetos a limitaciones de los modelos climáticos como la fiabilidad de los datos de entrada (campos de viento generados a partir de previsiones meteorológicas) entre otros. Sin embargo los datos instrumentales presentan dos limitaciones principales, por un lado las boyas escalares no dan información direccional y por otro lado, tanto las boyas direccionales como escalares tienen problemas de continuidad en la toma de datos al existir vacíos en el tiempo de observación.

4. CLIMA MEDIO

4.1 INTRODUCCIÓN

El régimen medio se puede definir como el conjunto de estados de oleaje que pueden ocurrir en condiciones normales o que más probablemente podemos encontrar. Así pues, una correcta caracterización del régimen medio permite llevar a cabo estudios de la agitación interior y de afectación de la dinámica litoral que se darán en un puerto

y por tanto conocer las condiciones futuras de operatividad del mismo. Es un aspecto esencial conocer que tiempo promedio de inoperatividad sufrirá la bocana y/o muelle a lo largo del año.

Para el estudio de clima medio se han utilizado los datos de la boya direccional del cabo de Begur, que es la boya más al norte de la red de Puertos del Estado, todavía operativa y cuyas características se han explicado anteriormente. Los datos de los que se dispone corresponden al periodo comprendido entre Marzo 2001 y Febrero de 2014.

Un estudio previo del conjunto de datos disponibles, en los que evaluamos la frecuencia de aparición de distintos valores de alturas significantes de ola (H_m) y de los períodos pico (T_p) puede ofrecer una visión general de qué tipo de olas se dan en la zona de estudio. Las siguientes figuras muestran las distribuciones obtenidas.

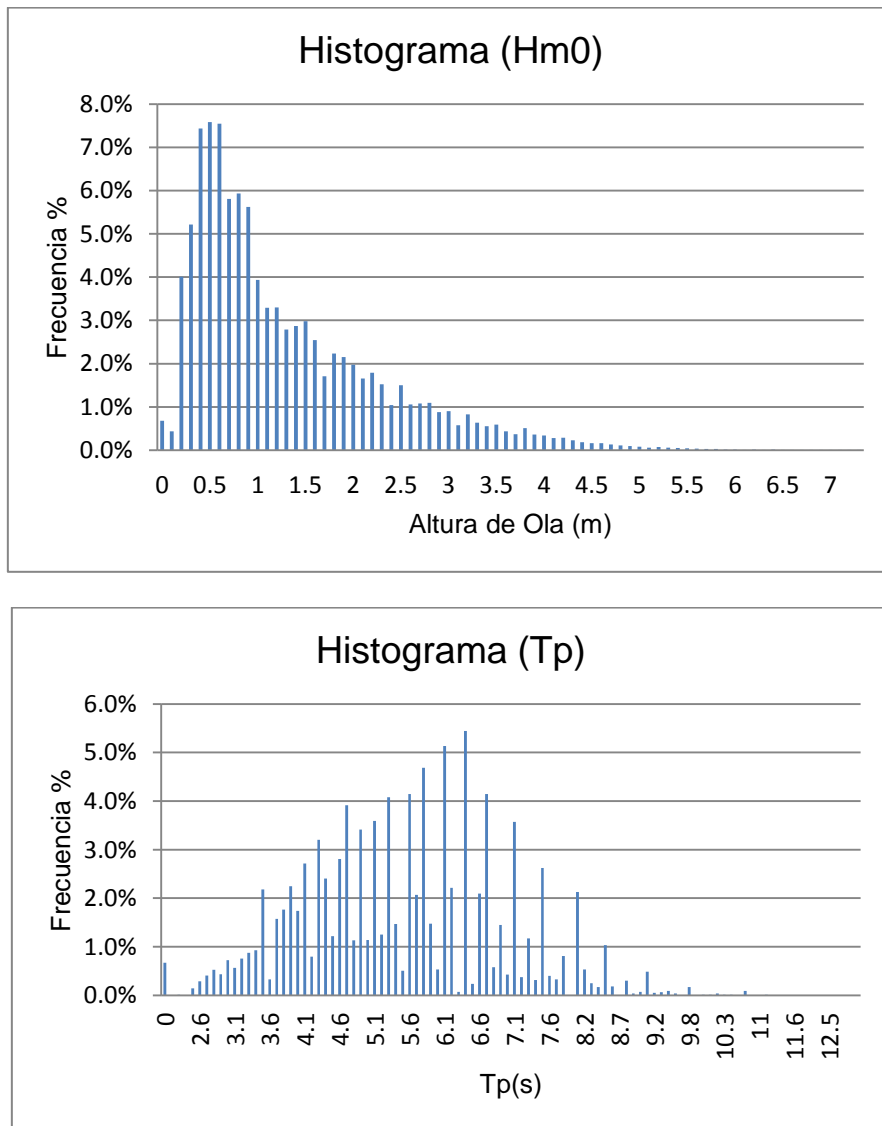


Figura 5: Histogramas de Altura de Ola (arriba) y periodo pico (abajo).

Se puede observar que las olas entre 0,4 y 0,6m de altura significativa son las más frecuentes durante los años estudiados y que el T_p de aproximadamente 6 segundo es el más común.

4.2 CLIMA MEDIO ESCALAR

En el régimen medio escalar se estudia la función de distribución estadística que define la probabilidad de excedencia de un determinado valor de la variable de altura significativa. Las funciones de distribución comúnmente más utilizadas son la lognormal, la exponencial y la weibull, sin embargo, no todas ellas explican de forma óptima y por igual todo el rango de probabilidades. Aquí, como es habitual se escoge la función de tipo weibull ya que presenta un buen ajuste en la parte central-alta y que tiene la siguiente forma.

$$F(H) = P(H \leq H^*) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{H^* - A}{B} \right)^C \right]$$

Dónde el parámetro A es el parámetro de localización que indica en el tiempo, el momento a partir del cual se genera la distribución (debe ser positivo); el parámetro B es el de escala e indica la escala de la distribución, es decir muestra que tan aguda o plana es la función y finalmente C es el parámetro de forma el cual determina la forma o perfil, de la distribución, la cual es función del valor de éste, suele estar comprendido entre 0.5 y 2.

Como se ha comentado, el objetivo es encontrar una distribución capaz de definir la probabilidad de no excedencia de cada altura significativa. Para ello se calcula la probabilidad acumulada del conjunto de datos que se muestra en la siguiente figura 6.

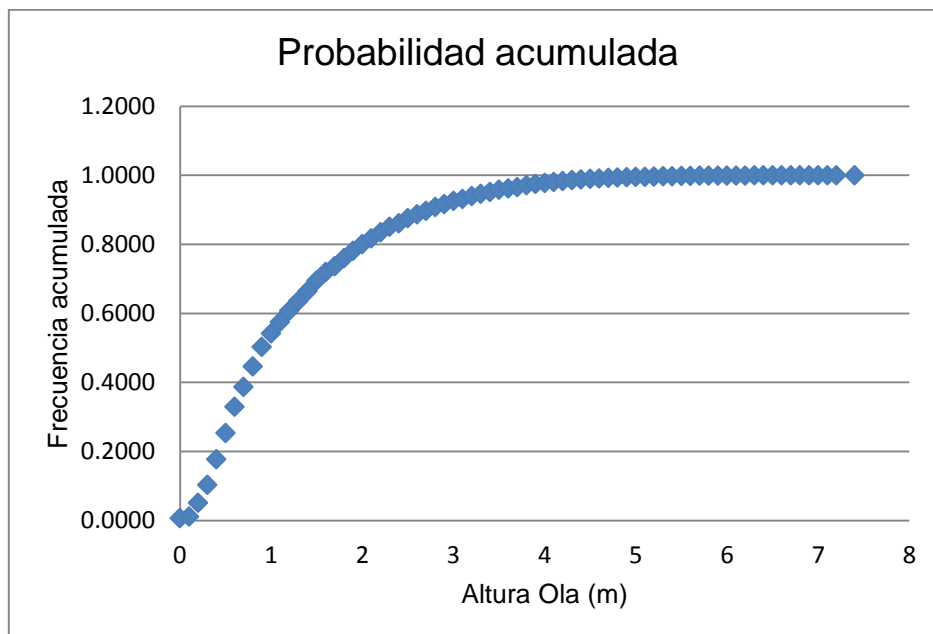


Figura 6: Distribución de probabilidad acumulada para Hm.

Existen diferentes maneras de calcular dichos parámetros como el método de los mínimos cuadrados (MC), de estimación de momentos, máxima verosimilitud, etc. El método gráfico a través del ajuste por mínimos cuadrados va a ser el empleado en este proyecto, ya que permite llegar a una ecuación lineal mediante una transformación logarítmica. Para facilitar el proceso se fija el parámetro de forma entre el rango normal de 0.5 y 2 que normalmente se encuentra. El procedimiento es el siguiente:

$$F(H) = P(H \leq H^*) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{H^* - A}{B}\right)^C\right]$$

$$y_r = \frac{H - A}{B} \rightarrow H = B \cdot y_r + A \text{ (Ec. línea recta)}$$

$$F(H) = P(H \leq H^*) = 1 - \exp[-(y_r)^C] \rightarrow y_r = [-\ln(1 - p)]^{1/c}$$

Donde

p: probabilidad de no excedencia, para cada altura significativa de ola.

C: Parámetro de Weibull, que fijamos en 0.97 (0.5-2)

Obtenemos la ecuación de la recta mostrada en la figura 7 que desprende los valores de los parámetros mostrados en la siguiente tabla.

A	B	C
0.7928	0.728	0.97

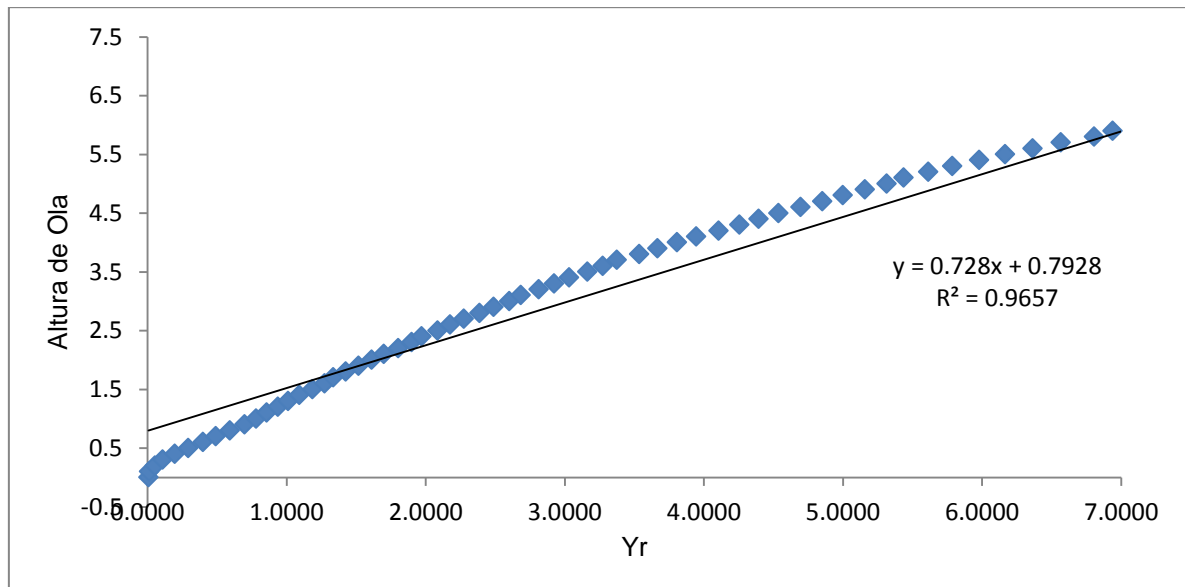


Figura 7: Aproximación lineal y obtención de los parámetros A y B.

Una vez obtenidos A y B ya se puede obtener la relación entre la probabilidad de no excedencia (función Weibull) y la altura significativa de ola, que se muestra en la figura 8 con un ajuste razonable sobre todo para la zona alta. Se observa que la función Weibull sólo queda definida para valores de H mayores que el parámetro A, por lo que empieza a partir de alturas de ola de 0,80m.

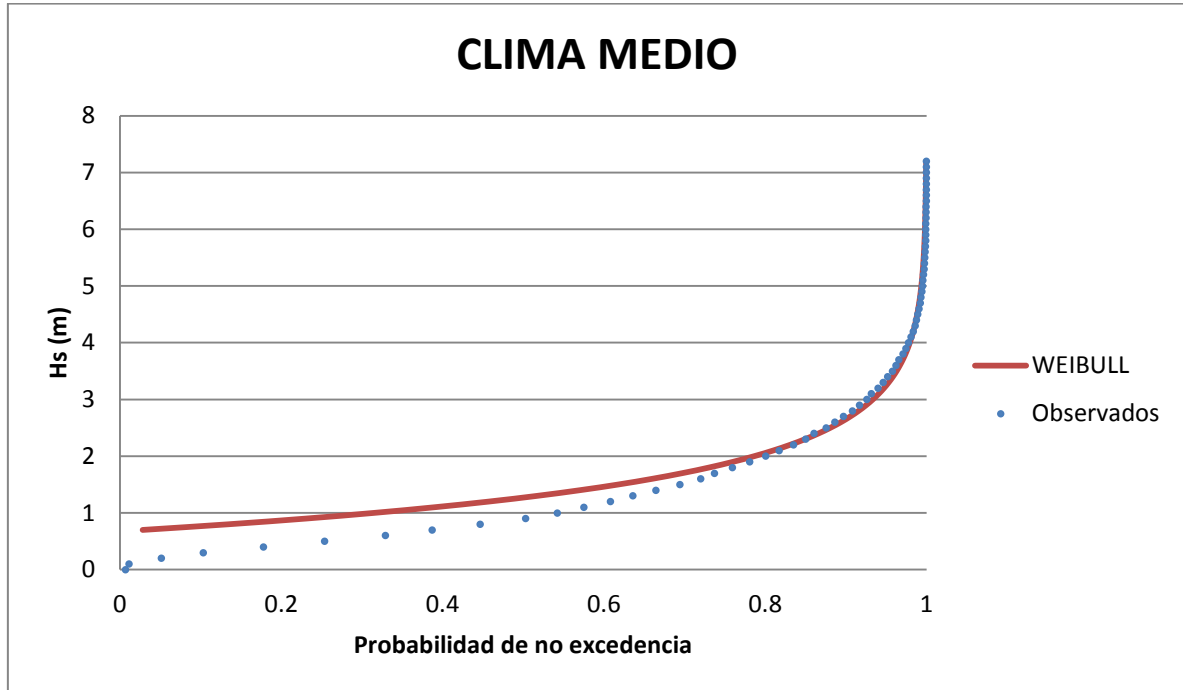


Figura 8: Función de Weibull.

4.3 CLIMA MEDIO DIRECCIONAL

La información direccional permite estimar la operatividad del puerto de una forma más concreta, ya que se incorporan las direcciones predominantes del oleaje en la zona de estudio. Éstas se dividen en sectores de 22.5° (16 direcciones).

La manera de representar el oleaje existente en la zona de estudio de acuerdo a las dos fuentes de información (boya y punto WANA) teniendo en cuenta su direccionalidad es mediante las rosas de oleaje (Figuras 9 y 10). En una rosa el ancho de cada elemento indica la altura de ola, mientras que su longitud indica la frecuencia con la que aparece. Se puede obtener por tanto, una idea del tipo de oleaje existente (intensidad y frecuencia de aparición) en la zona; en ambos casos los sectores N y NNW parecen ser tanto las direcciones predominantes de oleaje como las que representa la altura de ola significativa mayor.

Estas rosas de oleaje han sido obtenidas del banco de datos oceanográficos de puertos del estado y corresponden al periodo de marzo 2001 hasta septiembre de 2013 en el caso de los datos del Cao de Begur y de enero 1996 hasta octubre 2013 para el punto WANA situado frente a la bahía de Cerbère.

BOYA DE CABO BEGUR

ROSAS DE OLEAJE ANUAL

ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : Cabo Begur

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Mar. 2001 - Sep. 2013

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 5.24 %

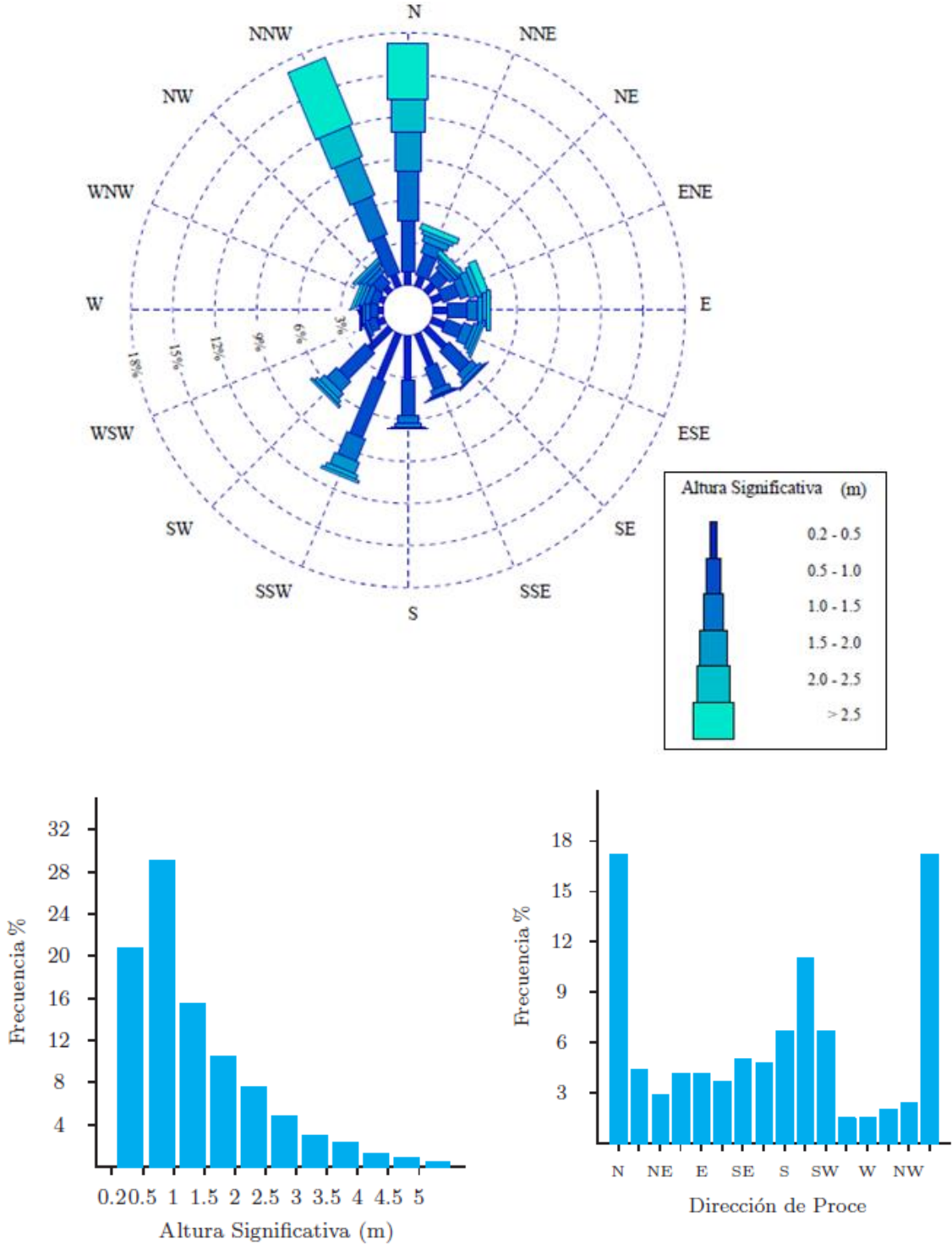


Figura 9: Direcciones más significativas del oleaje para la zona de proyecto

NODO WANA2123150

ROSAS DE OLEAJE ANUAL
 ROSA DE ALTURA SIGNIFICATIVA

LUGAR : WANA2123150

PERIODO : Anual

CRITERIO DE DIRECCIONES: Procedencia

SERIE ANALIZADA : Ene. 1996 - Oct. 2013

INTERVALO DE CALMAS : 0 - 0.2

PORCENTAJE DE CALMAS : 12.85 %

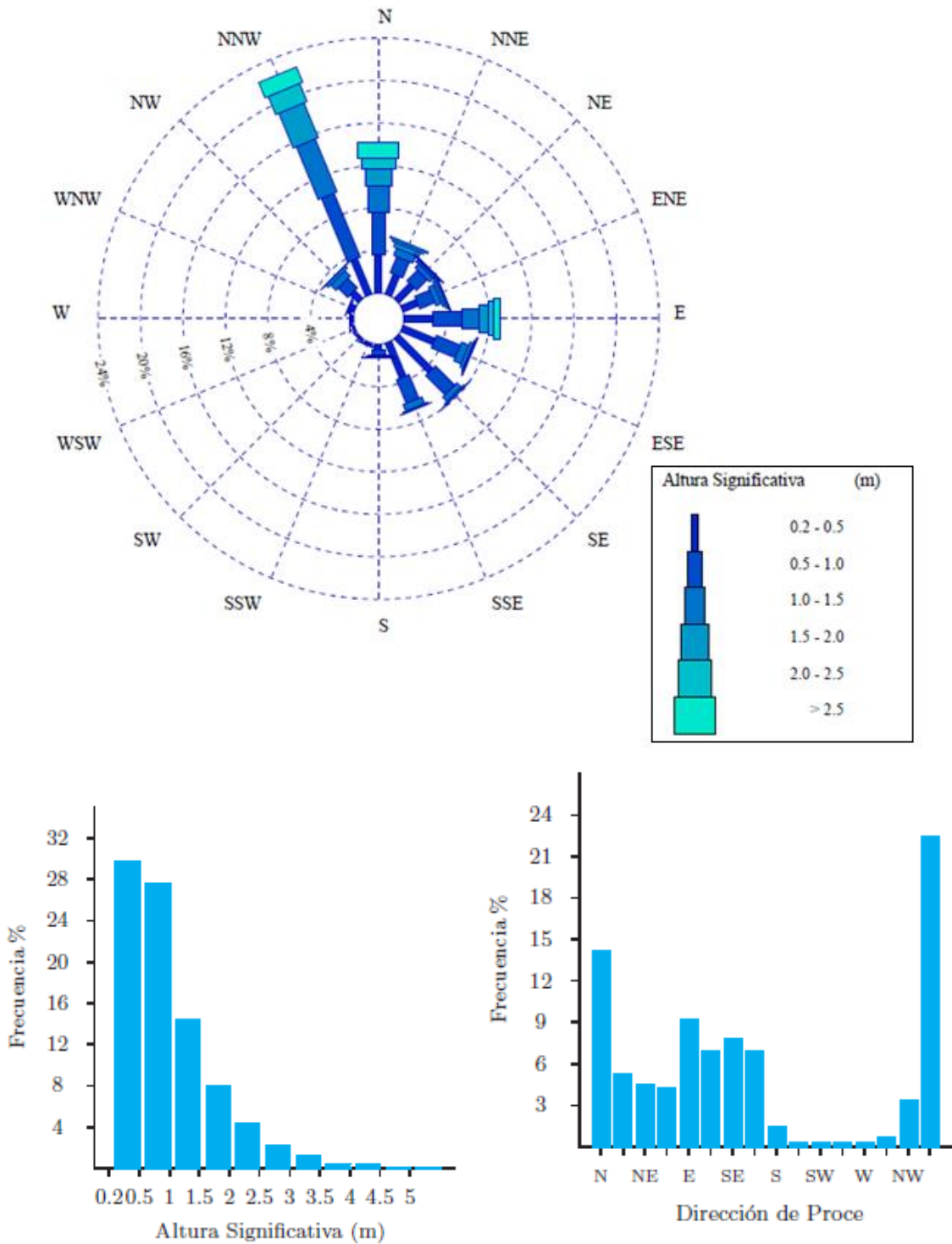


Figura 10: Direcciones más significativas del oleaje para la zona de proyecto

La forma de proceder es la misma que en el clima medio escalar, sin embargo ahora el análisis se realiza para cada sector, Es decir, se calculan las probabilidades de no excedencia de cada sector. Dicho estudio se realiza para las direcciones de oleaje que son predominantes y que por la configuración local (Figura 11) pueden afectar a la bahía de Cerbère, se descartan aquellas direcciones cuyo oleaje no tiene tendencia a llegar al puerto. Se determina realizar el estudio en las siguientes direcciones que abarcan los sectores: N(337,5°-22,5°), NE(22,5°-67,5°), E(67,5°-112,5°) y SE(112,5°-157,5°).

Hs	N (26868)	NE (5151)	E (6391)	SE (7586)
0	0.00	0.01	0.01	0.01
0.5	0.06	0.24	0.26	0.44
1	0.25	0.55	0.58	0.80
1.5	0.43	0.70	0.73	0.92
2	0.60	0.80	0.85	0.97
2.5	0.74	0.87	0.92	0.99
3	0.84	0.91	0.96	0.99
3.5	0.91	0.94	0.98	0.99
4	0.95	0.96	0.99	0.99
4.5	0.98	0.98	0.99	0.99
5	0.99	0.98	0.99	0.99
5.5	0.99	0.99	0.99	0.99
6	0.99	0.99	0.99	0.99
6.5	0.99	0.99	0.99	0.99
7	0.99	0.99	0.99	0.99
7.5	0.99	0.99	0.99	0.99

Tabla 1: Probabilidades acumuladas para las diferentes clases.

Una vez obtenida la probabilidad de no excedencia de cada sector se procede a obtener la función de distribución capaz de definirla para cada altura significativa; este procedimiento que se realiza con un ajuste por mínimos cuadrados.

De igual manera que para clima medio, se asigna un valor al parámetro C (C=1) de la función de Weibull y poder calcular la variable yr, que depende de dicho parámetro y de las probabilidades de no excedencia (tabla anterior). Una vez se realiza el ajuste por mínimos cuadrados se obtienen los parámetros restantes de la función de Weibull, es decir A y B. Las soluciones obtenidas se presentan a continuación:

	N	NE	E	SE
A	0.7601	0.0874	0.2955	0.1171
B	1.0105	1.1895	0.7979	0.522

Tabla 2: Parámetros de Weibull con C=1.



Figura 11: Vista en planta de la Bahía de Cerbère (arriba).

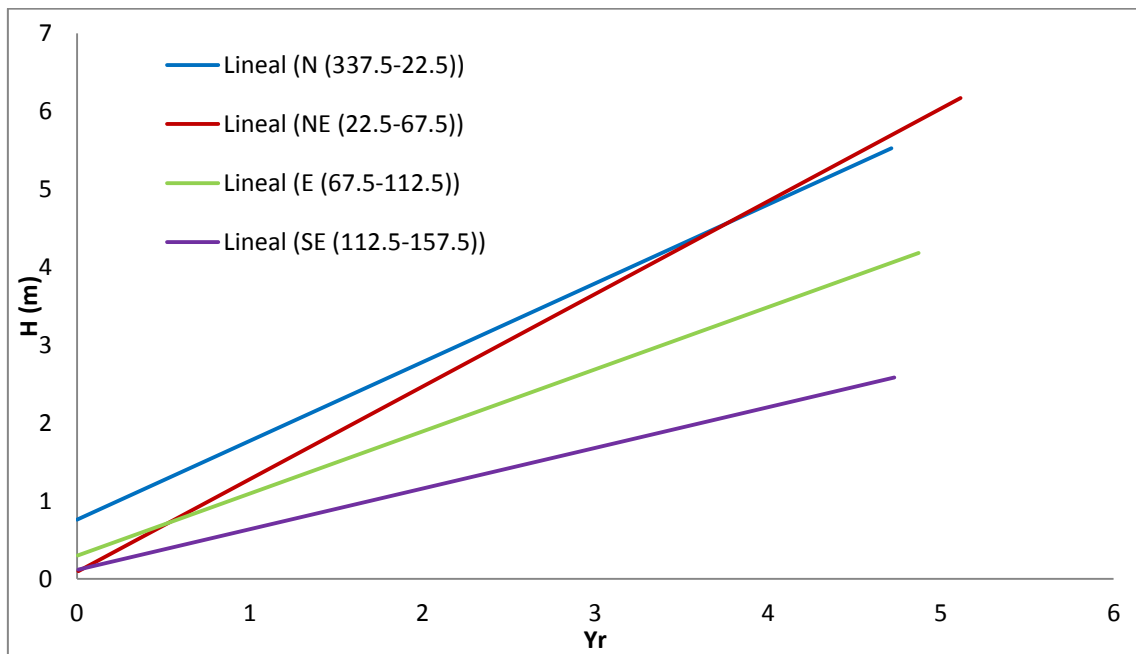


Figura 12: Ajuste Weibull biparamétrica en clima medio direccional.

Con los parámetros para los diferentes sectores definidos es posible calcular las probabilidades de no excedencia siguiendo la función de Weibull. Estas probabilidades serán probabilidades condicionadas que tendrán en cuenta si el oleaje procede de una dirección u otra; las probabilidades absolutas se obtendrán multiplicando por la probabilidad de que el oleaje venga del sector en cuestión (Tabla 3).

$$P(H_i < H; \text{sector}) = P(H_i < H / \text{sector}) \cdot P(\text{sector})$$

Hs (m)	N	NE	E	SE
<= 0.5	1.806	1.49	1.723	2.877
1	6.548	2.592	2.691	3.264
1.5	6.429	1.173	1.273	1.284
2	5.711	0.731	0.968	0.557
2.5	4.683	0.455	0.648	0.336
3	3.537	0.301	0.336	0.095
3.50	2.327	0.15	0.217	0.051
4	1.62	0.126	0.103	0.028
4.5	0.889	0.068	0.04	0.008
5	0.522	0.028	0.044	0.008
>5.0	0.308	0.075	0.075	0.004
Total	34.38	7.189	8.118	8.512

Tabla 2: Probabilidad de procedencia (en %) según altura significativa y sector.

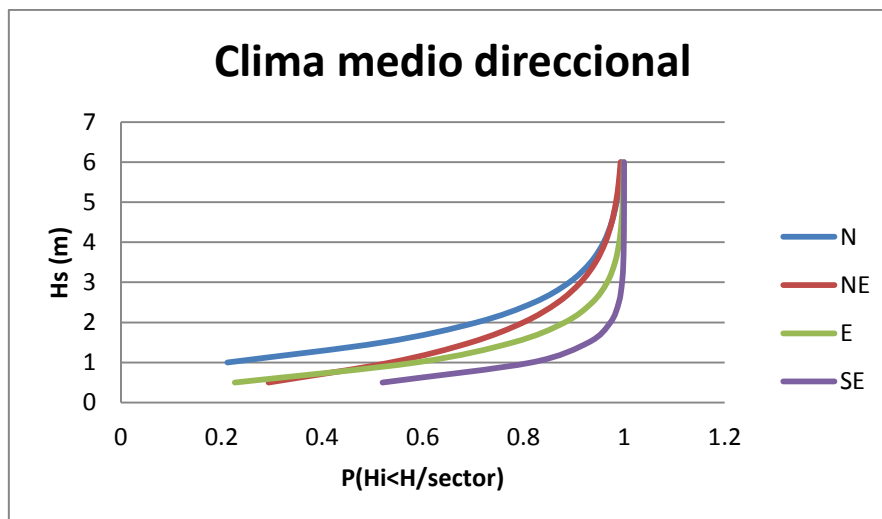


Figura 13: Funciones de Weibull para cada sector, probabilidad de no excedencia condicionada.

5. VIDA ÚTIL MÍNIMA Y PERÍODO DE RETORNO DEL TEMPORAL

5.3 INTRODUCCIÓN

Una vez estudiado el régimen medio del oleaje existente en el área de estudio, la siguiente parte de este anejo se centra en el estudio de clima marítimo extremal. Éste, que caracteriza el oleaje en condiciones de temporal extremo es esencial de cara al dimensionamiento de las obras de abrigo y va asociado a un cierto período de retorno que a su vez depende de la vida útil y del riesgo máximo admisible al que podrá ser sometida la estructura.

Durante la vida útil de la estructura en que ésta estará operativa, las condiciones de fiabilidad y funcionalidad deberán estar garantizadas. Para ello es necesario conocer factores como el indicador de repercusión económica (IRE) y el de carácter social-ambiental (ISA) que quedan definidos en la ROM 0.0 y que se explican a continuación.

* IRE: Índice de Repercusión Económica

Valora cuantitativamente la repercusión económica por reconstrucción de la obra (C_{RD}) y por cese o afectación de actividades económicas directamente relacionadas con ella (C_{RI}); esperables en caso de producirse la destrucción o pérdida de operatividad total de la misma.

Se calcula mediante la expresión:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_o} \quad \text{donde} \quad \frac{C_{RI}}{C_o} = C * (A + B)$$

C_o : Coeficiente de adimensionalización. En España éste se puede aproximar a 3M€, teniendo en cuenta la estructura económica y el nivel de desarrollo del país.

A: Ámbito del sistema productivo al que sirve la obra marítima según si es Local (1), Regional (2) o Nacional/Internacional (5).

En el caso de estudio: Local A=1

B: Importancia estratégica del sistema económico y productivo al que sirve la obra, según si es Irrelevante (0), Relevante (2) o Esencial (5).

En el caso de estudio: Relevante B=2

C: Importancia de la obra en el sistema económico y productivo al que sirve, según si es Irrelevante (0), Relevante (1) o Esencial (2).

En el caso de estudio: Relevante C=1

Para estimar el valor del coeficiente que evalúa la repercusión económica que supone la reconstrucción de la obra (C_{RD}), se considera la inversión inicial actualizada al año en que acabará la vida útil del proyecto como el valor aproximado de 3M€.

Por tanto con la definición de los parámetros anteriores y según la clasificación de obras marítimas incluida en el apartado 2.8.1.7 de la ROM 0.0 en el que se dividen en tres grandes grupos según el Índice de Repercusión Económica:

$IRE \leq 5$ para obras con repercusión económica baja

$5 < IRE \leq 20$ obras con repercusión económica media

$IRE \geq 20$ para obras con repercusión económica alta

$$\frac{C_{RI}}{C_o} = 1 * (1 + 2) = 3 \rightarrow IRE = \frac{3}{3} + 3 = 4M€$$

La obra que ocupa a este estudio es de repercusión económica baja.

* ISA: Índice de Repercusión Social y Ambiental

Estima cualitativamente el impacto ambiental y social esperable en el caso de producirse la destrucción o pérdida de operatividad total de la obra marítima y que valora la pérdida de vidas humanas (ISA_1), daños en el medio ambiente (ISA_2) y de alarma social (ISA_3).

$$ISA = ISA_1 + ISA_2 + ISA_3$$

Cada subíndice se puede evaluar de la siguiente manera:

ISA_1 : Subíndice de posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas según es Remoto (0), Bajo (3) o Alto (10) o catastrófico (20). En la zona de estudio se considera que el riesgo ante pérdidas de vidas humanas es bajo (3).

ISA_2 : Posibilidad, persistencia y alcance de los daños sobre el medio ambiente o el patrimonio histórico-cultural según: remoto (0), bajo (2), medio (4), alto (8) o muy alto (15). Se considera un nivel bajo (2) ya que podría existir un cierto impacto ambiental en la bahía.

ISA_3 : Intensidad de alarma social generada: bajo (0), medio (5), alto (10) y máximo (15). Se considera que podría causar cierto nivel de alarma para la sociedad, aunque se limita bastante exclusivamente a la población residente en la zona y por tanto se evalúa como medio (5).

Según la clasificación incluida en la normativa:

$ISA < 5$ para obras sin repercusión social y ambiental significativa

$5 \leq ISA < 20$ para obras con repercusión ambiental baja

$20 \leq ISA < 30$ obras con repercusión social y ambiental alta

$ISA > 30$ obras con repercusión social y ambiental muy alta

$$ISA = ISA_1 + ISA_2 + ISA_3 = 3 + 2 + 5 = 10$$

Por lo que de acuerdo con las características de la obra se obtiene un índice que indica un grado de repercusión social y ambiental que no se debe ignorar ya que queda descrito en un nivel bajo pero que es significativo.

5.4 VIDA ÚTIL MÍNIMA

Con los datos obtenidos en el apartado anterior y según la clasificación que incluye la ROM 02-90 en la tabla 2.2.1.1.

TABLA 2.2.1.1. VIDAS ÚTILES MÍNIMAS PARA OBRAS O INSTALACIONES DE CARÁCTER DEFINITIVO (en años)			
TIPO DE OBRA O INSTALACIÓN	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDO		
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL	25	50	100
DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO	15	25	50

LEYENDA:

INFRAESTRUCTURA DE CARÁCTER GENERAL:
Obras de carácter general; no ligadas a la explotación de una instalación industrial o de un yacimiento concreto.

DE CARÁCTER INDUSTRIAL ESPECÍFICO:
Obras al servicio de una instalación industrial concreta o ligadas a la explotación de recursos o yacimientos de naturaleza transitoria (por ejemplo, puerto de servicio de una industria, cargadero de mineral afecto a un yacimiento concreto, plataforma de extracción de petróleo,...).

NIVEL 1:
Obras e instalaciones de interés local o auxiliares.
Pequeño riesgo de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Obras de defensa y regeneración de costas, obras en puertos menores deportivos, emisarios locales, pavimentos, instalaciones para manejo y manipulación de mercancías, edificaciones,...).

NIVEL 2:
Obras e instalaciones de interés general.
Riesgo moderado de pérdidas de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Obras en grandes puertos, emisarios de grandes ciudades, ...).

NIVEL 3:
Obras e instalaciones de protección contra inundaciones o de carácter supranacional. Riesgo elevado de pérdidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
(Defensa de núcleos urbanos o bienes industriales, ...).

Tabla 1: Vidas útiles para obras o instalaciones de carácter definitivo

La obra aquí estudiada es de carácter general y requiere un nivel de seguridad 1 ya que se trata de una obra en un puerto deportivo pequeño, por lo tanto la vida útil mínima será de **25 años**.

5.5 RIESGO MÁXIMO ADMISIBLE

El riesgo máximo admisible se determina siguiendo la tabla 3.2.3.1.2 incluida en la normativa ROM 02-90, que es la siguiente:

TABLA 3.2.3.1.2. RIESGOS MÁXIMOS ADMISIBLES PARA LA DETERMINACIÓN, A PARTIR DE DATOS ESTADÍSTICOS, DE VALORES CARACTERÍSTICOS DE CARGAS VARIABLES PARA FASE DE SERVICIO Y CONDICIONES EXTREMAS			
a) RIESGO DE INICIACIÓN DE AVERÍAS			
		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Indice $r = \frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,50	0,30
	MEDIA	0,30	0,20
	ALTA	0,25	0,15
b) RIESGO DE DESTRUCCIÓN TOTAL			
		POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS	
		REDUCIDA	ESPERABLE
REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA. Indice $r = \frac{\text{Coste de pérdidas}}{\text{Inversión}}$	BAJA	0,20	0,15
	MEDIA	0,15	0,10
	ALTA	0,10	0,05
<p>Se adoptará como riesgo máximo admisible el de iniciación de averías o el de destrucción total según las características de deformabilidad y de posibilidad o facilidad de reparación de la estructura resistente.</p> <p>Para obras rígidas o de rotura frágil sin posibilidad de reparación se adoptará el riesgo de destrucción total.</p> <p>Para obras flexibles, semirrígidas o de rotura en general reparable (daños menores que un nivel prefijado función del tipo estructural) se adoptará el riesgo de iniciación de averías.</p> <p>En este tipo de obras podrá adoptarse también el riesgo de destrucción total, definiendo para cada tipo estructural el nivel de daños aceptado como de destrucción total. La acción resultante se considerará como accidental.</p>			
LEYENDA:			
<ul style="list-style-type: none"> ■ POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS HUMANAS <ul style="list-style-type: none"> — Reducida: Cuando no es esperable que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños. — Esperable: Cuando es previsible que se produzcan pérdidas humanas en caso de rotura o daños. ■ REPERCUSIÓN ECONÓMICA EN CASO DE INUTILIZACIÓN DE LA OBRA $\text{Indice } r = \frac{\text{Coste de pérdidas directas e indirectas}}{\text{Inversión}}$ <ul style="list-style-type: none"> — BAJA: $r \leq 5$ — MEDIA: $5 < r \leq 20$ — ALTA: $r > 20$ 			

Tabla 2: Riesgos máximos admisibles

Según el tipo de estructura que se va a proyectar se debe considerar un nivel máximo de riesgo admisible u otro. En el caso del dimensionamiento de un dique en Talud, se adoptaría el apartado a en el que se evalúa el riesgo de iniciación de averías ya que la obra no es totalmente rígida y podría darse el caso de una rotura parcial o localizada. En el caso de dique Vertical el apartado b es el correcto ya que ante el fallo de la estructura existe riesgo de destrucción total al ser una obra rígida o de rotura frágil sin posibilidad de reparación.

En ambos caso se considera una posibilidad reducida de pérdidas de vidas humanas y una repercusión económica baja en caso de inutilización de la obra.

Con estos criterios se obtiene:

Estructura	Riesgo Máximo Admisible
Dique Vertical	0.20
Dique en Talud	0.50

Tabla 3: Valores de riesgo máx. admisible según tipología del dique

5.6 PERIODO DE RETORNO DEL TEMPORAL

La estimación del período de retorno tiene como objeto determinar las solicitaciones de oleaje a las que se va a someter la obra marítima según factores como el tipo de estructura, vida útil y el riesgo de la obra proyectada. La formulación que se utiliza es la fórmula de Leo Borgmann y es la siguiente:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n \rightarrow T_R = \frac{1}{1 - (1 - E)^{1/n}}$$

Donde E representa al riesgo, n la vida útil y T_R el período de retorno del temporal. Anteriormente se ha definido $n=25$ años, E (0.20 o 0.50) en función del tipo de dique a dimensionar, obteniendo así los siguientes períodos de retorno.

Estructura	T_R
Dique Vertical	36.6 ~ 37 años
Dique en Talud	112.5 ~ 113 años

Tabla 4: Períodos de retorno obtenidos

6. CLIMA EXTREMAL

El clima marítimo extremal se puede definir como la función de distribución de los valores extremos de la variable altura de ola. Éste relaciona los valores máximos de la altura de ola con la probabilidad de que dichos valores no sean superados en un año y es fundamental de cara a encontrar las cargas que deberán resistir las estructuras de protección del puerto y por tanto para su dimensionamiento.

Para emplear la normativa incluida en a ROM 03/91, el primer paso es situar la zona de estudio de acuerdo a la Tabla 2.2.1 de zonificación del litoral español a efectos de caracterización del clima marítimo. En la figura 13 se localiza la zona del litoral catalán en el área VIII en la que se considera queda incluida la zona de estudio de éste proyecto.

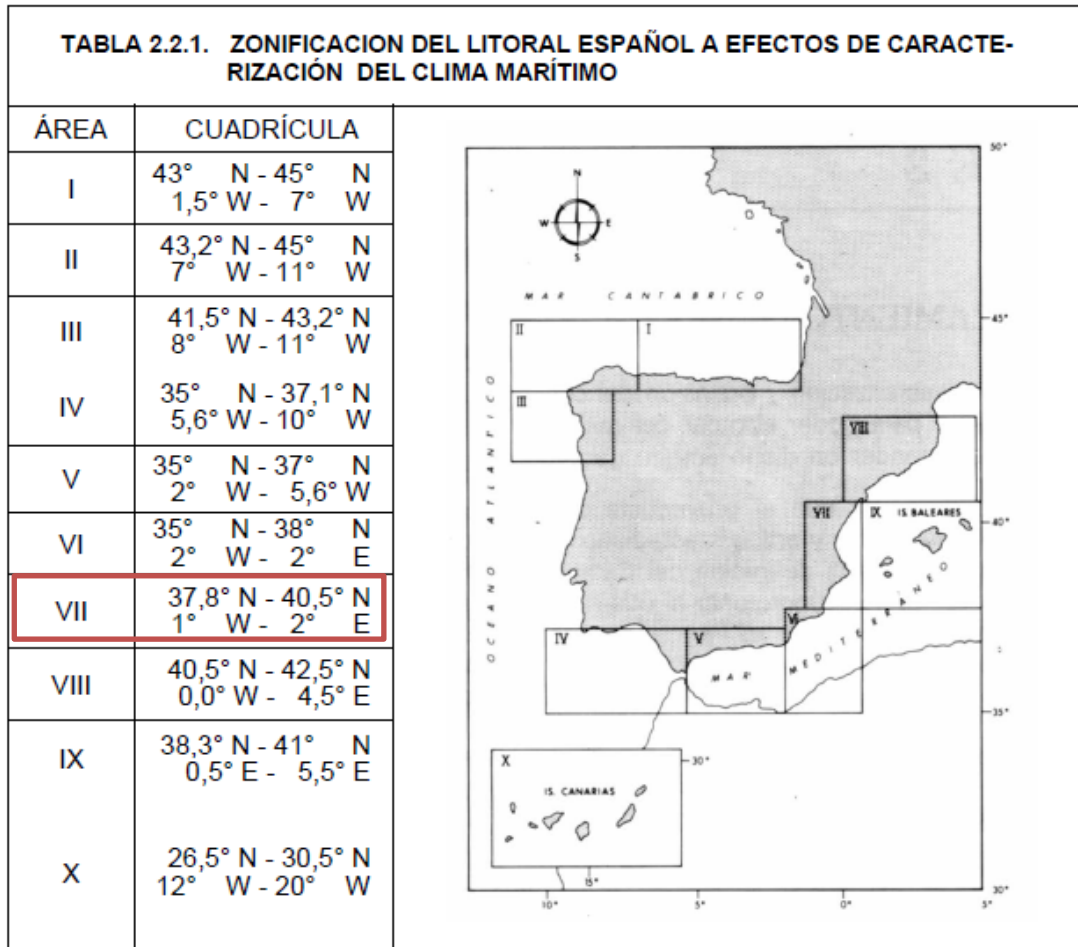


Figura 12: Zonificación del litoral español.

Para la obtención del régimen extremal a partir de la boya escalar de Palamòs el primer paso es obtener la altura de ola significativa en la boya. Dicha altura se determina en el gráfico D correspondiente al área VIII que relaciona la altura de ola significativa y el periodo de retorno (calculado en el apartado anterior).

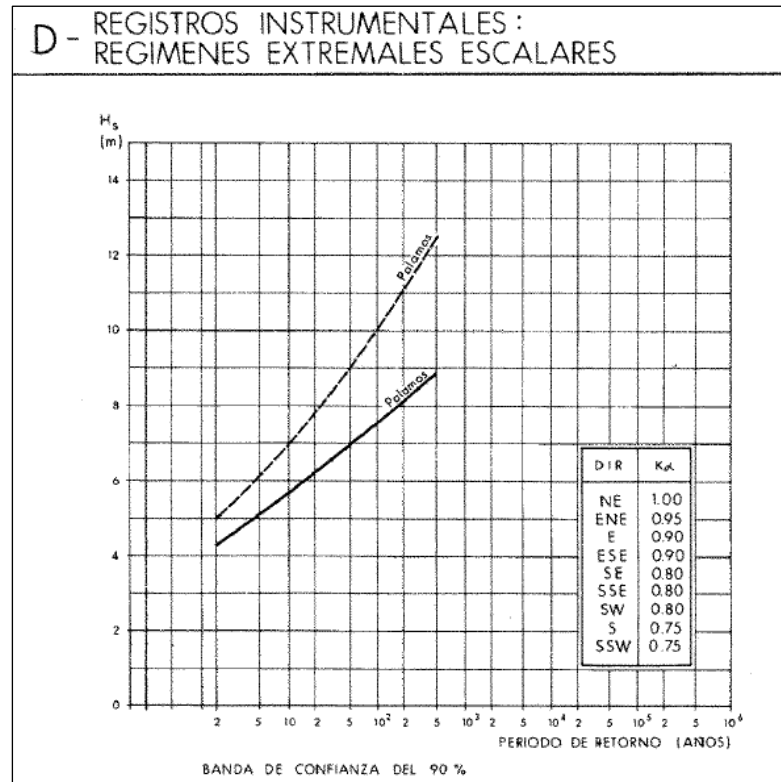


Figura 13: Gráfico correspondiente al área VIII. Fuente: ROM 03-91.

Si entramos en el gráfico con los periodos de 37 y 117 años obtenemos aproximadamente los valores de 6.5 y 7.8m de altura significativa en la boya respectivamente (tabla 5). A continuación debemos calcular el período del oleaje en temporales (T_p periodo de punta – T_m periodo medio) a partir de la correlación con la altura de ola, para eso utilizaremos la tabla 6.

Estructura	T_R	$H_{S b}$ (m)
Dique Vertical	37 años	7.8
Dique en Talud	113 años	6.5

Tabla 5: Altura de ola significativa en boya según tipo de estructura

**E - REGISTROS INSTRUMENTALES :
 CORRELACIONES
 ALTURA DE OLA / PERIODO EN TEMPORALES**

BOYA	$P = H_s / L\bar{T} = \frac{2\pi H_s}{g\bar{T}^2}$	T_p / \bar{T}	RELACION FINAL $\frac{H_s \text{ (m)}}{T_p \text{ (s)}}$	VALORES DE DISEÑO	
				H_s (m)	T_p (s)
ROSAS + PALAMOS	0.03 ~ 0.04	≈ 1.15	$T_p = (4.6 \sim 5.3)\sqrt{H_s}$	4	9 ~ 10.5
				6	11 ~ 13
				8	13 ~ 15
				10	14.5 ~ 16.5

Tabla 6: Cuadro E del área VIII. Fuente: ROM 03-91

Se observa que la relación entre T_p / T es de aproximadamente 1,15 por lo que según la altura de ola obtenida:

- Dique Vertical – $H_s = 7.8m$ -- T_p (13-15)s

$$\left. \begin{array}{l} T_p = 13s \rightarrow T = 11.30s \\ T_p = 15s \rightarrow T = 13.04s \end{array} \right\} T_{medio} = 12.2s$$

- Dique en talud – $H_s = 6.5m$ -- T_p (11-13)s

$$\left. \begin{array}{l} T_p = 11s \rightarrow T = 9.56s \\ T_p = 13s \rightarrow T = 11.30s \end{array} \right\} T_{medio} = 10.4s$$

Una vez obtenida la altura de ola significativa en la boya se debe proceder a la obtención la altura de ola en profundidades indefinidas H_{SO} , éste paso se denomina “propagación inversa” y para hacerlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$H_{SO} = H_{sboya} \times \frac{K_{\alpha}}{K_{Ro}}$$

Siendo

H_{SO} : Altura de ola significativa en aguas profundas asociada a un periodo de retorno, para una dirección determinada.

H_{sboya} : Altura de ola significativa asociada a un periodo de retorno obtenida del régimen extremal escalar instrumental.

K_{α} : Coeficiente de reparto direccional para la dirección considerada. Se obtiene del anterior gráfico D.

K_{Ro} : Coeficiente de refracción-shoaling en el punto de medida para la dirección considerada y el periodo establecido asociado a dicha altura de ola. Se obtiene de la siguiente tabla:

TABLA 2.7.1. COEFICIENTES DE REFRACCIÓN-SHOALING (K_R) CORRESPONDIENTES A PROPAGACIONES DE OLEAJES DESDE AGUAS PROFUNDAS HASTA EL EMPLAZAMIENTO DE LOS PUNTOS DE MEDIDA ANALIZADOS

ÁREA	PUNTO DE MEDIDA	DIR $T(s)$	7	9	11	13	15	17	19
VIII	PALAMOS	NE	1,00	1,00	0,98	0,94	—	—	—
		ENE	1,00	1,00	0,98	0,95	—	—	—
		E	1,00	1,00	0,99	0,96	—	—	—
		ESE	1,00	1,00	0,99	0,97	—	—	—
		SE	1,00	1,00	0,99	0,97	—	—	—
		SSE	1,00	1,00	0,99	0,97	—	—	—
		S	1,00	1,00	0,98	0,96	—	—	—
		SSW	1,00	1,00	0,99	0,96	—	—	—
		SW	1,00	1,00	0,99	0,95	—	—	—

Tabla 7: Coeficientes de refracción de la boya de Palamós. Fuente: ROM 03-91

Por lo tanto los valores para éste caso de estudio son los siguientes:

DIR	K_{α}	K_{Ro}
NE	1.00	0.94
ENE	0.95	0.95
E	0.90	0.96
ESE	0.90	0.97
SE	0.80	0.97
SSE	0.80	0.97
S	0.80	0.96
SSW	0.75	0.96
SW	0.75	0.95

Tabla 8: Coeficientes de direccionalidad y refracción

Empleando la fórmula anterior y los coeficientes de la tabla 8 obtenemos la altura de ola en aguas profundas para las direcciones de interés y según el tipo de estructura, llegando a la altura de ola más desfavorable para cada situación.

	K_{α}	K_{Ro}	Dique Vertical ($H_{sboya} = 7.8m$)	Dique Talud ($H_{sboya} = 6.5m$)
NE	1	0.94	8.30	6.91
ENE	0.95	0.95	7.80	6.50
E	0.9	0.96	7.31	6.09
ESE	0.9	0.97	7.24	6.03
SE	0.8	0.97	6.43	5.36
SSE	0.8	0.97	6.43	5.36
S	0.8	0.96	6.50	5.42
SSW	0.75	0.96	6.09	5.08
SW	0.75	0.95	6.16	5.13

Tabla 9: Resumen del oleaje extremal direccional para dique vertical



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 4: MERCADO NAÚTICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. FACTORES QUE AFECTAN A LA OFERTA Y A LA DEMANDA.....	3
3.1 FACTORES CUALITATIVOS.....	3
3.2 FACTORES CUANTITATIVOS.....	4
4. ANÁLISIS DEL MERCADO NÁUTICO	4
4.3 INTRODUCCIÓN.....	4
4.4 SITUACIÓN ACTUAL.....	4
4.5 PREVISIÓN FUTURA.....	7
5. DIMENSIONAMIENTO PREELIMINAR DE LA FLOTA DEL PUERTO.....	9
5.1 NÚMERO Y TIPOLOGÍA DE AMARRES	9

1. INTRODUCCIÓN

De cara al dimensionamiento del nuevo puerto deportivo de Cerbère es fundamental conocer el número de embarcaciones a las que dará cabida la instalación, ya que será el dato de partida para la distribución de las dársenas, edificaciones pertinentes e incluso para realizar el estudio de viabilidad económico-financiero.

En primer lugar se realizará un estudio de la situación actual de la oferta de amarres en la zona y teniendo en cuenta un previsión de crecimiento para el futuro cercano se procederá a la distribución preliminar de las embarcaciones en el puerto.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es el estudio de mercado náutico en la zona de los Pirineos Orientales, tanto en la situación presente como futura, con el fin de determinar el nivel de servicio que debe ofrecer el Puerto Deportivo de Cerbère. Estos datos servirán de guía en el dimensionamiento de las instalaciones portuarias.

3. FACTORES QUE AFECTAN A LA OFERTA Y A LA DEMANDA

Existen múltiples factores que pueden afectar de una manera u otra tanto a la oferta como a la demanda náutica; de carácter físico y geográfico como el clima marítimo o la batimetría, otros de carácter económico como el nivel de renta de los habitantes o el turismo en la zona y otros de carácter sociocultural difícilmente cuantificables como la tradición marítima, la afición a los deportes náuticos etc. Sin embargo, en general dicho factores pueden ser clasificados en dos tipos. Los cualitativos y los cuantitativos.

3.1 FACTORES CUALITATIVOS

Aquellos que son imposibles de cuantificar o muy difíciles de expresar en números pero que a su vez tienen una importancia significativa en el valor de las dotaciones de las instalaciones náuticas. Se pueden enumerar como los siguientes:

- De fomento público: La promoción por parte de las Administraciones Públicas de los deportes náuticos, turismo o de las infraestructuras marítimas en general conduce a facilitar un número mayor de amarres e instalaciones respecto a aquellos países y regiones donde no tienen dicha promoción.
- Afición a los deportes náuticos: Una elevada afición a los deportes náuticos (por ejemplo en Nueva Zelanda) comporta un aumento de la demanda de amarres, así como una dotación mayor de instalaciones náuticas que en los países y regiones con una menor afición a la náutica deportiva y turística.
- Tradición y cultura marítima: Países como Noruega, Suecia o Finlandia tienen una importante tradición en actividades marítimas y unos fuertes lazos culturales con el mar. Éste hecho comporta unas dotaciones de instalaciones náuticas y amarres muy elevados y superiores comparadas con otros países donde existen menores lazos socioculturales con las tradiciones marineras.

3.2 FACTORES CUANTITATIVOS

El resto de aspectos que inciden directamente sobre la oferta y la demanda de instalaciones náuticas pueden cuantificarse con diferentes magnitudes. A continuación se presenta una selección de los que se podrían considerar más importantes en este estudio.

- Población: La población residente en un entorno cercano a la costa es un factor clave que incide sobre el número de usuarios potenciales de una instalación náutica.
- Turismo: La población turística es otro factor fundamental que condiciona la práctica de deportes náuticos y por tanto las dotaciones de embarcaciones, de amarres y de servicios.
- Nivel económico de la población: La demanda y las dotaciones de instalaciones náuticas de una zona tienen una relación con el nivel de renta de la población, tanto residente como turística. Sin embargo, hoy en día existen otras alternativas como es el caso del alquiler, que permite practicar deportes náuticos sin necesidad de realizar una gran inversión inicial en la compra de una embarcación, acercando esta actividad a una proporción mucho mayor de la sociedad.
- Condiciones geográficas y climáticas de la costa: La existencia de resguardos naturales como por ejemplo los deltas, hacen que no se requiera la construcción de grandes infraestructuras de protección. Además un clima favorable puede resultar un aspecto que incida positivamente en una demanda mayor de amarres y de servicios para la náutica de ocio.

4. ANÁLISIS DEL MERCADO NÁUTICO

4.3 INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de analizar el futuro del sector náutico en la zona es necesario conocer la oferta y la demanda en la zona de estudio. Los siguientes apartados ofrecen información acerca de la situación actual y la previsión futura que se realiza a partir de la bibliografía consultada.

4.4 SITUACIÓN ACTUAL

❖ El turismo y los puertos deportivos

El turismo en el municipio de Cerbère tiene un fuerte carácter estacional ya que se concentra en el tiempo, sobre todo en el periodo estival. Sin embargo, en los últimos años el crecimiento del turismo en el litoral de los Pirineos Orientales se estanca debido a la aparición de destinos turísticos más lejanos pero con precios iguales o más asequibles. A nivel local, los esfuerzos se centran en ofrecer al turismo espacios de calidad, fruto de la preservación de un patrimonio natural excepcional.

Según el Schema d'Amenagement et de Developpement Touristique du Pays Pyrenees-Mediterraneel (2006), durante la temporada turística de verano la población residente en los territorios costeros de los Pirineos Orientales se multiplica por tres. Esto conlleva beneficios claramente identificables pero también aspectos negativos como la inestabilidad o baja existencia de los contratos de trabajo anuales.

El puerto de la bahía de Cerbère ofrece actualmente 150 amarres temporales disponibles únicamente durante la temporada (Mayo – Septiembre), que da cabida a pequeñas embarcaciones recreativas y pesqueras. Por lo tanto, la calidad y cantidad de los servicios ofrecidos a los usuarios hoy no contribuyen a la creación de una oferta competitiva o a un aumento de la demanda.

❖ Puertos deportivos del entorno

Para procurar que la oferta del nuevo Puerto Deportivo de Cerbère sea competitiva en el sector, es primordial conocer algunas de las características ofrecidas por los puertos situados en un área cercana. A continuación se ofrecen algunos datos acerca de los puertos catalanes y franceses más próximos al área de estudio.

➤ Municipios Catalanes

- Puerto Deportivo de Portbou: 297 amarres, calado máximo 5m y eslora máxima 20m.

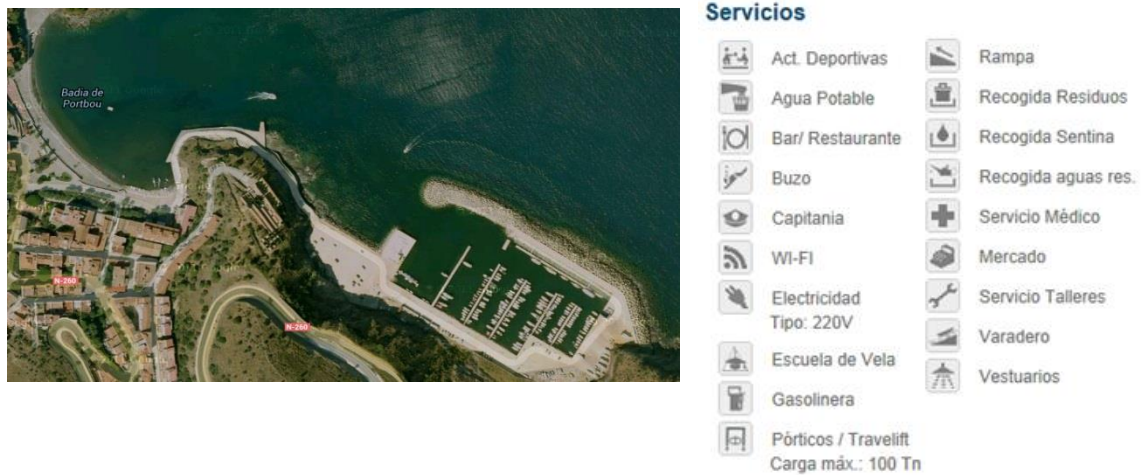


Figura 1: Vista en planta del Puerto Deportivo de Portbou y lista de servicios ofrecidos.

- Puerto Deportivo de Bahía de Cólera: 150 amarres, calado máximo 2m y eslora máxima 12m.

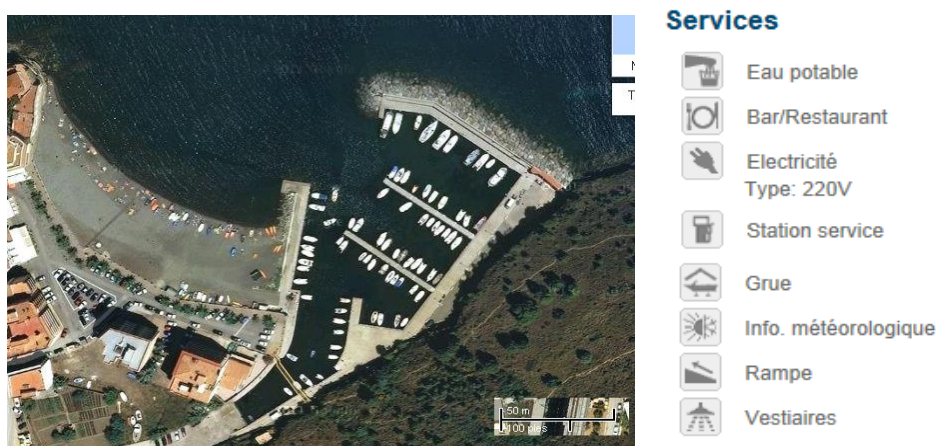


Figura 2: Vista en planta del Puerto Deportivo de la Bahía de Colera y lista de servicios ofrecidos.

- Puerto Deportivo de Llança: 498 amarres, calado máximo de 4m y eslora máxima de 15m.

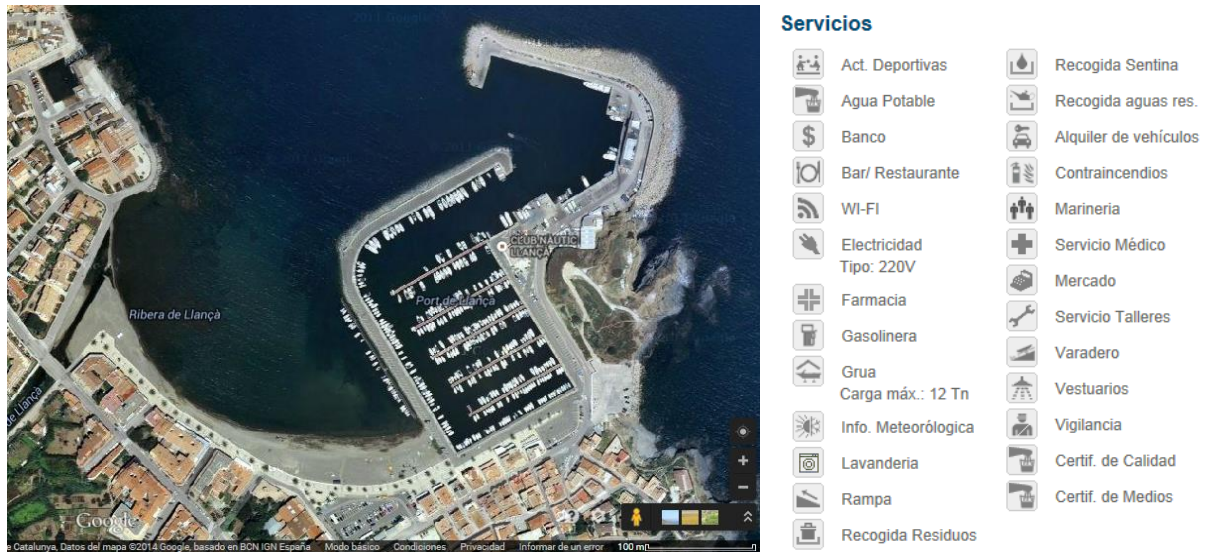


Figura 3: Vista en planta del Puerto Deportivo de Llança y lista de servicios ofrecidos.

➤ Municipios Franceses

- Puerto Deportivo de Port-Vendres: 250 amarres, calado máximo de 10m y eslora máxima 70m.

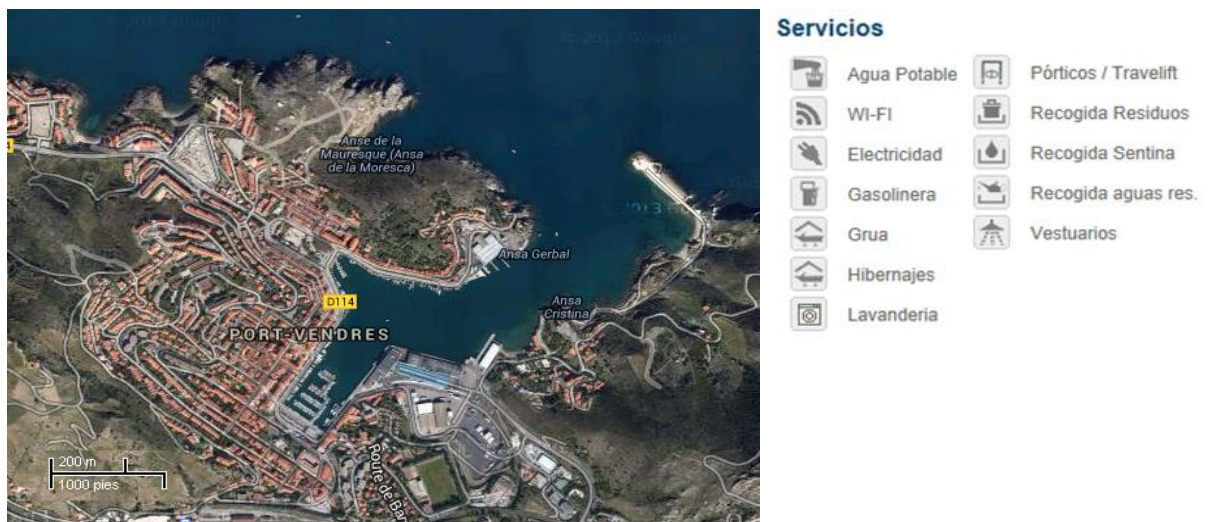


Figura 4: Vista en planta del Puerto Deportivo de Port-Vendres y lista de servicios ofrecidos.

- Puerto Deportivo de Banyuls-sur-Mer: 380 amarres, calado máximo 4m y eslora máxima 13m.

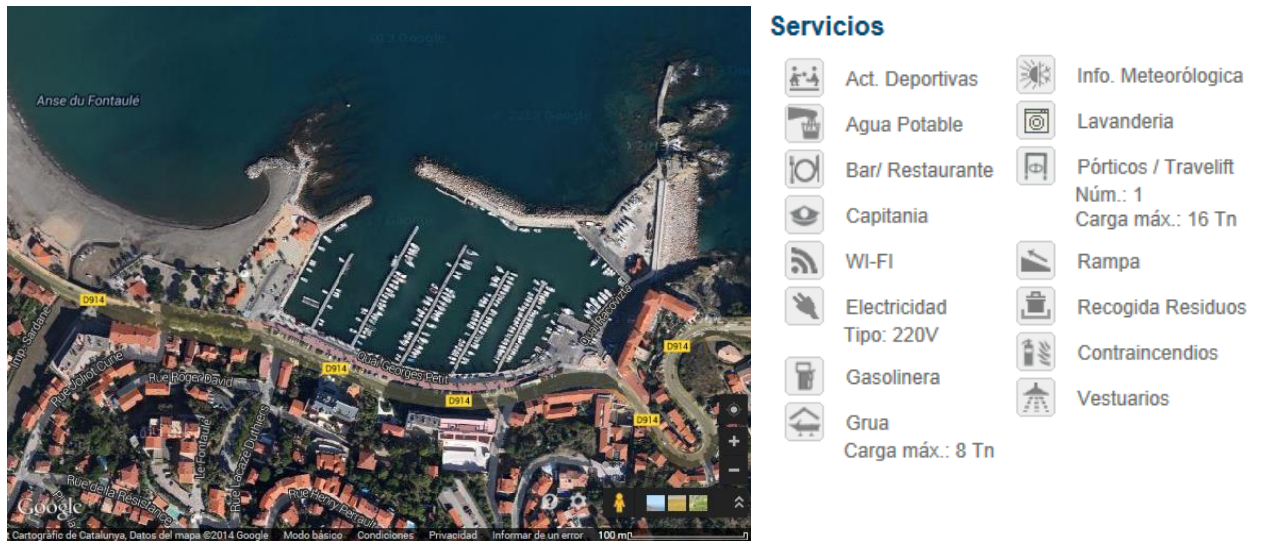


Figura 5: Vista en planta del Puerto Deportivo de Banyuls-sur-Mer y lista de servicios ofrecidos.

❖ Otras actividades turísticas

El municipio de Cerbère ofrece al sector turístico diversas atracciones; no sólo las relacionadas con el sector náutico y que como se ha comentado anteriormente tienen un claro componente estacional, sino también actividades que atraen el llamado turismo verde “tourisme vert”, la hidroterapia llevada a cabo en las termas o balnearios o el turismo atraído por la tradición vinícola.

Es interesante conocer cómo la evolución de estas actividades puede influenciar al mercado náutico, que aunque con limitaciones implícitas (fuerte legislación para la protección de la reserva marina, limitación territorial, etc.) debe intentar dar respuesta a las necesidades existentes y avanzar en la dirección del desarrollo económico de la población.

Algunos datos de interés en éste ámbito son, el Centro Bouffard Vercelli situado en el Cabo Peyrefitte con capacidad para 190 personas, ofrece terapia de reeducación y readaptación de las capacidades funcionales; el puerto más cercano se sitúa en la bahía de Cerbère. En la “Côte Vermeille” existen 17 rutas de senderismo, 4 circuitos por ciudad y una ruta por diferentes ciudades que va desde Collioure a Cerbère. El turismo deportivo y de naturaleza da un valor añadido al lugar.

4.5 PREVISIÓN FUTURA

La bibliografía consultada acerca de la previsión futura del mercado náutico en la región de los Pirineos Orientales apunta hacia una misma conclusión. La franja litoral de dicho territorio apuesta por un desarrollo económico, enfocado a la potenciación del sector turístico náutico siempre de la mano de la sostenibilidad, respeto y protección de los recursos naturales.

A continuación se listan los principales documentos consultados con una breve explicación de la previsión y el desarrollo futuro del área.

El “Llibre Blanc de l’Eurodistrict, per a un futur transfronterer” (2008); realizado por la Universitat de Girona (UdG) y la Mission Opérationnelle Transfrontralière (MOT) y encargado por la Generalitat de Catalunya y el Consell General dels Pirineus Orientals. Explica proyectos de cooperación entre el territorio de Cataluña norte y los Pirineos Orientales con el objetivo fundamental de desarrollar políticas conjuntas, más allá de las fronteras geográficas de los dos países con el fin de promover el desarrollo de los sectores económico, cultural y turístico entre otros.

El Manifiesto Europeo de Adhesión al Turismo Náutico Sostenible realizado por la Federación Europea de Destinos Náuticos, promueve el desarrollo sostenible del turismo náutico con el fin de respetar los recursos naturales de las zonas costeras y así garantizar la viabilidad del sector en el futuro cercano.

El documento de Asistencia para la elaboración de un nuevo plan regional de desarrollo económico de Languedoc-Roussillon, en francés “Mission d’assistance à l’élaboration du nouveau schéma régional de développement économique du Languedoc-Roussillon” ha sido desarrollado por el Consejo Regional de Languedoc-Roussillon (Conseil régional du Languedoc-Roussillon), la sociedad Sémaphores y la Dauphine Université de Paris. En éste se exponen pautas de actuación en sectores como el de agricultura, turismo, cultura, bosques, marítimo, eco-actividades. En referencia al entorno marítimo, hace patente la necesidad de trabajando en la unión de la comunidad marítima de la zona, para conseguir una involucración total en la protección del frágil medio costero y en el desarrollo económico entorno al sector náutico, la vela, la pesca y los deportes acuáticos.

Por último, el departamento de Dirección Departamental de los territorios y de la mar de los Pirineos Orientales (Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Pyrénées-Orientales) presenta en el documento “Mirando hacia el 2012” una serie de iniciativas y políticas en el sector público hacia un desarrollo consolidado económico, social y en el medio ambiente.

Se puede decir por tanto, que es necesario promover el turismo náutico como la “energía renovable” del sector turístico (Federación Europea de Destinos de Turismo Náutico) de la zona, ya que éste es capaz de contribuir al desarrollo sostenible de la costa y a la comunidad de Cerdère. Las siguientes razones fundamentan la necesidad de construir un turismo náutico sostenible.

- Prosperidad económica del área. Los turistas náuticos gastan 30% más que el turista medio.
- Oferta continua durante todo el año. Los deportes náuticos son clave para desestacionalizar determinados destinos.
- La bibliografía consultada muestra el espíritu de trabajo conjunto entre Francia y España, y es que la cooperación entre los destinos es fundamental. El 80% de los turistas náuticos cambian año a año de destinación, por lo que los destinos deben realizar un trabajo conjunto.
- Posibilidad de creación de empleo no sólo durante la temporada de verano. Los deportes náuticos tienen un gran impacto en el ámbito local.

5. DIMENSIONAMIENTO PREELIMINAR DE LA FLOTA DEL PUERTO

5.1 NÚMERO Y TIPOLOGÍA DE AMARRES

En base a la información aquí presentada se consideran los factores desarrollo económico y sostenibilidad como los dos pilares fundamentales sobre los que se debe basar la construcción y el diseño del nuevo puerto deportivo.

Es por eso que con el fin de evitar un impacto negativo o deterioro en el paisaje, la flora o la fauna existentes, se decide conservar la oferta de amarres entre 150 y 200 para embarcaciones con 12 metros de eslora máximo. De la misma manera se intentará ofrecer el mayor número de servicios de la más alta calidad para convertir a Cerbère en un emplazamiento selectivo.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 5: DINÁMICA LITORAL

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. PRINCIPALES IMPACTOS DE UN PUERTO	3
4. SITUACIÓN DE LA COSTA EN LA ZONA DE ESTUDIO	4
5. VARIACIÓN DEL NIVEL DEL MAR	4
5.1 MAREAS ATRONÓMICAS	4
5.2 MAREAS METEOROLÓGICAS	4
5.3 CRECIDA LENTA DEL NIVEL DEL MAR.....	5
6. CONCLUSIONES.....	5

1. INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras se caracterizan por su naturaleza dinámica siempre en frágil equilibrio entre el mar, la tierra, los ríos y la atmosfera. Cualquier actuación en el mar o en la zona costera conllevará ciertos cambios en el medio que deben ser estudiados a para cerciorarse que las alteraciones originadas no suponen un impacto negativo sobre la dinámica litoral y el medio ambiente.

Para minimizar los impactos es necesario determinar correctamente la ubicación de cada elemento que conforma la estructura portuaria. Algunos ejemplos de impactos causados en el medio y que se deben evitar son: problemas de erosión, acreción y acumulación de arena en bocanas o deterioro de la calidad del agua por un aumento del ciclo de renovación de ésta.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es el estudio básico de la dinámica litoral en el entorno de la bahía de Cerbère, el entendimiento de los fenómenos litorales que se dan en el área de estudio y la identificación de posibles problemas que podrían surgir después de la construcción comprometiendo la funcionalidad del puerto.

3. PRINCIPALES IMPACTOS DE UN PUERTO

A continuación se enumeran los principales impactos sobre la dinámica litoral que pueden estar relacionados con la construcción de un nuevo puerto deportivo.

- Interrupción total o parcial del transporte longitudinal de sedimentos y afección en los tramos de costa adyacentes. En medio de playas arenosas con un transporte potencial bruto de sedimentos, se descartaría construir un obstáculo como un puerto a no ser que los desequilibrios sean compensados con medios mecánicos.
- Basculación de las playas provocada por la acumulación de sedimentos en las zonas más protegidas del oleaje.
- Variaciones en las corrientes marinas que pueden llegar a afectar la dilución del vertido de emisarios submarinos existentes en la zona y por tanto de una manera significativa la calidad del agua.
- Formación de barras de arena. Éstas pueden causar problemas para la navegación a la entrada del puerto.
- Se puede considerar que si no existe una cantidad de arena en un lugar, no se generan impactos negativos sobre el transporte de sedimentos aunque un puerto altere la hidrodinámica. Un ejemplo es la construcción de puertos en zonas acantiladas (a pesar de que puedan presentar inconvenientes de otra índole).

La ley de Costas establece que es necesaria la verificación de la no afectación sobre el transporte de sedimentos, y en caso que no sea negligible se deberá proponer un proyecto de compensación en una playa cercana a la zona del proyecto.

4. SITUACIÓN DE LA COSTA EN LA ZONA DE ESTUDIO

La Costa Bermeja (Côte Vermeille) es el nombre que recibe el tramo de costa rocosa del Mar Mediterráneo situada en el departamento de los Pirineos Orientales en la región de Languedoc-Rosellón (Francia), en el Rosellón histórico.

Empieza al sur de Argelès-sur-Mer y se prolonga hasta el Alt Empordà (España), concretamente hasta Portbou, localidad fronteriza con Francia.

Con el fin de obtener más información acerca de la morfología de la zona de estudio y la situación, problemática existente, ha sido consultado el Pla de Ports de Catalunya 2007-2015, ya que contiene información de la Cataluña norte que por su localización se puede asimilar al municipio de Cerbère.

Según la zonificación que se realiza en el documento mencionado del litoral catalán, en el que se agrupa las diferentes zonas con el fin de confeccionar una matriz de la costa catalana; la zona de estudio de éste proyecto pertenece al último tramo (*Límit Sud PEIN Paratge Natural d'Interès Nacional Massís de l'Albera - Límit Nord PEIN Paratge Natural d'Interès Nacional Massís de l'Albera*). El tramo de costa Catalana se conoce con el nombre Costa Brava, nombre que hace referencia a su morfología abrupta y rocosa. La zona se caracteriza por estar formada por pequeñas calas intercaladas entre acantilados.

Acerca de la dinámica litoral de la zona, existen dos factores significantes y condicionantes a la afección que la construcción del nuevo puerto de Cerbère implique para el entorno. Por un lado se debe tener en cuenta que la playa de Cerbère es una playa encajada, condición que favorece la permanencia de las arenas en la bahía. Por otro lado los sedimentos disponibles en las playas cercanas son gravas ya que el entorno se caracteriza por calas formadas por acantilados rocosos.

5. VARIACIÓN DEL NIVEL DEL MAR

Al proyectar cualquier tipo de obra marítima es necesario tener en cuenta los distintos fenómenos causantes de sobre elevación del nivel medio del mar. Estos fenómenos tienen distintos orígenes y su intensidad puede variar mucho en función del tramo de costa. A continuación se realiza una evaluación de la intensidad que podrían tener dichos fenómenos en la zona de proyecto para determinar si deben recibir una consideración importante.

5.1 MAREAS ATRONÓMICAS

Este tipo de mareas son producto de la fuerza causada por la atracción gravitacional de la Luna, y en menor grado, del Sol. Estos fenómenos son predecibles con bastante exactitud ya que dependen de la posición de los astros, la cual puede ser conocida muy precisamente. Para la zona de estudio perteneciente al Mar Mediterráneo se considerará que las fluctuaciones causadas por las mareas, en éste área de tipo semi-diurnas, tendrán un rango inferior a 0.5m

5.2 MAREAS METEOROLÓGICAS

La marea meteorológica engloba los cambios de nivel en las áreas costeras como consecuencia de variaciones de presión y el viento

- **Variación debida a la presión atmosférica**

La presión atmosférica por lo general varía entre 990 y 1040 hectopascales (hPa). Una variación de 1 hectopascal provoca una variación de 1 cm. del nivel del mar. Para a zona de estudio si se supone un presión atmosférica media de 1012 hPa se puede obtener una estimación de la sobreelevación producida, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_m = 0.010 \cdot (1013 - P_{atm})$$

Donde S_m = Sobreelevación atmosférica en metros
 P_{atm} = Presión atmosférica en milibares

Por lo que se obtiene que la sobreelevación media en la zona de proyecto debida a la presión atmosférica es aproximadamente $S_m = 0.010 \cdot (1013 - 1012) = 0.004$ m.

- **Variación debida al viento (wind set-up)**

Sobreelevación del nivel de la mar producida por la fricción del viento sobre la superficie del mar. La intensidad de este fenómeno está ligada al “fetch”, a la velocidad del viento y a la pendiente de los fondos en las proximidades a la orilla.

En la zona de estudio se puede esperar la aparición de dichos aumentos del mar durante los fuertes vientos provenientes del sector Norte-Este. La zona de estudio está protegida de las olas del sur por el Cap de Creus.

5.3 CRECIDA LENTA DEL NIVEL DEL MAR

El nivel medio del mar está aumentando gradualmente debido al calentamiento global del planeta; dicho calentamiento provoca una dilatación térmica de las masas oceánicas y marítimas que junto al deshielo de los glaciares provoca la regresión de la franja costera.

Según el grupo de expertos que forman el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Report, 2007) el nivel medio del mar habrá aumentado entre 18cm y 58cm a finales del S. XXI. Concretamente en relación a la zona de estudio, se espera un aumento del nivel medio del mar de aproximadamente 0.3m para 2050.

6. CONCLUSIONES

Po la falta de datos más detallados en la zona de estudio se determina que los diferentes factores que influncian y provocan una sobreelevación del nivel del mar como la presión atmosférica, el viento, el oleaje o incluso el cambio climático pueden sucederse implicando fluctuaciones de 1 metro en el nivel del mar. Éste dato se deberá considerar en la determinación de la cota de coronación de las diferentes unidades del puerto como los muelles o el dique de abrigo para evitar que las olas sobrepasen.

En principio la nueva construcción no alterará de manera significativa a la dinámica litoral en la playa de Cerbère, sin embargo sí que es posible que la arena de la playa bascule ligeramente hacia uno de los dos extremos. A corto plazo, después de la finalización de las obras, debido a que las zonas de acopio de materiales y de instalaciones para el personal de obra estarán situadas en la misma playa, se deberá llevar a cabo una adecuación del espacio con el objetivo de devolver a la playa a la situación a priori de las obras. El material dragado para dar el calado necesario al puerto será vertido en la bahía.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 6: ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. CONDICIONANTES.....	4
3.1 LOCALIZACIÓN.....	4
3.2 CONDICIONANTES TÉCNICOS.....	4
3.3 CONDICIONANTES GENERALES	5
3.4 CONDICIONANTES MEDIOAMBIENTALES.....	10
4. ESTUDIO DE VARIABLES	12
4.1 INTRODUCCIÓN.....	12
4.2 DISPOSICIÓN EN PLANTA	12
4.3 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	13
5. ALTERNATIVAS PROPUESTAS	18
6. PREANÁLISIS CUALITATIVO DE LAS ALTERNATIVAS.....	33

1. INTRODUCCIÓN

Los anejos previos recopilan información acerca de los estudios básicos necesarios para la realización de una obra portuaria. Todo proyecto de este tipo incluye una fase de dimensionamiento, cálculo y construcción de las diferentes unidades de obra que lo componen, entre otras; dado el importante coste económico que éste supone, también se debe efectuar un estudio previo de distintas soluciones al mismo problema ofreciendo la información necesaria para poder decidir de manera racional cuál de las alternativas propuestas es la adecuada para la realización del nuevo puerto deportivo del municipio de Cerbère.

Estas soluciones, llamadas en adelante alternativas, serán presentadas en primer lugar, para posteriormente ser evaluadas y sopesadas teniendo en cuenta todos los factores que pueden influir en el proceso de toma de decisiones. Muchos son los aspectos que pueden tenerse en cuenta, como por ejemplo factores medioambientales, limitaciones técnicas, funcionalidad, etc. Sin embargo, el presente anejo no trata de abarcar el máximo número de aspectos que puedan influir en el diseño del puerto, sino centrarse esencialmente en los aspectos considerados como más relevantes para la comunidad, el territorio y sus necesidades.

Tal como se ha descrito en anejos previos, este proyecto tratará de proporcionar al área de estudio desarrollo económico de la mano de la preservación y el respeto al tanpreciado medio ambiente que la caracteriza.

En este anejo se presenta un amplio abanico de posibilidades pero será en el posterior dónde se realice un estudio comparativo de las mismas para determinar cuál es la más adecuada.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es realizar una primera valoración aproximada de las distintas alternativas y de las variables que las componen desde diversos puntos de vista.

Para la proposición de alternativas primero se estudian diferentes factores y variables que abarcan conceptos sociológicos, climáticos, medioambientales, económicos y funcionales entre otros. Una vez realizada la valoración aproximada y determinada las variables que conforman cada alternativa, se tendrá una primera idea de las ventajas e inconvenientes de las posibles intervenciones que permitirá a posteriori realizar un estudio comparativo de las soluciones.

Para ello se tendrán en cuenta aspectos como las diferentes tipologías estructurales de puertos, diques de abrigo, pantalanés, así como la técnica de amarre y otros aspectos condicionantes.

3. CONDICIONANTES

El número de posibles soluciones se verá acotado por ciertos condicionantes que limitan de forma automática las posibilidades a estudiar. Dichos condicionantes se explican a continuación:

3.1 LOCALIZACIÓN

La bahía de Cerbère se encuentra en la costa rocosa de Albères, entre el Cabo de Derbère al sur y el Cabo Canadell al norte. El dique de Cerbère tiene dos funciones principales; por un lado proteger de las tormentas de invierno la línea de costa y por otro permitir la creación de un refugio (hasta la fecha temporal, sólo durante la época estival) para pequeñas embarcaciones.

Los amarres están disponibles únicamente durante la época de verano, cómo ya se ha comentado anteriormente, ya que el dique existente es atravesado por el oleaje más fuerte durante la estación de invierno. De esta manera, los pontones se instalan durante la temporada de verano (15 de mayo - 15 de septiembre) evitando posibles daños y riesgos a las embarcaciones y a las personas.

Actualmente, la cala alberga pequeñas embarcaciones como botes de pesca, zodiacs o lanchas motoras cuyo tamaño máximo alcanzado es de 12 metros de eslora. Con una capacidad de hasta 150 plazas y un calado máximo permitido de 1.80m, las instalaciones de agua y electricidad sólo se encuentran disponibles en el muelle principal.

El acceso marítimo a la bahía es posible, los puertos más cercanos son el de Port Bou (España) ubicado a 2 millas náuticas al sur y Port Vendres y Banyuls (Francia) situados respectivamente a 8 y 4 millas náuticas al norte de Cerbère.

3.2 CONDICIONANTES TÉCNICOS

Un Área de Navegación no queda definida solamente por sus características geométricas y su balizamiento, sino también por sus condiciones operativas que determinan también las propias dimensiones de los espacios de agua requeridos. A continuación se listan una serie de elementos que integran las condiciones límites de operación a tener en cuenta.

- TIEMPO DE INOPERATIVIDAD MÁXIMA DEL PUERTO

De acuerdo a las recomendaciones de la R.O.M 3.1-99 “Canales de acceso y áreas de flotación”, la Tabla 8.2, fija cuál debe ser el tiempo medio máximo de inoperatividad de un puerto en función de las características de este. En nuestro caso, al tratarse de un puerto para uso de embarcaciones deportivas, fija que este tiempo máximo de inoperatividad sea de 20 horas al año, o 4 horas por mes.

CARACTERISTICAS DEL AREA	Tiempos de inoperatividad en horas, por todos los conceptos ⁽¹⁾⁽²⁾
A. Areas de buques en tránsito (accesos, vías de navegación, canales, bocanas, áreas de maniobras, etc.)	
1. Puertos de interés general	
— Areas abiertas a todo tipo de barcos	200 h. año 20 h. mes
— Areas abiertas a Embarcaciones pesqueras y deportivas (3)	20 h. año 4 h. mes
2. Puertos de refugio	
— Areas abiertas a todo tipo de barcos	300 h. año 30 h. mes
— Areas abiertas a Embarcaciones pesqueras y deportivas (3)	20 h. año 4 h. mes
3. Otros puertos	400 h. año 40 h. mes
4. Terminales especializados	
— Pasajeros, Contenedores, Ferries y otros terminales que operen con líneas regulares	200 h. año 20 h. mes
— Graneles de cualquier tipo y otros terminales que no operen con líneas regulares	600 h. año 60 h. mes
B. Areas de buques en permanencia (Fondeaderos, amarra-deros, dársenas, muelles, atraques, terminales, etc.)	
1. Puertos de cualquier tipo	40 h. año 20 h. mes
2. Terminales especializados	
— Pasajeros, Contenedores, Ferries y otros terminales que operen con líneas regulares	200 h. año 20 h. mes
— Graneles de cualquier tipo y otros terminales que no operen con líneas regulares	500 h. año 50 h. mes

(1) Los tiempos de inoperatividad recogidos en esta tabla se refieren al Cierre del Area por cualquier concepto, ya sea por una variable climática no predecible con anticipación (vientos, oleajes, corrientes, mareas meteorológicas, faltas de visibilidad, etc.), como predecible con anticipación (mareas astronómicas, etc.). El cierre del área por nocturnidad no se contemplará a estos efectos valorándose tal como se indica en el texto.

(2) Los requerimientos mínimos recogidos en esta Tabla están basados en un porcentaje de utilización del Area por los Buques de Proyecto del 30%, calculado sobre el tiempo útil total disponible (deducido por tanto el tiempo de cierre del Area por cualquier motivo: insuficiencia del nivel de agua, clima marítimo, nocturnidad, etc.). En el supuesto de que este porcentaje de utilización del área sea igual o inferior al 20%, podrán utilizarse valores del doble de los recogidos en la Tabla; asimismo si el porcentaje de utilización del área fuese igual o superior al 40% deberán utilizarse valores de la mitad de los recogidos en la Tabla; para valores intermedios podrá interpolarse linealmente.

(3) Los tiempos de inoperatividad se calcularán para las Condiciones Límites de Operación correspondientes a los Buques de Proyecto de embarcaciones pesqueras y deportivas.

Tabla 1: Tiempo máximo admisible de inoperatividad en el puerto. ROM 3.1-99

3.3 CONDICIONANTES GENERALES

A la hora de realizar las diferentes alternativas tanto en planta como en alzado, nos hemos basado en las recomendaciones de la R.O.M 3.1-99 “Canales de acceso y áreas de flotación” y de las recomendaciones de la R.O.M 2.0-11 “Proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre”

- TIPOS Y FUNCIONES DE LAS OBRAS DE ATRAQUE Y AMARRE

El objetivo fundamental de una obra de atraque y amarre es proporcionar a los buques unas condiciones adecuadas y seguras para su permanencia en puerto y/o para que

puedan desarrollarse las operaciones portuarias necesarias para las actividades de carga, estiba, desestiba, descarga y transbordo de pasajeros, vehículos y mercancías que permitan su transferencia entre buques o entre éstos y tierra u otros medios de transporte. Las obras de atraque y amarre pueden clasificarse en:

- Muelle
- Pantalanes
- Duques de alba
- Boyas, campos de boyas y monoboyas
- Soluciones mixtas
- Estaciones de transferencia a flote.

Además las obras de atraque y amarre que permiten la carga y descarga de mercancías y el embarque o desembarque de pasajeros, se clasifican en función del tipo de mercancía o pasajero que en ella se embarca, desembarca o manipula en:

- De uso comercial.
- De uso pesquero.
- De uso náutico- deportivo.
- De uso industrial (en los que incluye la construcción y/o reparación de buques)
- De uso militar.

En este proyecto únicamente será contemplado el Uso náutico-deportivo; por lo que la configuración física del atraque más conveniente dependerá principalmente del volumen de demanda y de los requerimientos operativos exigidos. El uso pesquero del puerto queda descartado.

▪ OBRAS DE ATRAQUE DE USO NÁUTICO DEPORTIVO

Las obras de atraque para uso náutico-deportivo, veleros y yates, deben fundamentalmente garantizar una permanencia segura de los barcos en puerto, facilitando la accesibilidad de los usuarios. El principal condicionante es que la configuración física del atraque debe permitir el máximo aprovechamiento del espacio disponible para flotas de características muy poco homogéneas.

Por dicha razones, la tipología más conveniente es el pantalán continuo si permanecen atracadas o los campos de boyas en las áreas de fondeo.

Por lo tanto el tipo de obra de amarre será en **PANTALÁN**.

Dentro del grupo de los pantalanes podemos encontrarnos 2 tipos: fijos y flotantes. La opción de los pantalanes flotantes es la más utilizada en las situaciones donde se pueden dar cambios bruscos en el nivel del mar y están formados por una plataforma prefabricada de madera y aluminio que flota sobre bloques de hormigón prefabricados recubiertos por un plástico especial aislante. Se opta por los **PANTALANES TIPO MÓVILES O FLOTANTES** con el objetivo de hacerlos más resistentes frente posibles cambios inesperados del nivel del mar.

- RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS PARA DARSENAS DE EMBARCACIONES DEPORTIVAS

Como las dársenas de embarcaciones deportivas incorporarán pantalanés, se seguirán las recomendaciones siguientes que prevén espacios para el amarre de atraque y salida de barcos.

a) PANTALANES PRINCIPALES

- Separación entre pantalanés.

La separación mínima entre pantalanés principales, medida entre extremos de los pantalanés de atraque (o de los barcos amarrados a ellas si es más desfavorable), es decir la anchura del área de navegación y maniobras, será, como mínimo, de 1,75 L para buques de diseño con una eslora total (L) no mayor de 12,00 m y de 2,00 L para buques de diseño con una eslora total (L) superior a los 12,00 m.

- Anchura de los pantalanés

La anchura recomendada de los pantalanés principales, para el supuesto de que no admitan tráfico de vehículos, estará comprendida entre 1,20 y 2,00 m en función del tamaño de los buques y del número de pantalanés de atraque que se dispongan en cada pantalán principal; si se prevé algún tipo de tráfico para vehículos ligeros se adoptará una anchura adecuada a las características de los mismo, con un valor mínimo de 2, 50m.

b) PANTALANES SECUNDARIOS DE ATRAQUE (FINGERS)

- Separación entre pantalanés

- Atraques simples

La separación entre ejes de los pantalanés será, como mínimo, igual a la suma de la manga máxima del barco, más un resguardo de 0,3-0,5 m a cada lado de la embarcación, más la anchura del pantalán.

- Atraques dobles.

La separación entre ejes de los pantalanés será, como mínimo, igual a la suma de dos veces la manga máxima del barco de diseño, más un resguardo de 0,3- 0,5 m. con respecto a cada uno de los muelles, más un resguardo de 1,00 m entre ambos barcos.

Estas separaciones están determinadas suponiendo que las embarcaciones tienen una eslora máxima de 12 m; en el supuesto de que se prevean embarcaciones mayores deberán incrementarse los resguardos en función de las maniobras de atraque y salida de que se prevea realizar según sea la configuración del puerto.

- Longitud de pantalanés

La longitud de los pantalanés de atraque será igual a la eslora máxima (L) del buque de diseño o se pueden admitir longitudes menores (70 ó 80 % de la L) si se desarrolla un sistema adecuado de amarre de barcos, que no afecta a las dimensiones del Área de Navegación Y Maniobras.

- Anchura de los pantalanes

La anchura recomendada de los pantalanes de atraque estará comprendida entre 0,80 y 1,50 m en función del tamaño de los barcos.

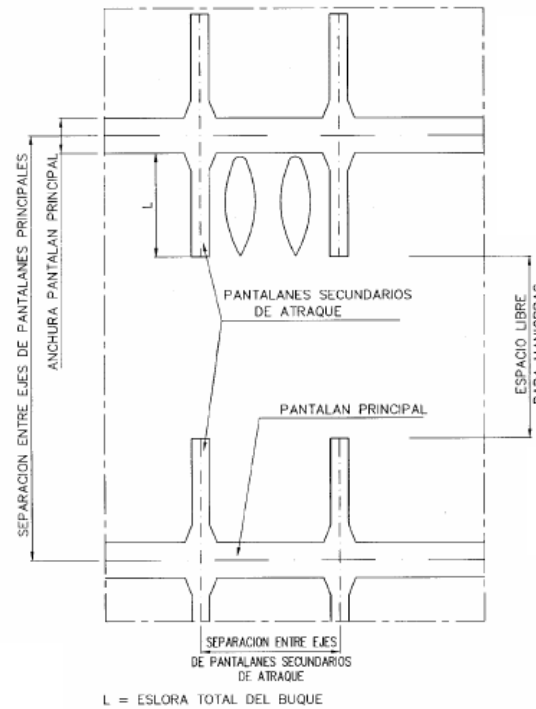


Figura 1: Configuración de amarre para las embarcaciones.

▪ TÉCNICAS DE ATRAQUE

- Atraque de costado a muelle o pantalán

La embarcación permanece paralela a la línea de atracada, siendo sujeta mediante dos puntos fijos, como se puede apreciar en la siguiente figura (Figura 1). Ilustración 17 Atraque de costado a muelle o pantalán Este tipo de atraque presenta ciertas ventajas en cuanto al acceso de las embarcaciones, así como el amarre de embarcaciones de diferentes esloras. A su vez presenta un inconveniente; precisa una gran longitud de atraque, lo cual eleva el coste del puerto. Es por ello que se aprovecha poco el espejo de agua abrigada disponible.

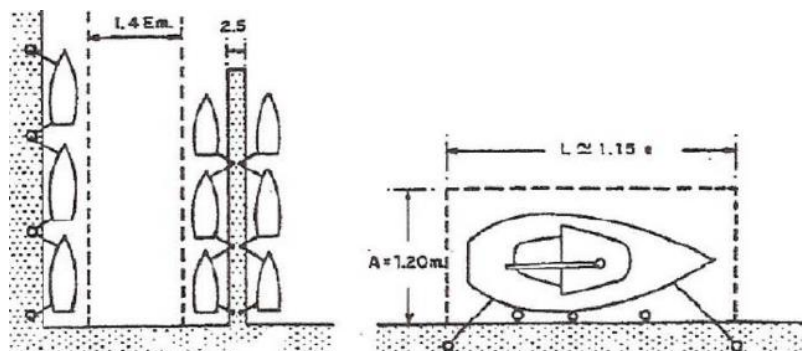


Figura 2: Configuración de atraque de costado a muelle o pantalán

- Atraque de popa con amarre a boya o muerto

En este caso la embarcación permanece con la popa de cara al muelle en dirección perpendicular, fijando la proa con un único amarre a boya anclada o a un cuerpo pesado llamado muerto (Figura 2).

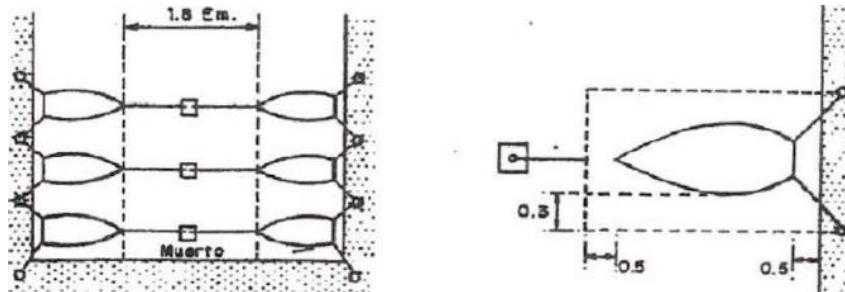


Figura 3: Configuración de atraque de popa con amarre a boya o muerto

Aquí, la longitud de atraque necesaria se ve drásticamente reducida, además de ser una infraestructura sencilla y de bajo coste. Por el contrario existe un cierto peligro que las hélices de las embarcaciones se enganchen a las cuerdas y cadenas sumergidas, por lo que sería difícil de emplear en lugares con mareas importantes.

- Atraque de popa con finger lateral

En este último caso, la posición de la embarcación es la misma que en el caso anterior. La diferencia aquí es que hay una pasarela o finger lateral cada dos embarcaciones, facilitando la maniobra de atraque así como el acceso de los usuarios a sus embarcaciones (Figura 3).

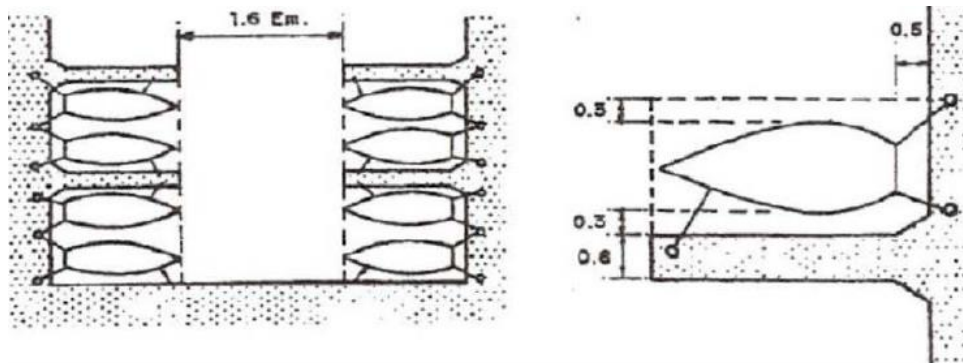


Figura 4: Configuración de atraque de popa con finger lateral

De este modo se facilita la maniobra de atraque pero se pierde espacio debido al ancho del finger, unos 40 centímetros en fíngers para pequeñas esloras y alrededor de 80 centímetros en para grandes esloras. Esta pérdida se ve ligeramente compensada dado que la distancia entre pantalanés se ve reducida, al haber eliminado el obstáculo que presentaban las cadenas.

Se opta por esta última técnica para dotar de un extra de calidad al puerto, ya que se trata de la técnica más cómoda para los usuarios, tanto para la maniobra de atraque como para el acceso a la embarcación. Por lo tanto la solución para plantear las alternativas de atraque y amarre será: **ATRAQUE DOBLE A PANTALAN CON FINGER.**

- FLOTA DE LOS BUQUES. BUQUE DE PROYECTO

El tamaño, composición y características de la flota previsible de buques, tanto en el atraque como en las áreas portuarias adyacentes al mismo, durante el intervalo de tiempo considerado constituyen el principal factor que interviene en la definición y caracterización de los agentes de operaciones de buques, así como en el dimensionamiento de la obra de atraque. Sin olvidar su influencia en el establecimiento de las condiciones de utilización de la instalación y en la definición de los equipos, medios y criterios de explotación de la misma, los cuales intervienen en la definición de otros factores de uso y explotación, particularmente los asociados con la manipulación de mercancías y con el embarque y desembarque de pasajeros.

En este caso la flota de embarcaciones de uso náutico-deportivo la forman las embarcaciones más pequeñas dentro de estos grupos. Por lo que para proyectar las dimensiones de amarre en los pantalanes en cada una de las alternativas según el buque de diseño nos hemos servido de la tabla 4.6.4.33 "Parámetros representativos de los buques en función de su tipología y capacidad de carga" que está recogida en la R.O.M 2.0-11. Para las diferentes alternativas se ha proyectado esloras entre **6m y 12m para el uso deportivo**.

3.4 CONDICIONANTES MEDIOAMBIENTALES

Se trata quizá del condicionante más relevante. La belleza del entorno natural en el que se enmarca este proyecto obliga a hacer un esfuerzo para tratar de causar el menor impacto posible. Se tratará de tomar todas las disposiciones posibles para que se conserve al máximo tanto el valor paisajístico como el biológico, llegando a premiar soluciones más caras pero más respetuosas.

La siguiente figura muestra las reservas naturales protegidas en el territorio francés. Como puede observarse, la bahía de Cerbère corresponde a la reserva marina natural de Cerbère-Banyuls en la que las especies de fauna y flora se encuentran protegidas. La Figura 6 muestra más concretamente el dominio de la zona de protección en la que se puede ver cómo la bahía queda delimitada por el norte por territorio especialmente protegido. A la hora de evaluar las alternativas, en el siguiente anejo se prestará especial atención a los condicionantes medioambientales para respetar y promover al máximo el desarrollo sostenible del área. Éstos serán tratados en el estudio de impacto ambiental más en profundidad.



Figura 5: Localización de reservas naturales en la franja francesa con Cataluña

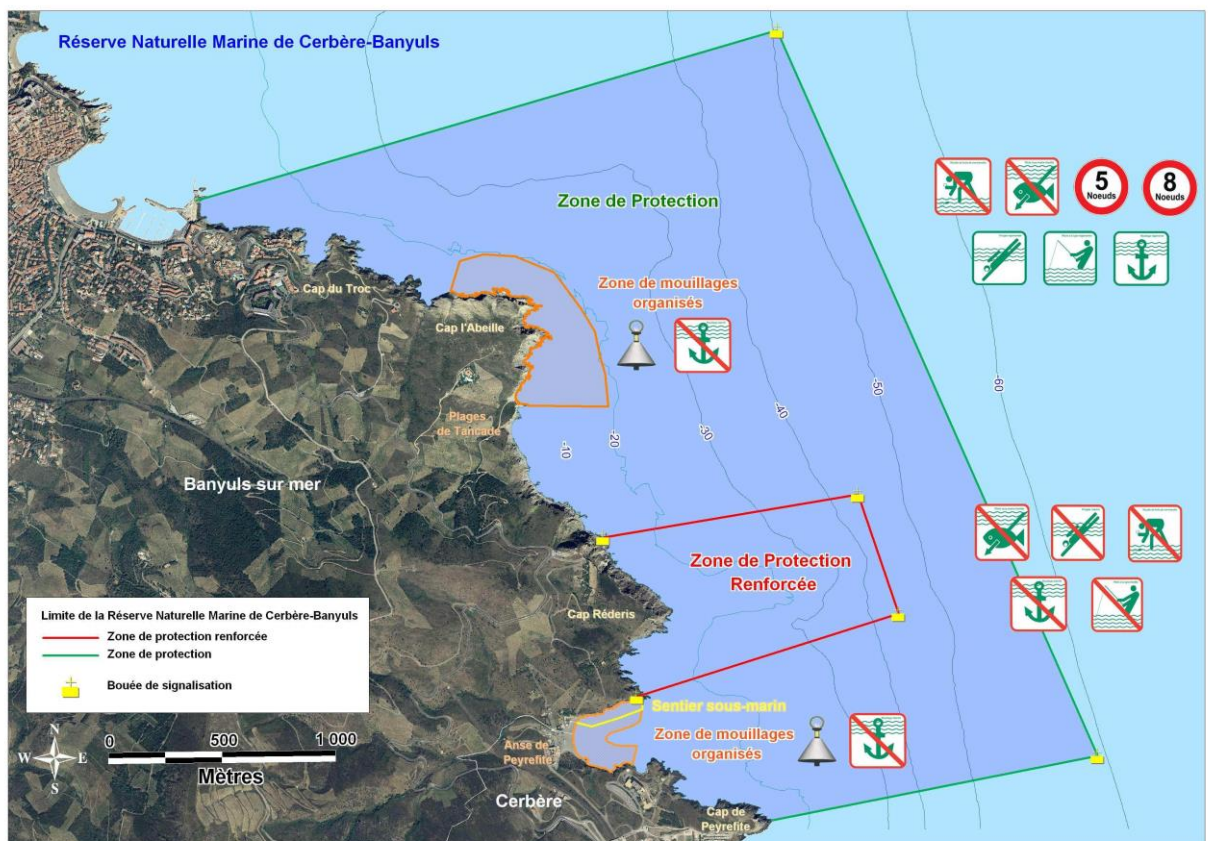


Figura 6: Detalle de los niveles de protección aplicados en Reserva Natural Marina de Cerbère-Banyuls.

4. ESTUDIO DE VARIABLES

4.1 INTRODUCCIÓN

Los condicionantes mencionados anteriormente limitan de manera considerable las alternativas posibles. De todas maneras, se van a plantear distintas alternativas, referentes tanto a la forma en planta final del puerto, como a la tipología estructural de las obras de abrigo muelles y pantalanes. Se abordará también la técnica de amarre.

4.2 DISPOSICIÓN EN PLANTA

Las tipologías típicas en planta de un puerto deportivo son:

- Diques convergentes: Es una tipología típica de algunos puertos italianos en que se busca calado en la bocana. Normalmente consiste de un antepuerto que tiene una playa disipadora detrás. Es un diseño elegante y permite llevar a cabo las maniobras de acceso fácilmente. Por otra lado, puede tener problemas de mucha penetración de oleaje interior.

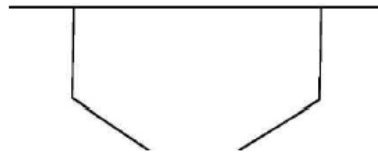


Figura 7: Puerto con diques convergentes

- Dique exterior: Son puertos exteriores ganados al mar, que requieren que los calados sean suficientes sin alejarse mucho de la costa. La configuración de dique exento hace que se necesiten dos bocanas. La ventaja de esta alternativa es que conforma un diseño original que a priori intenta facilitar el acceso al puerto. No obstante, el hecho de tener dos bocanas puede crear fuertes corrientes, lo que puede afectar al tráfico de embarcaciones.



Figura 8: Puerto con dique exterior.

- Dique paralelo: Es la opción más tradicional en la costa mediterránea, en que hay un dique principal, un dique de levante y un contradique, orientado hacia poniente, debido al transporte de sedimentos general de norte a sur. Su diseño no es muy original, pero su estética se puede mejorar utilizando formas redondeadas.



Figura 9: Puerto con dique paralelo.

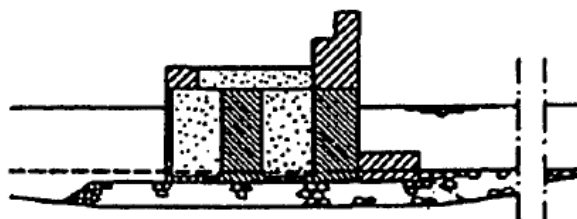
- Puerto isla: Esta alternativa puede presentarse en cualquiera de las formas anteriores pero tiene la singularidad de que está situada más mar adentro por cuestiones de calado y/o afectación a playas adyacentes.

4.3 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

La segunda variable a analizar es la sección tipo del dique de abrigo. El abanico de opciones es reducido, si bien se van a analizar cada una de las opciones posibles.

4.3.1 DIQUES

- Dique Vertical



Dique vertical - Cajones

Figura 10: Sección tipo de un dique vertical

En esta tipología el dique está compuesto por cajones que se asientan sobre un fondo preparado por gravas para distribuir las cargas uniformemente. El cajón sobresale sobre el nivel medio del mar y sobre el nivel de pleamar unos pocos metros y encima se coloca la berma de coronación para evitar ser rebasable. Es una estructura reflejante, es decir, que se refleja el oleaje incidente

Los cajones son prefabricados de hormigón en una planta especial que los produce y pone a flote, lo que reduce su precio. No obstante, la mayor parte del precio del dique se lo lleva el precio del hormigón y armadura, que es caro, aunque los cajones son huecos y rellenos de material de baja calidad.

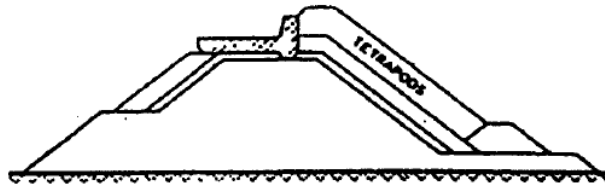
Esta tipología de dique está especialmente indicada para grandes calados, puesto que permite reducir de manera notable el volumen de material empleado respecto al dique tipo talud. Otra característica destacable es su elevada cota de coronación. En general, es razonable recurrir a este tipo de estructura para calados mayores de 18-20 m.

▪ **Diques en Talud**

Como se puede observar se presenta un dique en talud tipo, sin acotar hasta no realizar el predimensionamiento. Esta tipología es absorbente y destruye la ola por cambio brusco del fondo, por lo que no necesita cotas altas de coronación (reduciendo así su impacto visual). No obstante la superficie ocupada y el volumen de material seleccionado de cantera o de fábrica son considerablemente mayor.

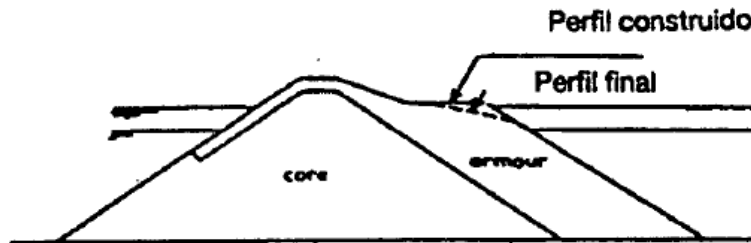
El dique en talud es una estructura que disipa la energía. Las ventajas que presenta son que es una estructura uniforme y tiene una gran capacidad de adaptación. Se puede construir usando material natural de escollera o a partir de elemento prefabricados. Esta última modalidad, que comporta un coste más elevado, suele ser recomendable cuando el calado ya no es pequeño (>8 m), que permite escoger taludes con más inclinación y, por tanto, reducir el volumen necesario.

- Dique en Talud Convencional



Dique en talud convencional

- Dique Berma



Dique Berna

- Dique en S



Dique en "S"

Figura 11: Secciones de diques en talud.

▪ **Dique Mixto**

El dique mixto es una solución intermedia que no requiere ni un cajón tan grande como el dique vertical ni tanto material de escollera y todo uno como el dique en talud. Esta solución se suele adoptar para diques verticales que han presentado fallo, y se refuerzan con la escollera en talud.

Según la R.O.M 0.1; los criterios para la selección de la tipología de diques son los siguientes:

- Los agentes del medio físico, del terreno, uso y explotación, de los materiales y de los métodos y procedimientos constructivos.
- Los requisitos de uso y explotación y los condicionantes morfológicos, medioambientales, constructivos y de los materiales de mantenimiento, reparación y desmantelamiento.
- La morfodinámica litoral, la calidad de las aguas y el entorno ambiental.

Así pues la elección pasa por cumplir una serie de requisitos del modo más económico posible.

▪ **Tipología del dique existente**

En 1973 se construyó el primer dique para la protección de la bahía de Cerbère, en la ubicación actual. Datos apuntan a que en 1998 y 2003 tuvo que ser reconstruido parcialmente por daños sufridos en la escollera. La sección transversal tipo del dique se representa en la Figura 12, cuyo el manto principal se componía de elementos de escollera de 2-5t. La coronación estaba formada en una sola capa con escollera de 5-7t.

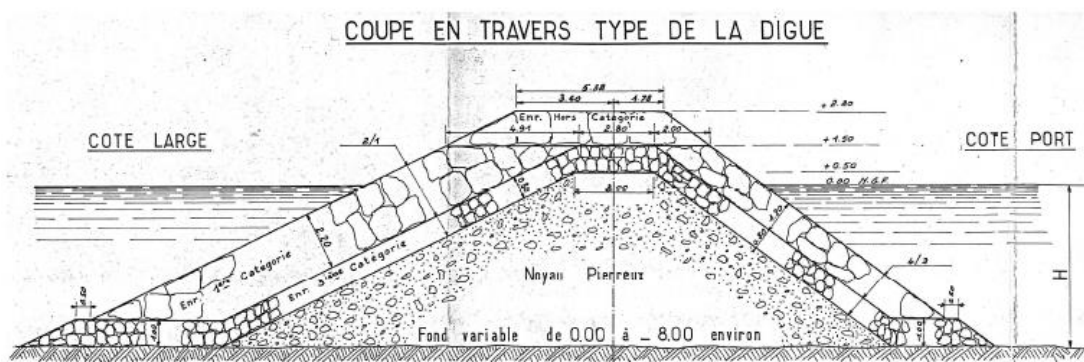


Figura 12: Sección transversal del dique construido en 1973.

En enero de 1979 el dique fue severamente dañado y reconstruido en 1980 en principio de manera idéntica, se supone ya que no hay disponible información sobre esta reparación. Sin embargo, después de la tormenta del invierno de 1997 que dañó fuertemente la estructura se llevó a cabo una reparación con escollera de 8-10t (ver Figura 13) elementos que fueron unidos en la parte trasera, mediante hormigón.

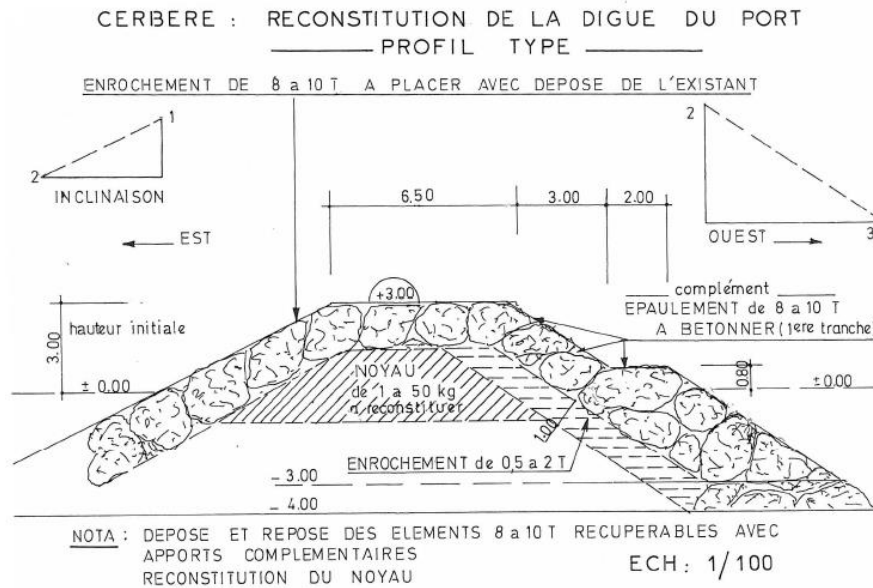


Figura 13: Sección tipo de la reparación efectuada en 1998.

De igual manera que ocurre con la reparación llevada a cabo en 1979, de la reparación en 2003 no existe ningún documento detallado; se sabe que nuevamente el dique fue reforzado con hormigón.

4.3.2 MUELLES

Las diferentes alternativas constructivas clásicas de los muelles son:

- Muelles con estructura de contención con paramento vertical. Estas se subdividen en:
 - Estructura de gravedad
 - Estructura de pantalla.

- Estructuras Abiertas

Las estructuras de contención de paramento vertical tienen un muro o una pantalla que contiene directamente el trasdós. Las estructuras de gravedad contienen el terreno posterior mediante su propio peso, siendo la solución más clásica. Dos tipologías frecuentes son el muelle de bloques y el muelle de cajones. El muelle de bloques consiste en una serie de bloques prefabricados que se colocan bajo el agua hasta una cota que permita el hormigonado in situ de la superestructura. La parte más complicada de su construcción es la colocación de los bloques y, en consecuencia, se tiende a hacerlos lo más grandes posible para disminuir el número de operaciones. Estos se rellenan in situ para reducir la capacidad necesaria de izado. Se fundamentan sobre una plataforma de escollera o sobre sacos de hormigón si el terreno es roca. Su viabilidad está limitada a un terreno natural de alta capacidad portante ya que se transmiten altas presiones al terreno de cimentación. Así pues, no es apto para terrenos blandos. Su discontinuidad entre elementos puede dar lugar a asentamientos diferenciales. Para evitarlo, los bloques deberán colocarse de manera “cortada”.

Los muelles de cajón pretenden aumentar el tamaño de los bloques vacíos y así evitar discontinuidades. Requieren también terrenos de aceptable capacidad portante. Las

estructuras de pantalla contienen el terreno posterior gracias a su encastramiento al fondo. Generalmente, se ayuda de tirantes de anclaje a la parte superior. Esta solución está especialmente indicada cuando el suelo es de bajo nivel de dragado, de tipo granular con densidades relativas medias o densas. Normalmente se opta por esta tipología en casos de aumento del calado de muelles ya existentes. Hay diferentes tipos de pantallas: pantalla anclada al trasdós, que trabaja por flexión, y pantalla con plataforma de descarga. Con la última opción se pretende disminuir el empuje sobre la pantalla y también se reducen los asentamientos donde se construyen la plataforma de hormigón.

Con las estructuras abiertas el terreno queda en talud y la horizontal hasta la línea de atraque se consigue mediante una solución estructural. Estas corresponden fundamentalmente a los muelles de pilotes aunque también pueden ser de pila. Consiste en una losa de hormigón pilotado, construido sobre un talud. Las estructuras de pilones están especialmente indicadas cuando el terreno natural es de baja capacidad portante o cuando es posible que se puedan producir asentamientos importantes. En muelles de gran calado puede presentar ventajas técnicas y económicas sobre estructuras de contención vertical. Los pilotes pueden ser todos verticales o con unos cuantos inclinados, para evitar que trabajen a esfuerzo cortante y, por lo tanto, a flexión, recogiendo las cargas horizontales.

Esta disposición constructiva contribuye a una mejor conservación de la losa, de cara a posibles impactos, pero, por contrapartida, las obras se encarecen. La naturaleza del suelo que se presenta en la zona es uno de los mayores condicionantes a la hora de escoger la tipología estructural de los muelles. El terreno se puede considerar de tipo incompresible y compacto a partir de los 2 metros de profundidad, por eso se toma la opción clásica de muelle por bloques de hormigón.

5. ALTERNATIVAS PROPUESTAS

A continuación se presentan las tipologías típicas de un puerto deportivo, que se tendrán en cuenta en el diseño de las alternativas, siempre adaptando éstas a las necesidades y características de la zona.

○ Alternativa 1

La primera alternativa propuesta se basa en la minimización de las actuaciones a realizar, en ésta se opta por la reconstrucción de un dique con características similares al existente. Las principales modificaciones consisten en alargar el dique hasta alcanzar aproximadamente los 100m conservando la orientación, de ésta manera se mejora la protección de la bahía en la época estival y se cumple con el objetivo principal de elevar la categoría del puerto en base a una oferta constante de amarres (durante todo el año en lugar de únicamente durante la época estival).

Esto se consigue mediante la mejora de la tipología estructural del dique de abrigo, que pasa a ser un dique berma, cuya sección tipo (para una profundidad media) se observa a continuación. El número de amarres a los que es posible dar abrigo durante todo el año se mantiene ya que el espacio en la bahía está limitado al tratarse de una zona con varios usos (baño, puerto deportivo, deportes náuticos, etc).

Las ventajas que se pueden identificar claramente adoptando esta solución son tres básicamente. Por un lado las instalaciones del puerto deportivo son fijas durante todo el año, resulta la alternativa más económica de entre las propuestas ya que se respetan los espacios existentes, zona de abrigo y accesos al puerto; por último se reduce al máximo el impacto sobre el medio ambiente y el entorno natural ya que la zona afectada se limita a la bahía. Sin embargo, se debe tener en cuenta que mediante la construcción de esta alternativa la bahía de Cerbère quedará más abrigada (alargamiento del dique de 20m) lo que probablemente aumentará el tiempo necesario de renovación de las aguas abrigadas y llevará a un empeoramiento de la calidad de las aguas de baño.

Dentro de esta alternativa se proponen dos ordenaciones diferentes de los amarres con las que se pretende conservar el número de amarres, respetar las distancias necesarias para el funcionamiento del puerto y la comodidad de los usuarios.

- Alternativa 1a

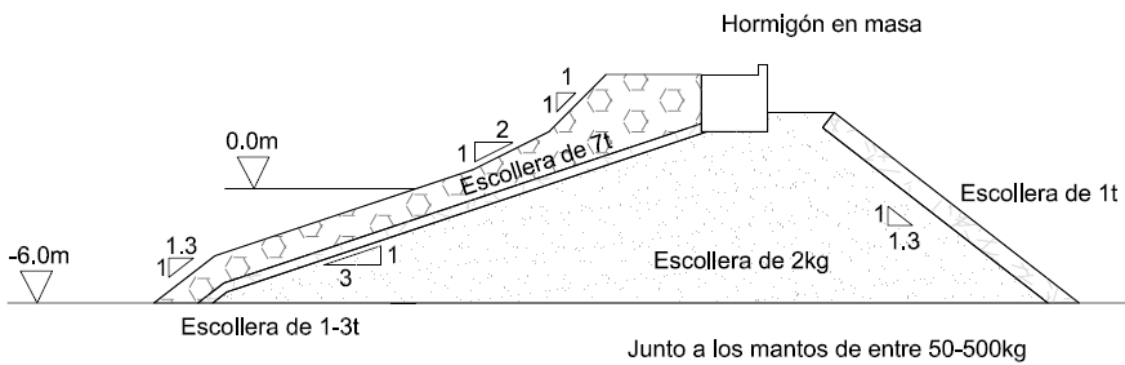
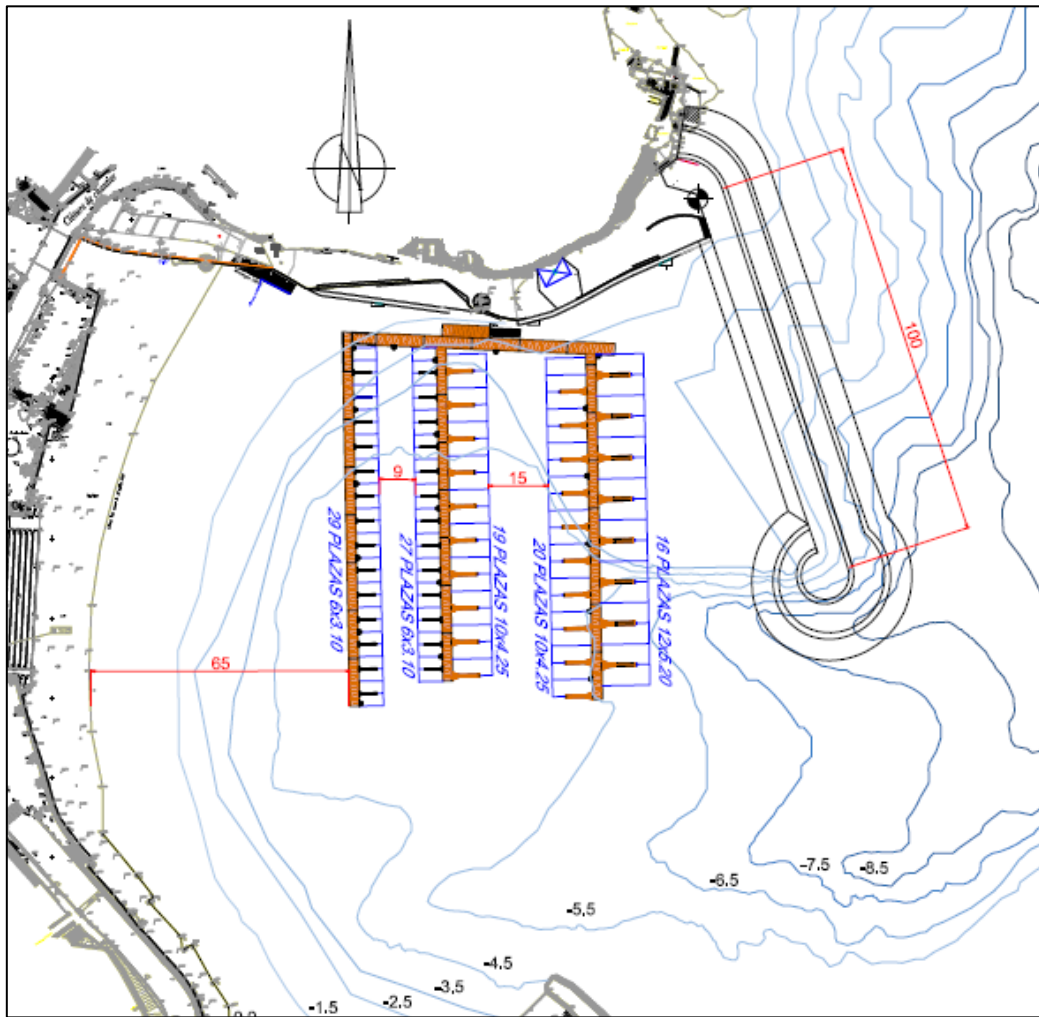


Figura 14: Vista en planta de la alternativa 1a y la sección tipo del dique berma para una profundidad media de -6m (profundidad máxima y mínima de -10m y -2m) emplazada en el interior de la bahía.

6x3.10m	10x4.25m	12x5.55m	Total Amarres
56	39	16	111

Tabla 2: Oferta de amarres alternativa 1a.

- Alternativa 1b

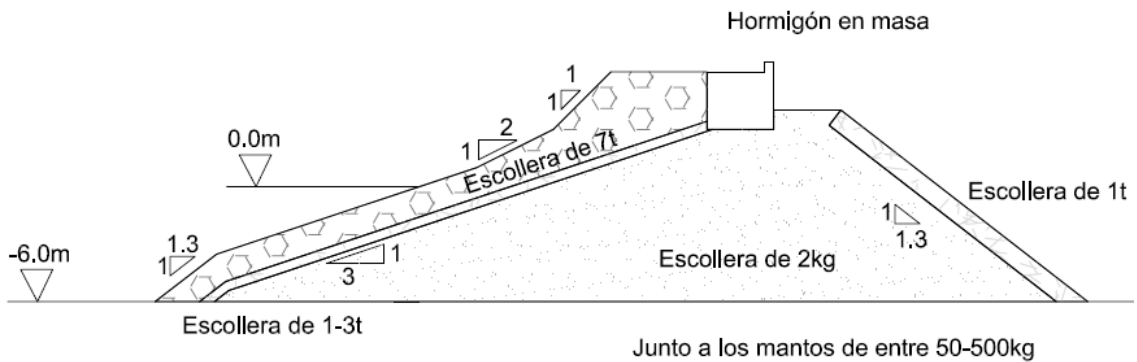
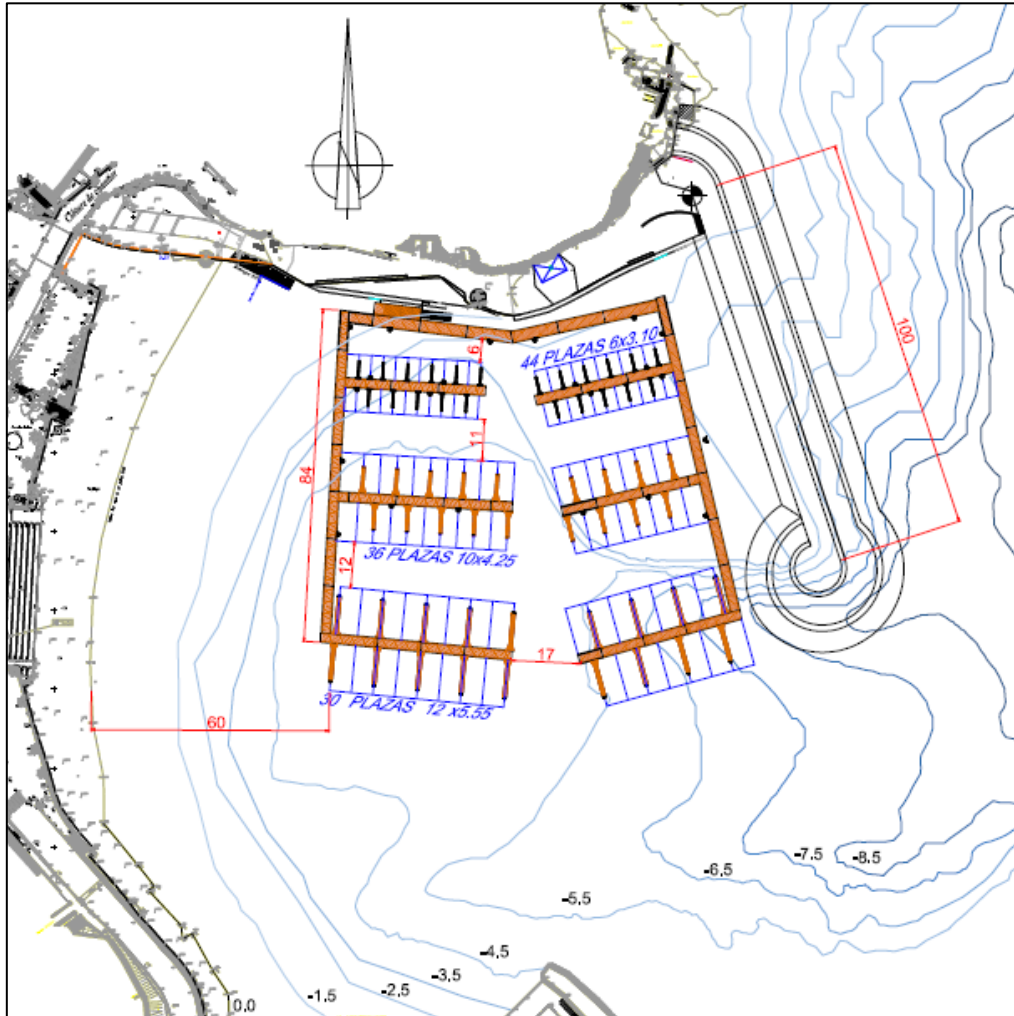


Figura 15 Vista en planta de la alternativa 1b y la sección tipo del dique berma para una profundidad media de -6m (profundidad máxima y mínima de -10m y -2m) emplazada en el interior de la bahía.

6x3.10m	10x4.25m	12x5.55m	Total Amarres
44	36	30	110

Tabla 3: Oferta de amarres alternativa 1b.

○ **Alternativa 2**

La segunda alternativa se basa en la construcción de un puerto deportivo situado más al norte de la bahía, de manera que se libera la playa que quedaría exclusivamente destinada a actividades lúdicas. Una clara ventaja que presenta dicha solución es la mejora de la calidad de las aguas en comparación con la alternativa 1, sin embargo tiene condicionantes medioambientales ya que a zona de acantilados que se ocupa como emplazamiento de la nueva infraestructura actualmente es una zona de gran riqueza natural por la cantidad de especies de fauna y flora que alberga (*Anejo 2: Estudio del medio*).

Dentro de esta alternativa se han elaborado diferentes propuestas mediante la variación de las estructuras de abrigo y el número de amarres ofertados. Una descripción más detallada de cada solución se presenta a continuación.

- Alternativa 2a

Esta solución se basa en la adecuación de la parte norte de la bahía, con un alargamiento del muelle existente se hará posible la entrada en vehículo de motor como para peatones al nuevo espacio. La estructura de abrigo se compone de un tramo de 187m de dique en talud (incluyendo dique y contradique), que alcanza una profundidad máxima de -13.0m y un tramo mayor de 176m de longitud de dique vertical que alanza la profundidad máxima en los -16.5m.

Ofrece un total de 173 amarres disponibles durante todo el año para embarcaciones deportivas de hasta 14m de eslora.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	14x6.00m	Total Amarres
52	46	40	16	12	173

Tabla 4: Oferta de amarres alternativa 2a.

Las ventajas identificables de esta solución es que de igual manera que la alternativa anterior ofrece un puerto deportivo durante todo el año; el número de amarres es ligeramente superior y además la oferta es mucho más completa ya que da cobijo a embarcaciones deportivas de cinco esloras diferentes. Como se ha comentado, libera la presión sobre la bahía de Cerbère mejorando la calidad de las aguas. El acceso a la nueva zona se prevé no demasiado complicado ya que la construcción se llevaría a cabo a través del muelle existente por el que podrían llegar los camiones y además posibilita la ampliación del municipio y actividades cerca del nuevo emplazamiento, que podría ser objeto de estudio para futuros proyectos.

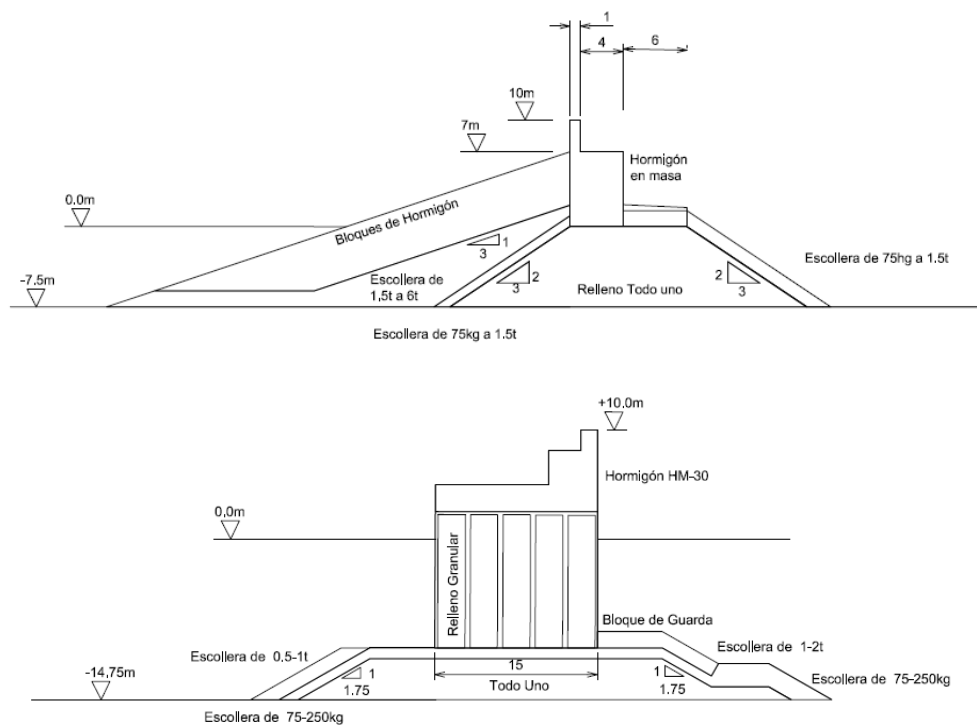
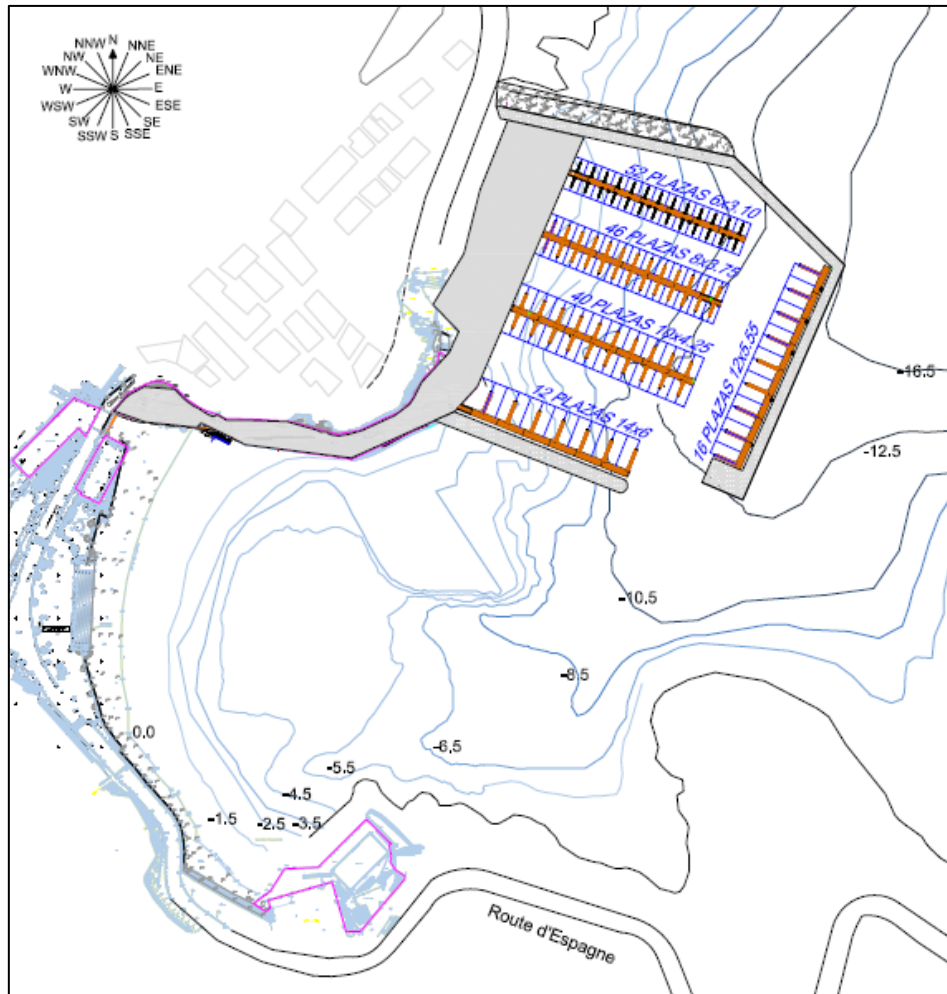


Figura 16: Vista en planta de la alternativa 2a en la playa de Cerbere y las secciones tipo de los diques en talud y vertical para las profundidades medias.

- Alternativa 2b

Esta solución se basa en la adecuación de la parte norte de la bahía, con un alargamiento del muelle existente se hará posible la entrada en vehículo de motor como para peatones al nuevo espacio. La estructura de abrigo se compone de un tramo de 219m de dique en talud (incluyendo dique y contradique), que alcanza una profundidad máxima de -13.0m y un tramo mayor de 178m de longitud de dique vertical que alanza la profundidad máxima en los -18m.

Con un total de 186 amarres, esta solución amplía la oferta de amarres debido a la configuración de las estructuras de abrigo que permiten un aprovechamiento óptimo del espacio. La eslora máxima se mantiene en 14m.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	14x6.00m	Total Amarres
59	49	45	19	14	186

Tabla 5: Oferta de amarres alternativa 2b.

Las ventajas identificables de esta solución es que de igual manera que la alternativa anterior ofrece un puerto deportivo durante todo el año; el número de amarres es significativamente superior al de las alternativas 1a y 1b y además la oferta es mucho más completa ya que da cobijo a embarcaciones deportivas de cinco esloras diferentes.

Como se ha comentado anteriormente, libera la presión que podría ejercer un puerto fijo anual sobre la bahía de Cerbère, lo que llevará probablemente a una mejora de la calidad de las aguas. El acceso a la nueva zona se prevé no demasiado complicado ya que la construcción se llevaría a cabo a través del muelle existente por el que podrían llegar los camiones y además posibilita la ampliación del municipio y actividades cerca del nuevo emplazamiento, que podría ser objeto de estudio para futuros proyectos.

La ampliación del muelle existente lleva a aumentar la disponibilidad de espacios para uso relacionados con las actividades náuticas que se estudiará más en adelante, sin embargo se prevé que el nuevo muelle ofrezca no solo el paso necesario para vehículos de motor sino también una zona peatonal por la que los habitantes puedan llegar hasta el nuevo puerto paseando.

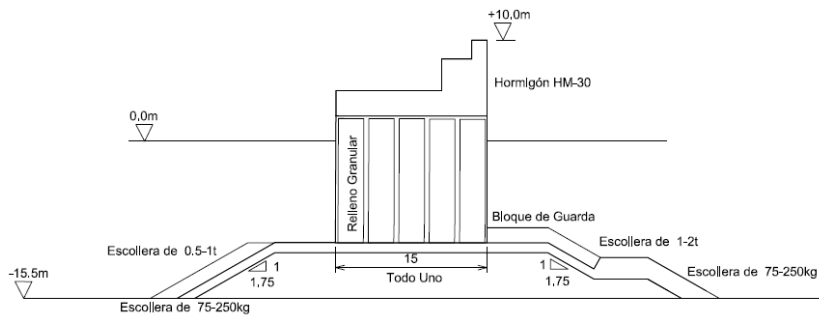
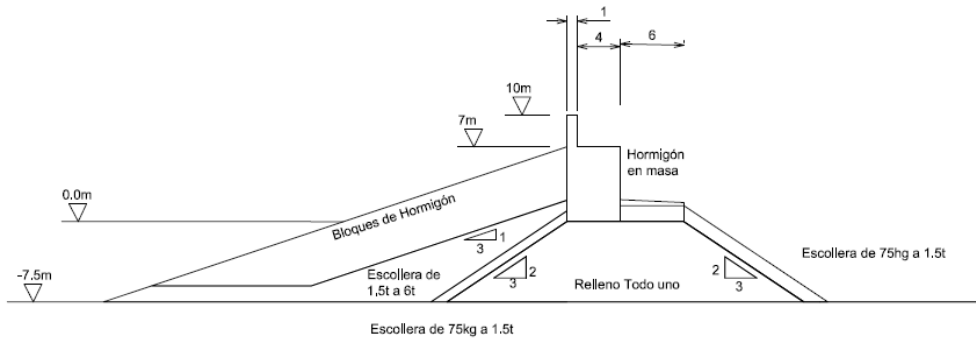
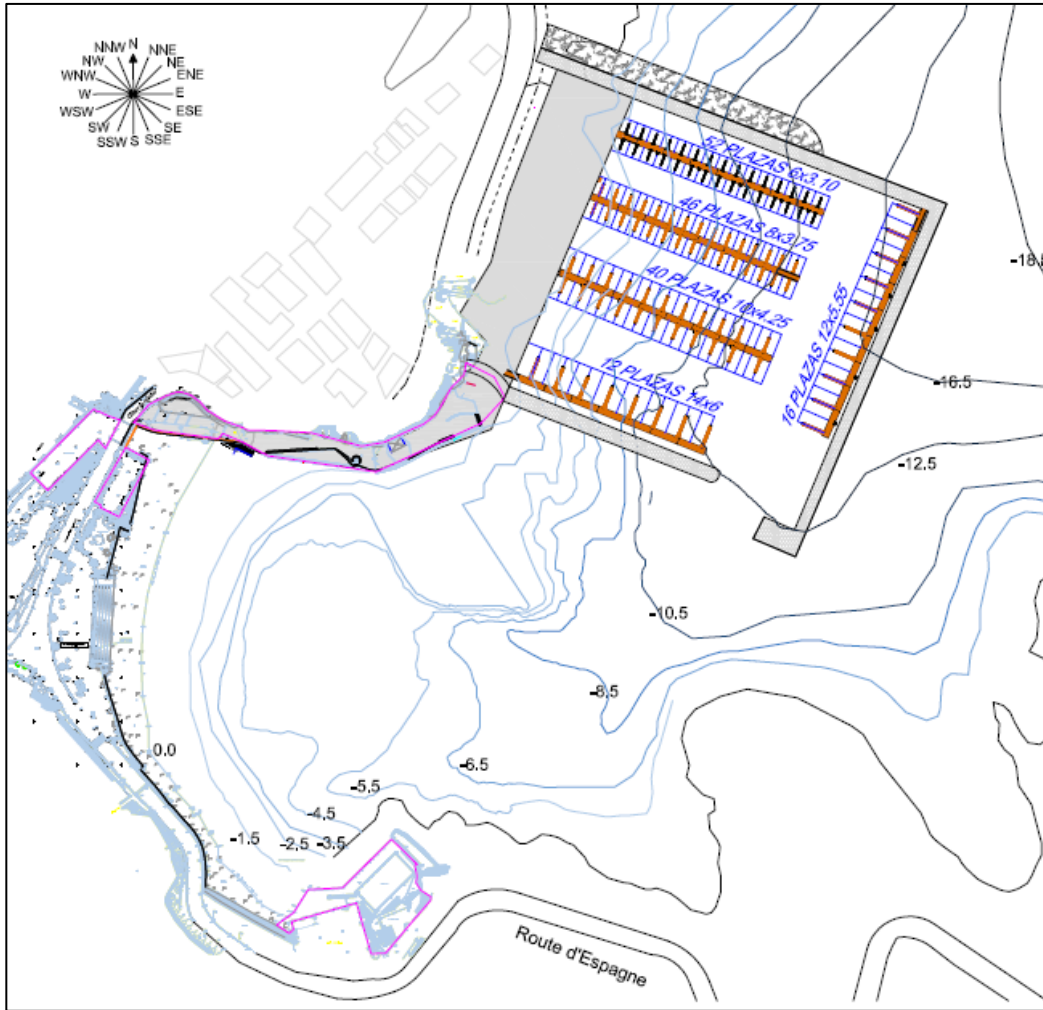


Figura 17: Vista en planta de la alternativa 2b en la playa de Cerbère y las secciones tipo de los diques en talud y vertical para las profundidades medias.

- Alternativa 2c

La penúltima solución que se ha estudiado en la zona norte ofrece unas características similares a las de las alternativas anteriores. Se mantiene el alargamiento del muelle existente, que hará posible la entrada de vehículos de motor como de peatones al nuevo espacio. Sin embargo la orientación y tipología de las estructuras de abrigo varían ligeramente.

Por un lado la tipología estructural, mientras otras alternativas se basan en la combinación de dique en talud y dique vertical, esta solución únicamente contempla la protección de la zona de abrigo mediante la construcción de diques en talud. Se espera que dicha variación resulte no sólo en la reducción de costes sino también en la disminución de la complejidad que supondría gestionar y coordinar la construcción de un dique vertical en un entorno con una clara limitación espacial como es la bahía de Cerbère.

Un total de 367m de dique rompeolas (en talud) que se complementan de 111m de contradique para a protección del nuevo puerto deportivo. La profundidad máxima alcanzada será de -15m aproximadamente.

En cuanto al número de amarres ofertados, asciende a un total de 151. Número menor que el de las alternativas 2ª y 2b debido a la configuración de los diques pero que sin embargo sigue siendo considerablemente mayor que el ofertado por las alternativas 1a y 1b. En este caso, el espacio está más limitado por lo que la eslora máxima es de 14 m.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	Total Amarres
54	48	25	24	151

Tabla 6: Oferta de amarres alternativa 2c.

Las ventajas de esta solución van de la mano de las anteriores. Ofrece un puerto deportivo durante todo el año con un número de amarres ofertado ligeramente superior al de las alternativas 1a y 1b pero inferior al de 2a y 2b.

Como se ha comentado anteriormente, libera la presión que podría ejercer un puerto fijo anual sobre la bahía de Cerbère, lo que llevará probablemente a una mejora de la calidad de las aguas. El acceso a la nueva zona se prevé no demasiado complicado ya que la construcción se llevaría a cabo a través del muelle existente por el que podrían llegar los camiones y además posibilita la ampliación del municipio y actividades cerca del nuevo emplazamiento, que podría ser objeto de estudio para futuros proyectos.

La ampliación del muelle existente lleva a aumentar la disponibilidad de espacios para uso relacionados con las actividades náuticas que se estudiará más en adelante, sin embargo se prevé que el nuevo muelle ofrezca no solo el paso necesario para vehículos de motor sino también una zona peatonal por la que los habitantes puedan llegar hasta el nuevo puerto paseando.

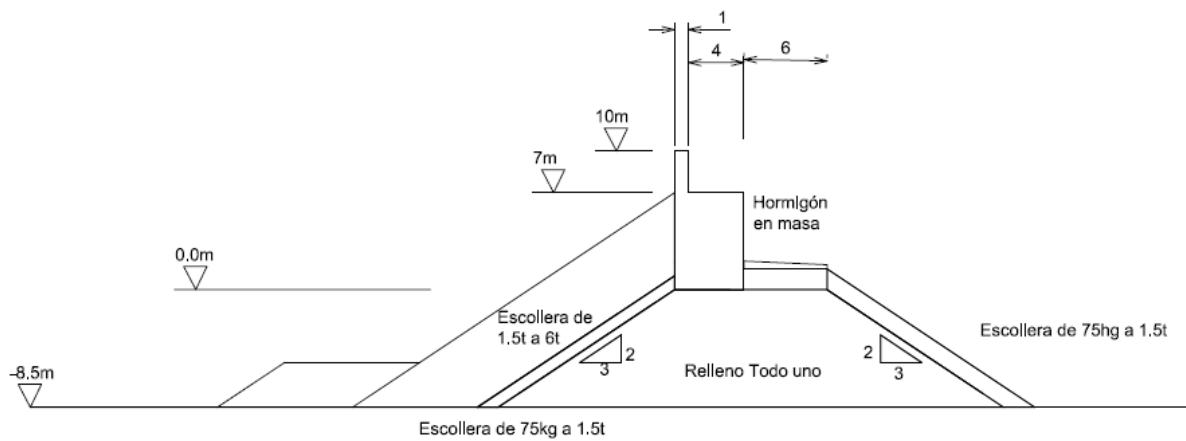
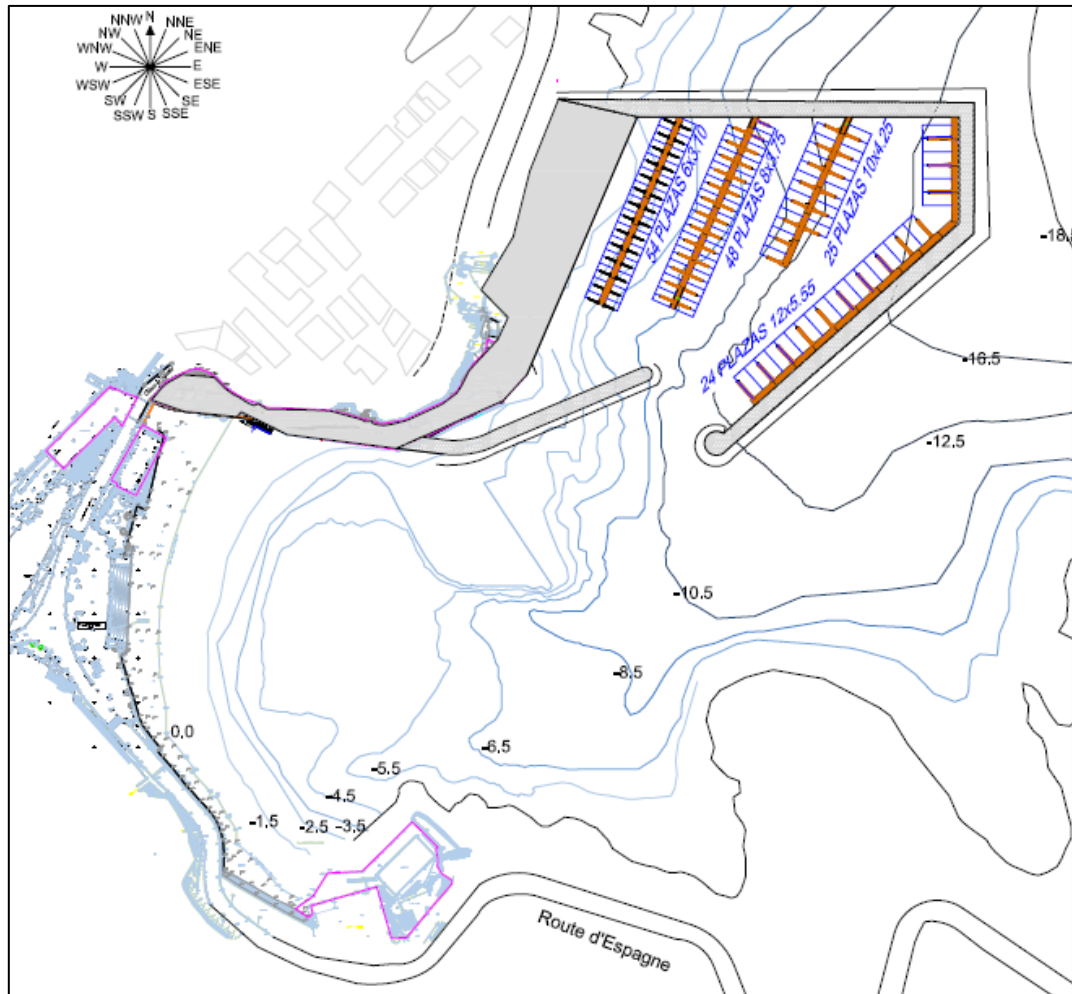


Figura 18: Vista en planta de la alternativa 2c en la playa de Cerbère y las sección tipo del dique en talud para la profundidad media.

- Alternativa 2d

Por último esta solución pretende mejorar las características ofrecidas por la alternativa anterior (2c). Las mejoras que proporciona esta alternativa radican en la reordenación de los amarres y en el aprovechamiento de espacios para la generación de zonas de ocio u otro crecimiento económico.

De la misma manera que la alternativa 2d, la protección de la zona de abrigo se consigue mediante la construcción de un dique rompeolas de longitud 385m cuyo contradique mide 132m de largo. La profundidad máxima alcanzada es del orden de -17m.

La reordenación de los amarres optimiza la distribución espacial consiguiendo un total de 165 amarres para embarcaciones de 12m de eslora máxima. Aunque la oferta no supone un aumento significativo de plazas, más allá del paso de puerto temporal a puerto deportivo fijo, se decide aprovechar el espacio que se genera detrás del contradique al que se podrá acceder desde el muelle y que alcanza un área de 3600m². Esto supone la posibilidad de ofrecer un espacio de ocio nuevo para la bahía, que sin duda supondrá un elemento clave en el crecimiento económico generado a partir de la construcción del nuevo puerto deportivo de Cerbère.

La siguiente tabla recoge datos más específicos acerca de los amarres.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	Total Amarres
59	48	40	20	165

Tabla 7: Oferta de amarres alternativa 2d.

Como se ha comentado anteriormente, esta alternativa libera la presión que podría ejercer un puerto fijo anual sobre la bahía de Cerbère, lo que llevará probablemente a una mejora de la calidad de las aguas. La orientación del dique de abrigo crea un canal por el que las aguas pueden entrar/salir de la bahía sin mayor problema.

El acceso a la nueva zona se prevé no demasiado complicado ya que la construcción se llevaría a cabo a través del muelle existente. Esta solución promueve el desarrollo sostenible del área ya que va de la mano de una oferta de calidad y no de cantidad. La zona norte del municipio quedará cosida por el puerto que muy probablemente ejercerá un efecto positivo sobre dicho área, fomentando su desarrollo e inclusión en las nuevas actividades creadas a raíz de la construcción del nuevo puerto.

Esta alternativa maximiza la oferta de nuevos espacios potenciales tanto para el sector náutico como para los habitantes y el turismo de Cerbère.

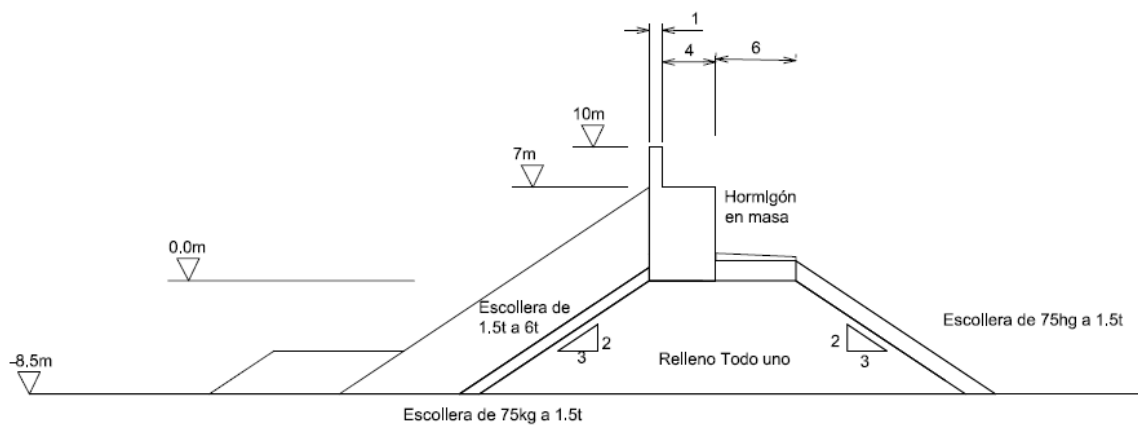
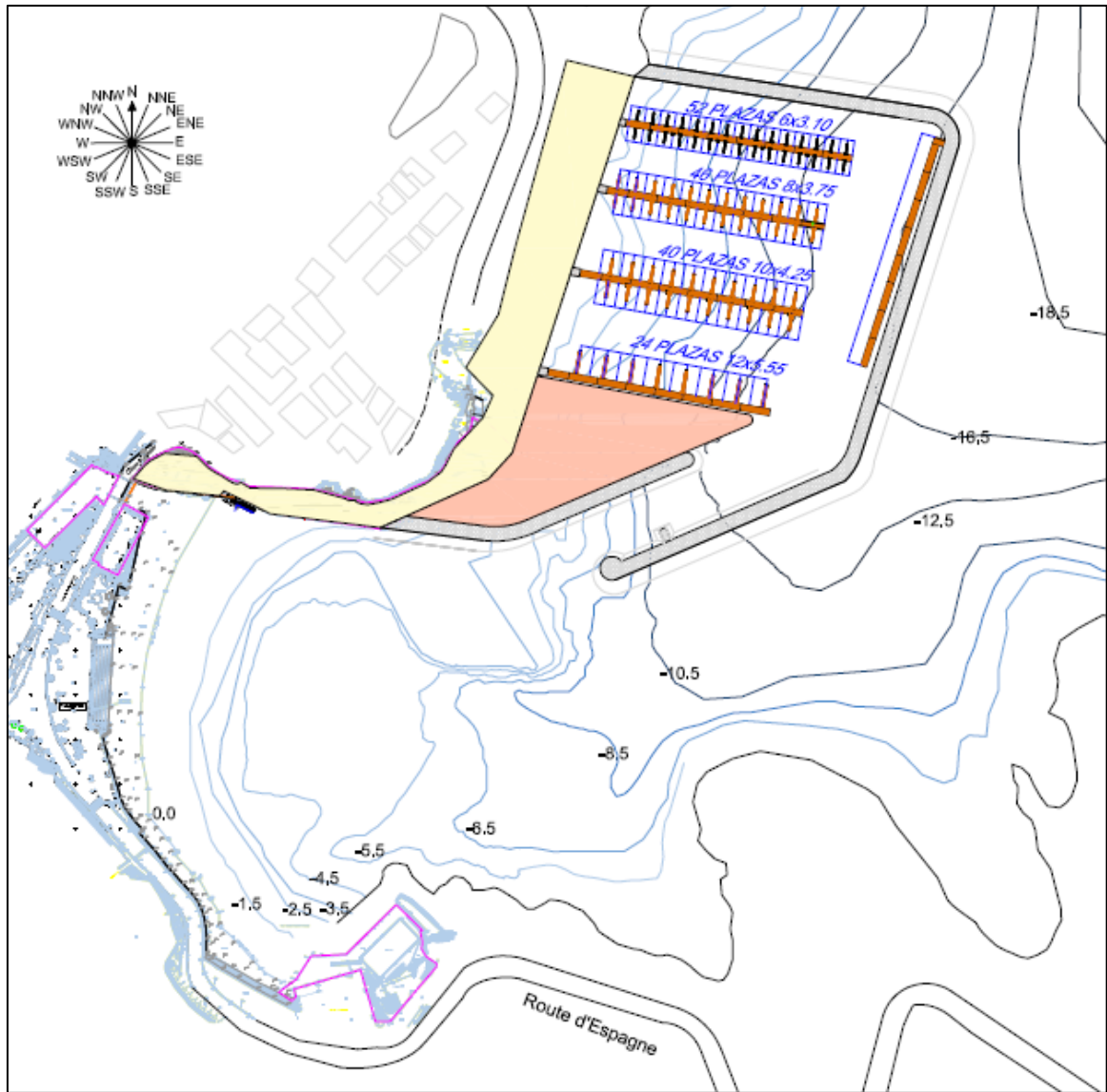


Figura 19: Vista en planta de la alternativa 2c en la playa de Cerberè y las sección tipo del dique en talud para la profundidad media.

○ **Alternativa 3**

Las alternativas presentadas en esta categoría se centran en la construcción de un nuevo puerto deportivo situado al sur de la bahía de Cerbère. Las configuraciones propuestas ofrecen cobijo a embarcaciones deportivas pequeñas sin embargo se ha ampliado el número de amarres ofrecidos sobretodo en la solución 3b, para hacer frente al coste de las actuaciones necesarias.

Aunque las configuraciones aquí propuestas y otras que podrían también ser posibles, tienen un alto nivel de potencial, la mayor desventaja que puede identificarse nace de la necesidad de construir nuevos accesos hacia la nueva área. Dicha actuación podría plantearse de diversas maneras, o bien permitiendo el acceso desde la zona de la bahía (de manera similar al muelle existente pero en el lado sur) hasta el puerto que conllevaría la pérdida de las tres pequeñas playas que se observan en la vista en planta; o bien construyendo un acceso más al sur del puerto por el que se pudiese acceder desde la Route d'Espagne, o bien ambas opciones al mismo tiempo. En cualquier caso, alguna de estas opciones debería llevarse a cabo, con lo que se estima el coste económico de las alternativas aquí recogidas será superior a los anteriores.

- Alternativa 3a

La estructura de abrigo se compone de un tramo de 101m de dique en talud que alcanza una profundidad máxima de -17.5m y un tramo mayor de 212m de longitud de dique vertical que alcanza la profundidad máxima en los -20m.

Con un total de 208 amarres, esta solución amplía la oferta de amarres debido a la configuración de las estructuras de abrigo que permiten un aprovechamiento óptimo del espacio. La eslora máxima se mantiene en 14m.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	14x6.00m	Total Amarres
61	52	44	22	29	208

Tabla 8: Oferta de amarres alternativa 3a.

Las ventajas identificables de esta solución es que de igual manera que la alternativa anterior ofrece un puerto deportivo durante todo el año; el número de amarres es significativamente superior al de las alternativas 1a y 1b, y del mismo orden que las alternativas tipo 2. De igual manera la oferta es más completa ya que da cobijo a embarcaciones deportivas de cinco esloras diferentes.

Una ventaja en común con las alternativas tipo 2 es que permiten el uso exclusivo de la playa para actividades lúdicas al quedar el puerto fuera de la bahía, por lo que se espera una mejora de la calidad de las aguas.

Como se ha hecho mención en arriba, la construcción de los accesos al nuevo puerto requiere una mayor cantidad de materiales, mano de obra y probablemente tiempo. Hecho que probablemente llevará a un aumento muy considerable de la duración de los trabajos en comparación con las alternativas tipo 1 y a un aumento considerable en comparación con las alternativas tipo 2. En este caso la ampliación del muelle (no se diseña completamente en la vista de la figura 19) sería de grandes dimensiones con lo que probablemente podría albergar nuevos

espacios, almacenes y ofrecer la entrada a vehículos de motor y peatones para que las personas puedan llegar hasta el nuevo puerto paseando.

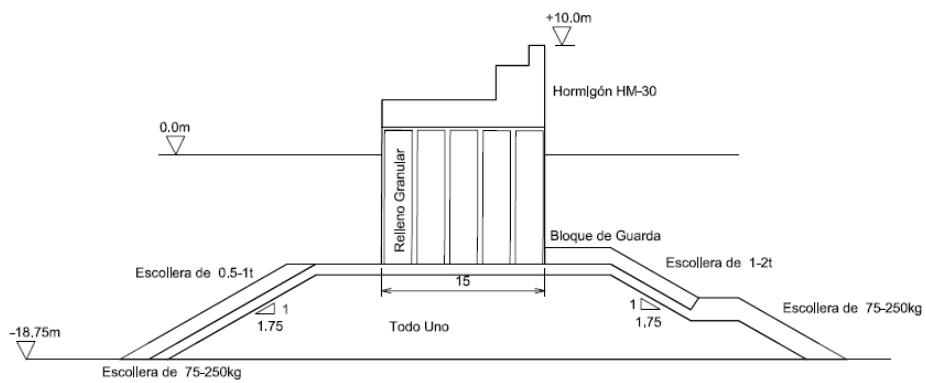
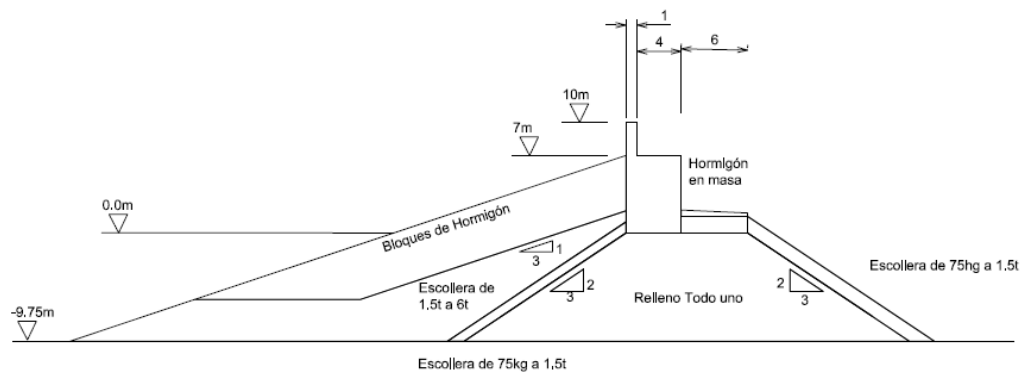
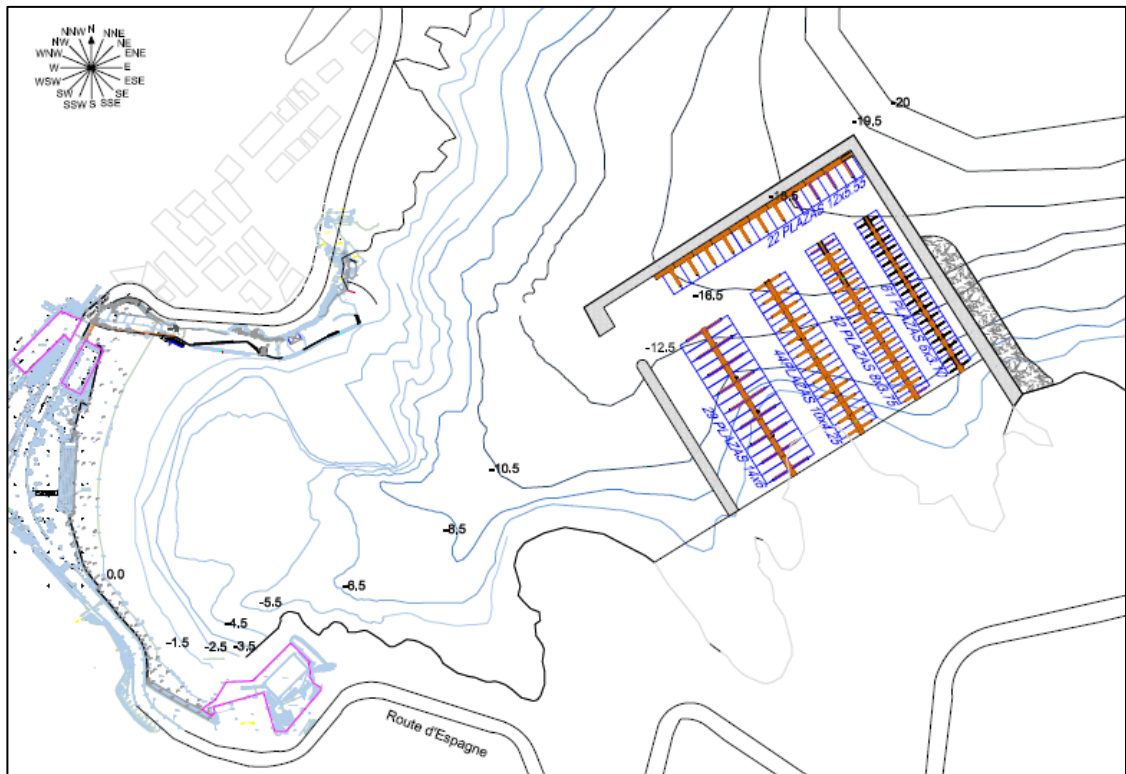


Figura 20: Vista en planta de la alternativa 3a en la playa de Cerbère y las secciones tipo de los diques en talud y vertical para las profundidades medias.

- Alternativa 3b

La estructura de abrigo se compone de un tramo de 122m de dique en talud que alcanza una profundidad máxima de -18.5 y un tramo mayor de 343m de longitud de dique vertical que alcanza la profundidad máxima en los -23m.

Con un total de 263 amarres, esta solución que mayor amplía la oferta de amarres debido a la configuración de las estructuras de abrigo que permiten un aprovechamiento óptimo del espacio. La eslora máxima se mantiene en 14m.

6x3.10m	8x3.75m	10x4.25m	12x5.55m	14x6.00m	Total Amarres
73	59	54	42	35	263

Tabla 9: Oferta de amarres alternativa 3a.

Las ventajas identificables de esta solución es que de igual manera que la alternativa anterior ofrece un puerto deportivo durante todo el año; el número de amarres es significativamente superior al de las alternativas 1a y 1b, y del mismo orden que las alternativas tipo 2. De igual manera la oferta es más completa ya que da cobijo a embarcaciones deportivas de cinco esloras diferentes. Esta particular solución se basa en la ampliación de la oferta de amarres como base para afrontar el coste de la obra.

De igual manera que las alternativas anteriores, con excepción de las de tipo 1 es que permiten el uso exclusivo de la playa para actividades lúdicas al quedar el puerto fuera de la bahía, por lo que se espera una mejora de la calidad de las aguas. Como se ha hecho mención en arriba, la construcción de los accesos al nuevo puerto requiere una mayor cantidad de materiales, mano de obra y probablemente tiempo. Hecho que probablemente llevará a un aumento muy considerable de la duración de los trabajos en comparación con las alternativas tipo 1 y a un aumento considerable en comparación con las alternativas tipo 2.

En este caso la ampliación del muelle (no se diseña completamente en la vista de la figura 20) sería de grandes dimensiones con lo que probablemente podría albergar nuevos espacios, almacenes y ofrecer la entrada a vehículos de motor y peatones para que las personas puedan llegar hasta el nuevo puerto paseando.

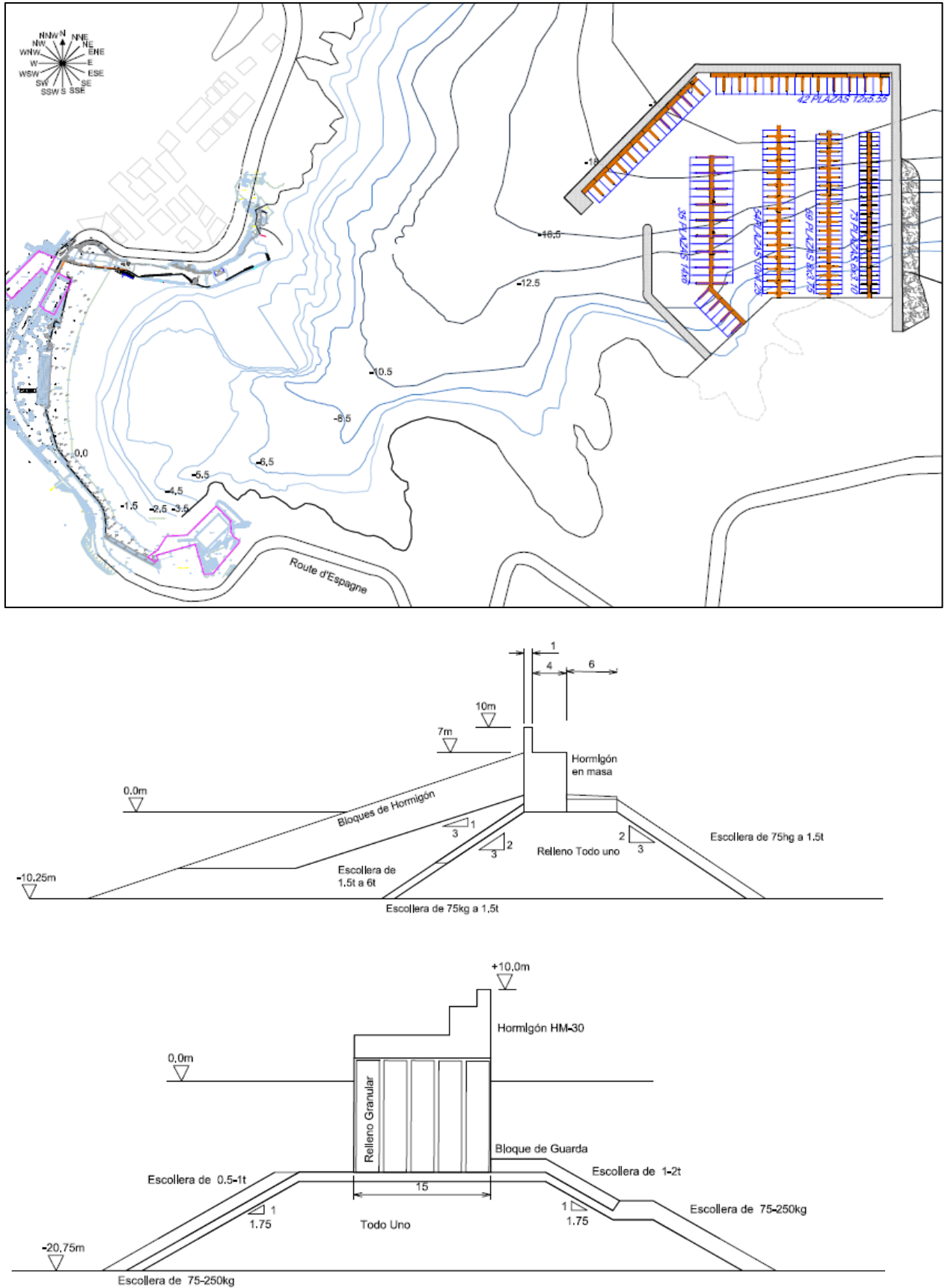


Figura 21: Vista en planta de la alternativa 3b en la playa de Cerbère y las secciones tipo de los diques en talud y vertical para las profundidades medias.

6. PREANÁLISIS CUALITATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

Como punto de partida para el análisis multicriterio, se realiza un pre-análisis cualitativo de los diferentes tipos de solución con el objetivo de evaluar si alguna de ellas es descartable desde un primer momento, sin necesidad de recurrir a un análisis multicriterio.

La siguiente tabla incluye los indicadores elegidos para la evaluación de las alternativas sin incluir las diferentes soluciones dentro de cada tipología

INDICADOR	SUBINDICADOR	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Sociológicos	Población servida.	Baja	Media	Alta
	Mano de obra requerida.	Baja	Media	Alta
Climáticos	Operatividad según vientos.	Alta	Alta	Alta
	Operatividad según oleaje,	Alta	Alta	Alta
	Protección. Periodo invernal	Alta	Alta	Alta
	Protección bahía contra la agitación	Alta	Media	Media
Medioambientales	Reciclaje aguas abrigadas.	Baja	Alta	Alta
	Afectación paisajística.	Media	Alta	Alta
	Ocupación fondos marinos.	Media	Alta	Alta
	Afectación a la fauna de la zona.	Baja	Media	Media
	Afectación a playas de la zona.	Media	Media	Alta
Económicos.	Coste total	Bajo	Medio	Alto
	Coste conservación	Bajo	Medio	Alto
	Duración trabajos (oportunidades pérdidas)	Media	Media	Media
	Cantidad materiales	Bajo	Media	Alta
Geológico y geotécnico.	Dragado	Medio	Bajo	Bajo
	Disponibilidad canteras	Alta	Media	Baja
Topográficos y geográficos.	Volumen sumergido.	Medio	Medio	alto
	Cercanía a la ciudad (acceso)	Alta	Medio	Medio

Tabla 10: Tabla evaluación cualitativa de los indicadores considerados para cada una de las alternativas.

En general se puede observar que las diferentes tipologías aquí propuestas tienen puntos a favor y aspectos en contra que las hacen más o menos idóneas para cumplir unos objetivos u otros. Por lo que el factor más importante de cara a la elección de la alternativa final es la definición detallada de los objetivos.

El presente proyecto tiene como objetivos principales:

- Construir un nuevo puerto deportivo fijo en el municipio de Cerbère.
- Promover un desarrollo sostenible del entorno, cuya prioridad es fomentar el desarrollo económico del municipio al mismo tiempo que intentar minimizar el daño causado hacia el medio ambiente.
- Coste económico no muy alto

En función de los resultados cualitativos obtenidos en el preanálisis y teniendo en cuenta las prioridades o bases sobre las que se quiere decidir qué solución es la mejor, se llega a la conclusión que las alternativas tipo 1 implican una disminución de la oferta de amarres. Desde el punto de vista de la calidad de las aguas de baño, e alargar el dique de abrigo cerraría aún más la bahía por lo que esto supondría un empeoramiento de la calidad de las aguas, junto a los residuos generados por las embarcaciones (restos de combustible) que afectaría negativamente no sólo al medio ambiente sino también al turismo que busca una oferta de calidad.

Por lo que, aunque esta tipología resulte la más baja a nivel de costes económicos, se decide prescindir de ésta en la siguiente fase.

Para un análisis más en profundidad de las ventajas e inconvenientes que se desprenden de las propuestas, el Anejo 7 contiene en primer lugar una explicación detallada de los objetivos o prioridades a las que se le va a dar mayor importancia o valor de cara a la construcción del nuevo puerto deportivo, y en segundo lugar un estudio comparativo completo de las soluciones en base a un análisis multicriterio.

En relación a las secciones tipo propuestas para las diferentes alternativas, éstas han sido empeladas para el cálculo aproximado del coste económico del material necesario para la construcción de cada propuesta. Por tato dichas secciones no serán las finales, si no que las secciones finales serán detalladamente calculadas después del dimensionamiento de las estructuras de abrigo y cuya configuración final se muestra en los planos 15, 16 y 17 Secciones de Abrigo.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 7: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	4
4. ELECCIÓN DE LOS CONCEPTOS Y SUBCONCEPTOS.....	5
4.3 INTRODUCCIÓN.....	5
4.4 CONCEPTOS Y SUBCONCEPTOS	6
4.4.1 Sociológicos	6
4.4.2 Medioambientales	7
4.4.3 Económicos.....	8
4.4.4 Funcionales	10
5. TABLA RESUMEN	12
5.3 CUADRO COMPARATIVO.....	13
5.3.1 Introducción.....	13
5.3.2 Ponderación de subconceptos	13
5.3.3 Resultados Ponderados	14
5.3.4 Alternativa escogida y conclusión.....	15

1. INTRODUCCIÓN

Partiendo de los estudios básicos que se han realizado en los anejos anteriores y de las alternativas propuestas en el “*Anejo 6: Alternativas*”, en el presente se realizará un estudio comparativo en detalla para poder determinar qué solución es la más apropiada.

Son muchos los conceptos que se pueden tener en cuenta. En general, los grandes Indicadores o conceptos de comparación (funcionalidad, economía, impacto al medio ambiente...) se subdividen en otros, que se denominarán de ahora en adelante subconceptos.

Sin embargo, se debe tener en cuenta cuáles son los aspectos más importantes que este proyecto quiere abarcar y qué objetivos se pretenden cumplir. Utilizar un gran número de subconceptos no garantiza una mejor aproximación a la solución óptima, sino que al contrario puede llevar a una situación de confusión.

2. OBJETO

El objeto de este Anejo es establecer un método racional capaz de evaluar cuál de las alternativas presentadas en el “*Anejo 6: Alternativas*” es la más adecuada, teniendo en cuenta tanto datos tanto físicos como económicos.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

A continuación se presenta un breve recordatorio de las principales características que ofrecen las soluciones propuestas dentro de las dos tipologías que analizaremos más en profundidad.

○ Alternativas tipo 2

La segunda alternativa se basa en la construcción de un puerto deportivo situado más al norte de la bahía, de manera que se libera la playa que quedaría exclusivamente destinada a actividades lúdicas. Una clara ventaja que presenta dicha solución es la mejora de la calidad de las aguas en comparación con la alternativa 1, sin embargo tiene condicionantes medioambientales ya que a zona de acantilados que se ocupa como emplazamiento de la nueva infraestructura actualmente es una zona de gran riqueza natural por la cantidad de especies de fauna y flora que alberga (*Anejo 2: Estudio del medio*).

Dentro de esta alternativa se han elaborado diferentes propuestas mediante la variación de las estructuras de abrigo y el número de amarres ofertados. Una descripción más detallada de cada solución se presenta a continuación.

○ Alternativas tipo 3

Las alternativas presentadas en esta categoría se centran en la construcción de un nuevo puerto deportivo situado al sur de la bahía de Cerbère. Las configuraciones propuestas ofrecen cobijo a embarcaciones deportivas pequeñas sin embargo se ha ampliado el número de amarres ofrecidos sobretodo en la solución 3b, para hacer frente al coste de las actuaciones necesarias.

Aunque las configuraciones aquí propuestas y otras que podrían también ser posibles, tienen un alto nivel de potencial, la mayor desventaja que puede identificarse nace de la necesidad de construir nuevos accesos hacia la nueva área. Dicha actuación podría plantearse de diversas maneras, o bien permitiendo el acceso desde la zona de la bahía (de manera similar al muelle existente pero en el lado sur) hasta el puerto que conllevaría la pérdida de las tres pequeñas playas que se observan en la vista en planta; o bien construyendo un acceso más al sur del puerto por el que se pudiese acceder desde la Route d'Espagne, o bien ambas opciones al mismo tiempo. En cualquier caso, alguna de estas opciones debería llevarse a cabo, con lo que se estima el coste económico de las alternativas aquí recogidas será superior a los anteriores.

4. ELECCIÓN DE LOS CONCEPTOS Y SUBCONCEPTOS

4.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es construir un nuevo puerto deportivo fijo en el municipio de Cerbère. De manera que se dé cobijo a una cierta cantidad de embarcaciones durante todo el año, en lugar de sólo durante la temporada de verano (situación existente). Como todas las alternativas dan respuesta a este objetivo básico dicho criterio no será utilizado en el análisis multicriterio pues no aporta información o permite jerarquizar entre las soluciones.

En segundo lugar se promueve un desarrollo sostenible del entorno, cuya prioridad es fomentar el desarrollo económico del municipio al mismo tiempo que intentar minimizar el daño causado hacia el medio ambiente. Las bases de dicho principio se explican en el *Anejo 4: Estudio Náutico* en las que queda constancia como la riqueza natural de la zona tiene un gran peso en otros aspectos, como en este caso es la construcción de nuevas infraestructuras.

Por lo tanto, se pretende elevar la categoría del puerto hasta convertirse en un puerto deportivo “competitivo” con otros cercanos. La calidad de los servicios ofrecidos deberá primar sobre la cantidad, sin dejar de lado aspectos básicos y necesarios.

4.2 FORMULACIÓN

Para la realización del análisis multicriterio, se deben definir una serie de conceptos y subconceptos que resalten las diferencias entre las alternativas propuestas y que permita jerarquizar, dado que el objetivo de este estudio comparativo es encontrar aquella alternativa que resulte más adecuada.

Se escogen un total de 13 conceptos y subconceptos que a continuación se evaluarán para cada una de las soluciones. La metodología escogida permite un correcto análisis cualitativo (a groso modo cuantitativo) que permite realizar comparaciones objetivas mediante fórmulas sencillas con las que se puntúan las alternativas con valores del 1 al 10. Posteriormente, mediante una ponderación de los criterios se obtendrá una puntuación final para cada alternativa que permitirá conocer cuál de ellas es la que mejor cumple los objetivos establecidos. Para ellos se emplean dos tipos de fórmulas:

Tipo de fórmula	Descripción	Ejemplo
Tipo A	Este tipo de fórmula premia con mayor puntuación a aquellos subconceptos cuya mayor cantidad redunde positivamente en la valoración final.	$P = 10 \cdot \left(\frac{V_x}{V_s}\right)$
Tipo B	Este tipo de fórmula premia con menor puntuación a aquellos subconceptos cuya mayor cantidad redunde negativamente en la valoración final	$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$

Tabla 1: Fórmulas aplicables a los conceptos y subconceptos.

4.3 CONCEPTOS Y SUBCONCEPTOS

En este apartado se determinan los conceptos y subconceptos que se emplearán en el estudio comparativo de soluciones, indicando para cada uno de ellos la fórmula de evaluación adoptada.

4.3.1 Sociológicos

- Crecimiento socioeconómico de la comarca

Para cuantificar las posibilidades de crecimiento que supone para la comunidad cada una de las alternativas, el valor más significativo es el incremento en el número de amarres que cada una de las soluciones supondría para el municipio. Cuánta más posibilidad de explotación, más capacidad de desarrollo. Por ello se utiliza una fórmula del tipo A, con el número de amarres como unidad de medida:

$$P = \left(\frac{V_x}{V_s} \right) \cdot 10$$

V_x = es el valor que estamos estudiando.
 V_s = es el valor superior.

Concediendo más importancia al que más superficie tiene, dado que la demanda del puerto será mayor cuantas mayores plazas se oferten.

Alternativa	Numero de amarres	Puntuación
A2a	173	6.6
A2b	200	7.6
A2c	151	5.7
A2d	165	6.3
A3a	208	7.9
A3b	263	10.0

Tabla 2: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto crecimiento socioeconómico de la comarca

- Empleo generado

El número de trabajadores contratados depende de dos factores; la empresa concesionaria y las dimensiones del futuro puerto. Para la valoración de este subconcepto emplearemos de nuevo la fórmula del tipo A, siendo la variable determinante el área total edificada.

$$P = \left(\frac{V_x}{V_s} \right) \cdot 10$$

V_x = es el valor que estamos estudiando.
 V_s = es el valor superior.

Según lo expuesto tendríamos la siguiente tabla:

Alternativa	Superficie edificada(m ²)	Puntuación
A2a	6211	5.2
A2b	6211	5.2
A2c	6211	5.2
A2d	10000	8.3
A3a	12000	10.0
A3b	12000	10.0

Tabla 3: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto generación de empleo

4.3.2 Medioambientales

➤ Conservación de especies protegidas

Existen en la zona de proyecto especies muy apreciadas, pertenecientes a una reserva natural “protegida” en diferentes grados por la legislación francesa vigente, y que verán reducida su población en función de la superficie ocupada. Resaltar que la bahía y su entorno no está dentro del área de máxima protección, por lo que la construcción de las alternativas propuestas podría llevarse a cabo. Para evaluar este subconcepto se emplea una fórmula del tipo B, con el área ocupada como unidad de medida.

$$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$$

V_x= Valor de estudio
 V_s= Valor superior
 V_i= Valor inferior

La tabla para este subconcepto es la siguiente:

Alternativa	Área ocupada(m ²)	Puntuación
A2a	25680	7.4
A2b	25680	7.4
A2c	20000	10.0
A2d	20000	10.0
A3a	30000	5.3
A3b	41500	0.0

Tabla 4: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto conservación especies protegidas

➤ Impacto visual

El impacto visual que generaría cada una de las tres tipologías es considerablemente diferente, ya que los emplazamientos son también diferentes. Existen diferentes unidades de medida válidas para la calificación de este subconcepto; dado que independientemente de la alternativa escogida toda solución creará un impacto visual que afectará a un área u a otra en función del emplazamiento, se ha optado por evaluar que alternativa afecta más al paisaje que se observa desde la zona de baño, es decir la bahía.

La fórmula a emplear es del tipo B.

$$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$$

V_x= Valor de estudio
 V_s= Valor superior
 V_i= Valor inferior

La tabla para este subconcepto es la siguiente:

Alternativa	Ocupación perspectiva (m)	Puntuación
A2a	6	4.3
A2b	7	2.9
A2c	5	5.7
A2d	2	10.0
A3a	9	0.0
A3b	8	1.4

Tabla 5: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto impacto visual.

➤ Calidad de las aguas

El cerramiento de la superficie abrigada supondrá una mayor o menor renovación de las aguas. Cuanto mayor sea la renovación de dichas aguas mejor será su calidad, por lo que el indicador seleccionado para evaluar este subconcepto es la anchura de la bahía que queda libre de estructuras de abrigo y permite la circulación de las aguas.

Se empleara una fórmula del tipo A:

$$P = \left(\frac{V_x}{V_s} \right) \cdot 10$$

V_x = es el valor que estamos estudiando.
 V_s = es el valor superior.

La tabla es la siguiente:

Alternativa	Indicador (m)	Puntuación
A2a	74	4.6
A2b	59	3.7
A2c	95	5.9
A2d	90	5.6
A3a	100	6.3
A3b	160	10.0

Tabla 6: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto calidad de las aguas.

4.3.3 Económicos

➤ Potencial de explotación de amarres

La viabilidad del proyecto depende principalmente de la capacidad de explotación de amarres que suponga cada alternativa. Y no tan sólo la cantidad sino también el tipo de oferta, es decir hasta que eslora se puede dar abrigo en el puerto. Por esta razón, para medir este subconcepto se toma como indicador la superficie total de amarres ya que esto nos dará una medida real de la superficie ofertada. Se emplea una fórmula del tipo A

$$P = \left(\frac{V_x}{V_s} \right) \cdot 10$$

La tabla es la

V_x = es el valor que estamos estudiando.
 V_s = es el valor superior.

Alternativa	Superficie de amarres (m ²)	Puntuación
A2a	6980	5.3
A2b	9301	7.0
A2c	5709	4.3
A2d	6500	5.0
A3a	9452	7.1
A3b	13289	10.0

Tabla 7: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto potencial de explotación de amarres.

➤ **Potencial de explotación de instalaciones lúdicas**

Una de las fuentes de ingresos importantes para los puertos deportivos es la proveniente de las actividades comerciales, del restaurante, del club náutico, de la explotación de plazas de parking. Dichos conceptos están relacionados de manera directa con la disponibilidad de los servicios náuticos y el potencial de explotación de instalaciones lúdicas. Para valorar este subconcepto se emplea una fórmula del tipo A.

$$P = \left(\frac{V_x}{V_s} \right) \cdot 10$$

V_x = es el valor que estamos estudiando.
 V_s = es el valor superior.

La tabla es la siguiente:

Alternativa	Instalaciones lúdicas (m ²)	Puntuación
A2a	0	0
A2b	0	0
A2c	0	0
A2d	3600	10.0
A3a	0	0
A3b	0	0

Tabla 8: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto explotación de instalaciones lúdicas.

➤ **Coste de las estructuras de abrigo**

El indicador de medida de este subconcepto será el precio del dique proyectado que se calculará multiplicando el precio de los materiales proyectados en una sección tipo por su longitud lineal. Para ello se ha utilizado el TCQ que ofrece los precios actualizados y el cual ofrece una idea del orden de magnitud del coste que conllevaría la construcción de las estructuras de abrigo para cada solución.

La fórmula a emplear será de tipo B.

$$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$$

V_x = Valor de estudio
 V_s = Valor superior
 V_i = Valor inferior

La tabla es la siguiente:

Alternativa	Precio Dique (€)	Puntuación
A2a	14.301.876,74	6.5
A2b	16.061.241,34	5.4
A2c	20.290.215,36	2.9
A2d	8.250.000	10.0
A3a	17.272.401,90	4.7
A3b	25.312.694,35	0.0

Tabla 9: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto coste de las estructuras de abrigo.

➤ Coste de movimientos de tierras

En este caso, la unidad de medida será la cantidad de m³ que son necesarios para llevar a cabo la alternativa proyectada. Por un lado se podría considerar el volumen de tierra a dragar y por otro lado el volumen de relleno necesario. Dada la configuración natural (profundidad en la bahía) de la zona de estudio el primero se considera reducido y no muy dispar entre alternativas, sin embargo si existe gran diferencia entre el volumen de tierras que se deberá aportar para construir las diferentes alternativas. Las siguientes cantidades son medidas aproximadas del volumen de relleno necesario.

$$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$$

V_x= Valor de estudio
 V_s= Valor superior
 V_i= Valor inferior

La tabla para este subconcepto es la siguiente:

Alternativa	Mov. de Tierras (m ³)	Puntuación
A2a	10000	10.0
A2b	10000	10.0
A2c	10000	10.0
A2d	10000	10.0
A3a	17000	6.5
A3b	30000	0.0

Tabla 10: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto coste del movimiento de tierras.

4.3.4 Funcionales

➤ Cohesión de las instalaciones

Si las distintas instalaciones del puerto se encuentran a poca distancia unas de otras, esto redundará positivamente en la comodidad y en la productividad del puerto. Para medir este subconcepto se emplea como indicador la distancia máxima entre dos puntos de la infraestructura, teniendo en cuenta que las instalaciones existentes están distribuidas en el entorno de la bahía, cuyas dimensiones no son muy grandes y están más bien limitadas, se ha escogido como punto de referencia el parking existente que se encuentra en la playa u que actualmente está en funcionamiento.

Por lo tanto se utiliza una fórmula del tipo B:

$$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$$

V_x= Valor de estudio
 V_s= Valor superior
 V_i= Valor inferior

La tabla es la siguiente:

Alternativa	Distancia máxima (m)	Puntuación
A2a	400	10.0
A2b	400	10.0
A2c	420	9.4
A2d	420	9.4
A3a	665	2.5
A3b	753	0.0

Tabla 11: Puntuación para el subconcepto: Cohesión de las instalaciones.

➤ **Facilidad de maniobra de entrada al puerto.**

La forma geométrica en la que sean colocados los diques y contradiques entorpecerá o facilitará la maniobra de entrada al puerto. Nos fijaremos sobre todo en la zona de amarre para las embarcaciones deportivas. El elemento clave será el número de giros para entrar al puerto y a las zonas de amarre. La fórmula será del tipo B:

$$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$$

V_x = Valor de estudio
 V_s = Valor superior
 V_i = Valor inferior

La tabla para este subconcepto es la siguiente:

Alternativa	Nº de giros	Puntuación
A2a	3	10.0
A2b	3	10.0
A2c	3	10.0
A2d	3	10.0
A3a	4	0.0
A3b	4	0.0

Tabla 13: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto facilidad de maniobra de entrada al puerto

➤ **Simplicidad de la maniobra de atraque.**

Se medirá en tiempo que tarda en completar la maniobra. Pero como supondremos una velocidad igual para todas las embarcaciones, el indicador a utilizar será la distancia entre el barco que recorra menos distancia para amarrar y el que más recorra. Usamos por el tipo de subconcepto una fórmula del tipo B:

$$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$$

V_x = Valor de estudio
 V_s = Valor superior
 V_i = Valor inferior

La tabla es la siguiente:

Alternativa	Distancia Media (m)	Puntuación
A2a	170	8.4
A2b	183	7.7
A2c	137	10.0
A2d	211	6.3
A3a	223	5.7
A3b	338	0.0

Tabla 14: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto facilidad de la maniobra de atraque

➤ **Alteraciones batimétricas en las proximidades**

Se refiere a la afectación que tendrán las obras de abrigo en el transporte de sedimentos debido a las corrientes longitudinales existentes. Como variable se empleará la distancia de construcción mar adentro que supondría cada alternativa (a

partir de la cota -6m), se trataría de cuantificar el efecto barrera causada por el dique. Se emplea una fórmula del tipo B para su evaluación.

$$P = 10 - \frac{10 \cdot (V_x - V_i)}{V_s - V_i}$$

V_x = Valor de estudio
 V_s = Valor superior
 V_i = Valor inferior

La tabla para este último subconcepto es la siguiente.

Alternativa	Distancia(m)	Puntuación
A2a	120	10.0
A2b	120	10.0
A2c	120	10.0
A2d	120	10.0
A3a	150	6.3
A3b	200	0.0

Tabla 16: Puntuación para el subconcepto: Subconcepto alteraciones batimétricas.

5. TABLA RESUMEN

Recogemos en este apartado todas las comparaciones anteriores en una tabla para poder visualizarlas de forma rápida y clara.

Conceptos	A2a	A2b	A2c	A2d	A3a	A3b
Crecimiento socioeconómico	6.6	7.6	5.7	6.3	7.9	10.0
Empleo generado	5.2	5.2	5.2	8.3	10.0	10.0
Especies protegidas	7.4	7.4	10.0	10.0	5.3	0.0
Impacto visual	6.7	6.7	7.0	10.0	8.2	10.0
Calidad de las aguas	5.8	5.3	6.4	5.6	7.3	10.0
Potencial de explotación de amarres	5.3	7.0	4.3	5.0	7.1	10.0
Potencial de explotación instalaciones lúdicas	6.5	6.5	6.5	10.0	10.0	10.0
Coste de diques	10.0	8.8	6.0	10.0	8.2	0.0
Coste de volúmenes	10.0	10.0	10.0	10.0	6.5	0.0
Cohesión de las instalaciones	10.0	10.0	9.4	9.4	2.5	0.0
Accesibilidad por mar	10.0	10.0	10.0	10.0	0.0	0.0
Simplicidad maniobras de atraque	8.4	7.7	10.0	6.3	5.7	0.0
Variaciones batimétricas	10.0	10.0	10.0	10.0	6.3	0.0
TOTAL	101.7	102.1	100.4	110.9	85.1	60.0

Tabla 17: Resumen de las puntuaciones obtenidas para cada una de las alternativas.

5.3 CUADRO COMPARATIVO

5.3.1 Introducción

Unos criterios tienen más importancia que otros. Es necesario por lo tanto establecer unos coeficientes de ponderación de las puntuaciones obtenidas que regulen el peso de cada criterio, dando más importancia a aquellos criterios que se consideren determinantes en la elección de la alternativa más adecuada.

5.3.2 Ponderación de subconceptos

En el siguiente cuadro podemos ver el porcentaje de cada concepto, así como los pesos correspondientes a cada subconcepto

Concepto	Porcentaje	Subconcepto	Peso
Socioeconómicos	20 %	Crecimiento socioeconómico	10
		Empleo generado	10
Medioambientales	20%	Especies protegidas	9
		Impacto Visual	9
		Calidad de las aguas	2
Económicos	40%	Potencial amarres	3
		Instalaciones lúdicas	9
		Coste diques	14
		Coste volúmenes	14
Funcionales	20%	Cohesión instalaciones	5
		Accesibilidad por mar	5
		Maniobras de atraque	5
		Variaciones batimétricas	5
TOTAL	100%		100

Tabla 18: Pesos para cada uno de los subconceptos a aplicar a las alternativas.

5.3.3 Resultados Ponderados

El cuadro que recoge las puntuaciones anteriores ya ponderadas para cada subconcepto, así como la valoración final de las alternativas es el siguiente

Conceptos	Peso	A2a	A2b	A2c	A2d	A3a	A3b
Crecimiento socioeconómico	10	65.8	76.0	57.4	63.0	79.1	100.0
Empleo generado	10	51.8	51.8	51.8	83.0	100.0	100.0
Especies protegidas	9	66.2	66.2	90.0	90.0	48.1	0.0
Impacto Visual	9	60.3	60.3	62.6	90.0	74.2	90.0
Calidad de las aguas	2	11.6	10.5	12.8	11.2	14.6	20.0
Potencial explotación amarres	3	15.8	21.0	12.9	15.0	21.3	30.0
Potencial explotación instalaciones lúdicas	9	58.5	58.5	58.5	90.0	90.0	90.0
Coste de diques	14	140.0	122.7	83.5	140.0	115.2	0.0
Coste de volúmenes	14	140.0	140.0	140.0	140.0	91.0	0.0
Cohesión de las instalaciones	5	50.0	50.0	47.2	47.0	12.5	0.0
Accesibilidad por mar	5	50.0	50.0	50.0	50.0	0.0	0.0
Simplicidad maniobras de atraque	5	41.8	38.6	50.0	31.5	28.6	0.0
Variaciones batimétricas	5	50.0	50.0	50.0	50.0	31.3	0.0
TOTAL	12	801.8	795.6	766.6	900.7	705.8	430.0

Tabla 19: Puntuaciones finales ponderadas para cada una de las alternativas

Para establecer una valoración sobre 10 puntos, mucho más clara y asimilable, utilizamos la siguiente expresión.

$$P_f = 5 + 10 \left(\frac{P_i - P_m}{P_m} \right)$$

En donde P_i es la puntuación total obtenida en el cuadro comparativo para cada alternativa "i" y P_m es la media de las puntuaciones total. Con esto resulta lo siguiente:

Alternativa	P_i	P_m	P_f
A2a	801.8	733.4	5.9
A2b	795.6		5.8
A2c	766.6		5.5
A2d	900.7		7.3
A3a	705.8		4.6
A3b	430.0		0.9

Tabla 20: Puntuaciones finales sobre 10 para cada una de las alternativas

5.3.4 Alternativa escogida y conclusión

En vista a los resultados, las alternativas de tipo 2 son las que reciben mejor puntuación. Por el contrario las soluciones que proponen la construcción del nuevo puerto en la zona sur obtienen una puntuación considerablemente menor, que alcanza el mínimo en la alternativa 3b (1.1). Esta situación se deba probablemente al gran volumen de tierras que sería necesario aportar para construir los accesos desde la bahía hasta las nuevas instalaciones portuarias y a que conlleva la mayor afección al medio ambiente. En cuanto a las soluciones que obtienen mayor puntuación, la alternativa 2d obtiene una puntuación de 7.3, valor considerablemente superior al del resto. Esto significa que dicha solución es la que mejor satisface los objetivos y criterios fijados a los que se quería dar respuesta mediante el estudio de este proyecto, respetando aspectos tan importantes como la eficiencia económica y la conservación del medioambiente.

La decisión que se toma a partir de los resultados obtenidos es continuar con el diseño y desarrollo en detalle de la alternativa 2d, ya que es la más idónea para la realización del “Nuevo Puerto Deportivo de Cerbère”.

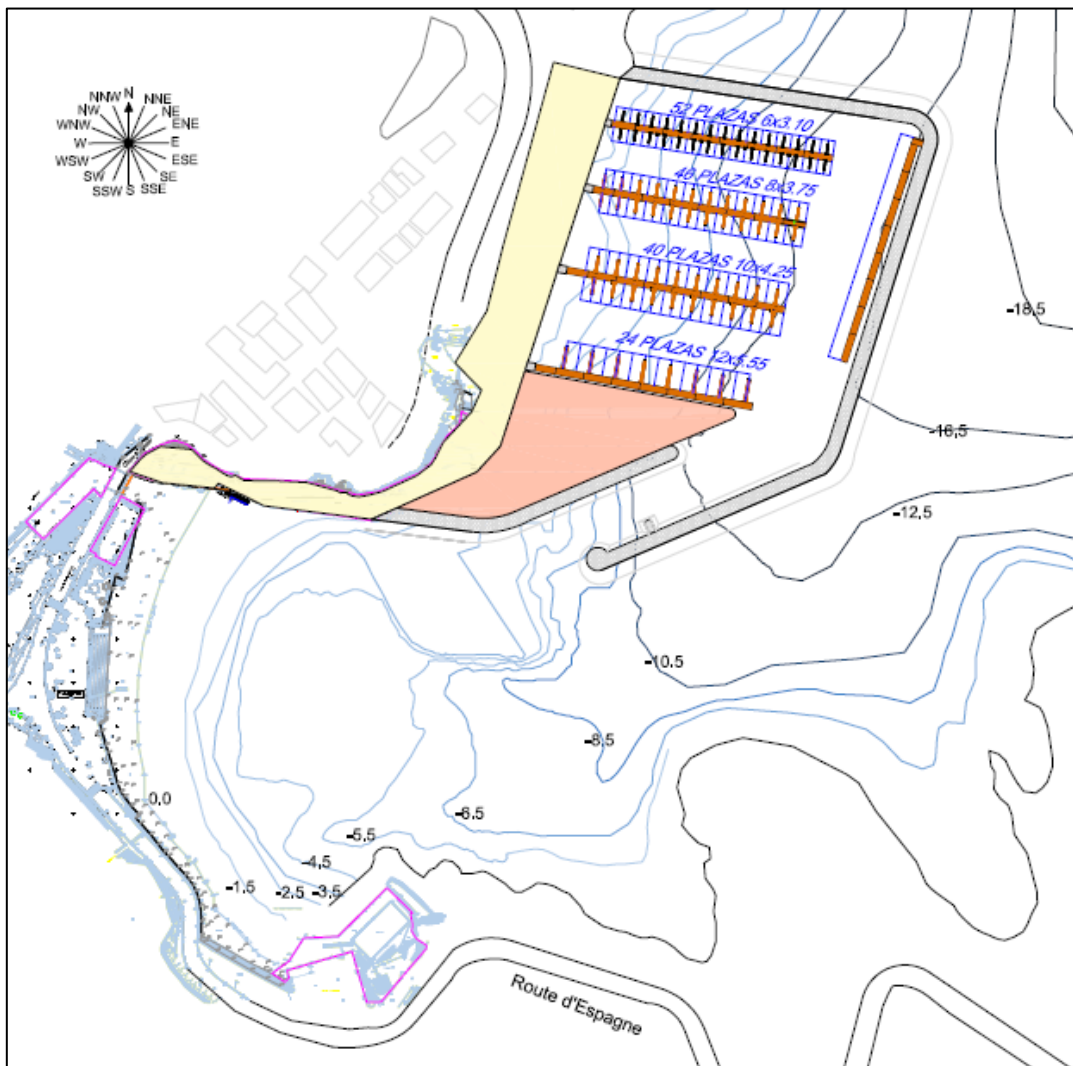


Figura 1: Vista en planta de la alternativa escogida mediante el análisis multicriterio.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 8: DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS
DE ABRIGO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ABRIGO.....	4
4. PROPAGACIÓN DEL OLEAJE DESDE PROFUNDIDADES INDEFINIDAS HASTA PIE DE DIQUE.....	5
4.1 INTRODUCCIÓN.....	5
4.2 HIPÓTESIS DE PARTIDA PARA EL CÁLCULO DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE	5
4.3 PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE ONDAS EN PROFUNDIDADES REDUCIDAS	6
4.4 CÁLCULO DE LA PROPAGACIÓN DEL OLEAJE	6
5. HIPÓTESIS SOBRE LOS MATERIALES	9
6. DIMENSIONAMIENTO DEL DIQUE DE ABRIGO	10
6.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO	10
6.2 CÁLCULOS	11
6.2.1 DIQUE DE ABRIGO.....	12
6.2.2 CONTRADIQUE	26
6.3 TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	27

1. INTRODUCCIÓN

Hasta el presente anejo se ha recopilado información fundamental para el diseño del nuevo Puerto Deportivo de Cerbère.

Teniendo en cuenta esos datos en el *Anejo 6: Estudio de las Alternativas* se llevó a cabo un primer boceto de las posibles soluciones a aplicar y a lo largo del *Anejo 7: Estudio Comparativo de las Alternativas*, se desarrolló un método que en base a los objetivos de éste proyecto determinó la mejor alternativa.

El siguiente es el dimensionamiento de la estructura de abrigo interior, es decir el dique que protegerá la bahía de Cerbère.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es dimensionar todos los elementos estructurales, definir los materiales a emplear con sus características de resistencia y los métodos de cálculo. Para ello será necesario realizar ciertas hipótesis de comportamientos de materiales y simplificaciones que se detallarán por anticipado.

En próximos anejos se explicará el proceso constructivo, el orden de ejecución y los métodos llevados a cabo para la consecución de la obra acabada.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ABRIGO

Para proceder al dimensionamiento de las estructuras de abrigo y a la determinación de sus características geométricas es imprescindible conocer el oleaje extremal propagado hasta pie de dique, que dependerá de la profundidad que dichos elementos alcancen.

A continuación se recuerdan las características principales tanto del dique de abrigo principal como del contradique y posteriormente se procede a la propagación del oleaje y al dimensionamiento detallado de los elementos estructurales.

- Dique de abrigo

Está compuesto por tres secciones o alineaciones (Figura 1); la primera con dirección aproximada W-E y longitud 125m cuyo calado aumenta a medida que avanza en sentido este hasta alcanzar profundidades de -16.5m. La segunda sección del dique se localiza en profundidades mayores que oscilan desde los -14m hasta los -17.8m, está orientada del NNE – SSW con una longitud de aproximadamente 180m. Por último, la tercera sección contiene el morro del dique, se orienta de ENE-WSW y tiene una longitud de 103m; a medida que avanza hacia el interior de la bahía, es decir hacia el WSW las profundidades en las que se cimienta disminuyen de -14.0m en el lado más al este hasta los -8.5m.

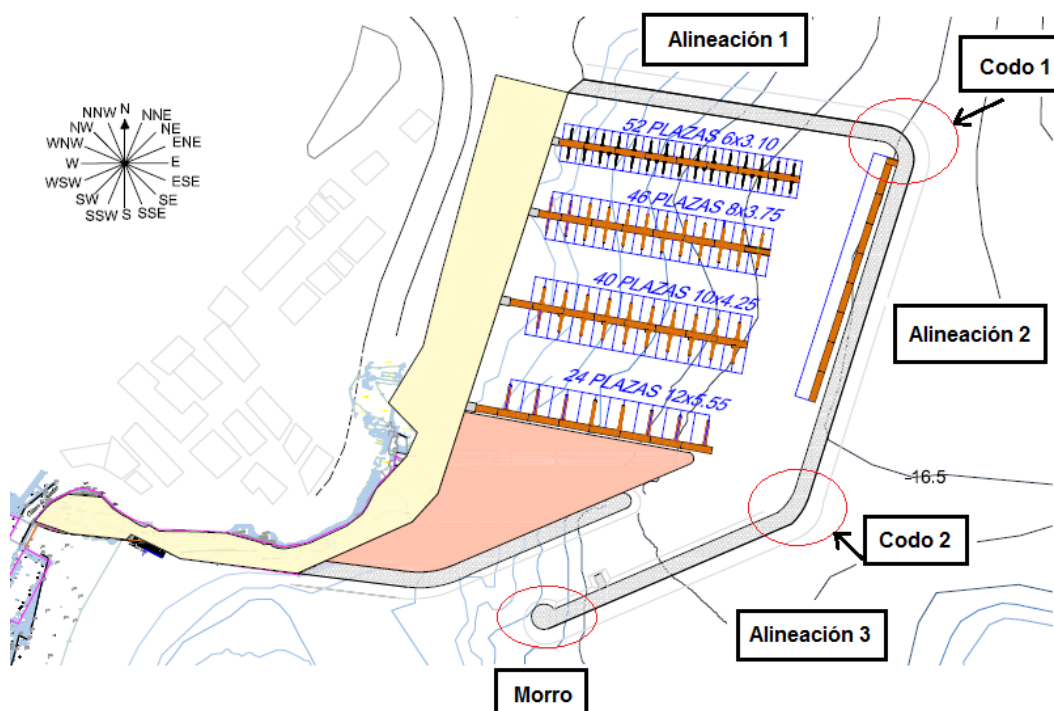


Figura 1: Vista en planta de los elementos a dimensionar dique en talud.

- Contradique

El contradique está compuesto de dos alineaciones rectas que forman un ángulo interior de alrededor de 160°, su longitud alcanza los 132 metros y protege al puerto deportivo de la entrada del oleaje reflejado. Su colocación hace que su calado aumente desde profundidades pequeñas (casi en el interior de la bahía) hasta profundidades considerables de -12.5m.

4. PROPAGACIÓN DEL OLAJE DESDE PROFUNDIDADES INDEFINIDAS HASTA PIE DE DIQUE

4.1 Introducción

En el proceso de dimensionamiento de un dique se debe lidiar con dos factores clave, el factor económico y el de seguridad. El sobredimensionado del dique aumentaría mucho el presupuesto necesario para su construcción, mientras el infradimensionamiento mostraría la ineficacia e insuficiente capacidad resistente del dique en caso de temporal.

Es por esto que la clave radica en alcanzar el equilibrio entre estos dos factores y el principal condicionante para ellos es el oleaje al que deberá oponerse dicho dique. El procedimiento que se muestra a continuación permite conocer cuáles serán las características de un determinado oleaje en un determinado punto partiendo de oleajes conocidos en aguas profundas. Para ello, se tomarán como datos de referencia los obtenidos en el *Anejo 3 Clima Marítimo*, referentes a un dique de abrigo tipo talud.

La siguiente Tabla 1 muestra las alturas del oleaje extremal direccional en aguas profundas, que servirán de punto de partida y que quedan recogidas en el anejo mencionado.

Dirección	H _{so}
NE	6.91
ENE	6.5
E	6.09
ESE	6.03
SE	5.36
SSE	5.36
S	5.42

Tabla 1: Alturas de ola de clima extremal en aguas profundas

A continuación se procederá a propagar este oleaje desde aguas profundas hasta pie de dique.

4.2 Hipótesis de partida para el cálculo de la propagación del oleaje

Es necesario repasar las hipótesis que se considerarán en el apartado de cálculo, de manera que éstos quedarán simplificados.

- El período se supone constante a lo largo de la propagación.
- El flujo de energía entre dos ortogonales se considera constante.
- La celeridad sólo depende de la profundidad.
- Todo avance es perpendicular.
- No hay corrientes.
- La batimetría se supone rectilínea y paralela, con variaciones no bruscas

4.3 Procesos de transformación de ondas en profundidades reducidas

- Shoaling: Este fenómeno se refiere al decrecimiento de la celeridad y de la longitud de la onda de una ola al mismo tiempo que aumenta en altura.
- Refracción: La refracción tiene lugar cuando un tren de ondas incidiendo oblicuamente sobre la costa encuentra un cambio de profundidad. En ese caso una parte del frente de onda viaja en aguas más someras y por tanto, con menor celeridad que el resto, dando lugar a un cambio de dirección.

Una primera observación nos indica que, puesto que la celeridad de las ondas C disminuye a medida que nos acercamos a la costa y se reduce la profundidad, también se reduce el ángulo, por lo que los frentes tienden a disponerse paralelos a la costa.

- Difracción: El fenómeno de la difracción se caracteriza por la cesión lateral de energía a lo largo de la cresta y, por tanto, en la dirección perpendicular a la dirección predominante de la propagación cuando la amplitud presenta una discontinuidad o grandes variaciones. Puede producirse cuando las ondas se encuentran con una estructura o cuando efectos pronunciados de la refracción conducen a singularidades en la amplitud de onda. La mejor forma de entender la difracción es pensar en un tren de ondas incidiendo normalmente.
- Reflexión: La onda a medida que se aproxima hacia la costa es susceptible de verse transformada por la reflexión que tiene lugar en estructuras naturales y/o artificiales.

4.4 Cálculo de la propagación del oleaje

A continuación se calcula la propagación del oleaje desde profundidades indefinidas hasta las profundidades que podrían ser abarcadas por el futuro dique del puerto. Para ellos se emplea el método del SPM, según el cual, la altura de ola a pie de dique viene dada por:

$$H_{piededique} = H_{SO} \times K_r \times K_S = H_{SO} \times K_R$$

Dónde:

H_{SO} : Altura de ola significativa en aguas profundas.

K_r : Coeficiente de refracción de rayo.

K_R : Coeficiente de refracción total.

K_S : Coeficiente de shoaling.

El coeficiente K_R es función del ángulo α_0 , ángulo que forma el frente del oleaje con la batimetría. Se obtiene mediante la fórmula de Snell:

$$K_R = \left(\frac{\cos \alpha_0}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha_0}{K_i^2}}} \right)^{1/2}, \text{ donde } K_i = \cot \left(\frac{2\pi h_i}{L_i} \right)$$

Estos cálculos pueden simplificarse asumiendo la hipótesis de que las líneas batimétricas son paralelas entre sí y con la línea de costa. Por lo que el ángulo α_0 se calcula directamente como el ángulo entre la dirección de los distintos oleajes del clima marítimo y la línea de costa. Para encontrar el ángulo en aguas someras, se aplica:

Ley de Snell	Celeridad en aguas profundas	Celeridad en aguas someras
$\frac{C_o}{C} = \frac{\sin \alpha_0}{\alpha}$	$C_o = \frac{g \times T}{2 \times \pi}$	$C = \sqrt{g \times T}$

Por lo que la simplificación de la ley de Snell queda como $K_R = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$

Mientras que el coeficiente de shoaling K_S se obtiene mediante la fórmula de Blunt:

$$K_S = \left(\left(1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh \left(\frac{4\pi d}{L} \right)} \right) \times \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \right)^{-1/2}$$

Que en aguas profundas queda simplificada a: $K_S = \sqrt{\frac{C_{g0}}{C_{g2}}}$

Observando la batimetría de la zona, se observa que el dique alcanzará profundidades máximas de -17.8m, valor que se toma como referencia de cara al dimensionamiento al ser el caso más desfavorable. Según el mismo criterio, se adoptará el valor de profundidad más desfavorable para el contradique, que es de -12.5m.

El cálculo de la propagación del oleaje hasta las profundidades indicadas arroja los siguientes resultados:

Dirección	H_{S0}	$T_p(s)$	α_0	$\alpha_0(rad)$	C_o	C	α	K_R	$H_{piededique}$
NE	6.91	13.01	54	0.94	20.32	13.21	0.53	0.82	5.70
ENE	6.5	12.62	31	0.54	19.70	13.21	0.35	0.95	6.20
E	6.09	12.22	9	0.16	19.07	13.21	0.11	1.00	6.07
ESE	6.03	12.16	-14	-0.24	18.98	13.21	-0.17	0.99	5.98
SE	5.36	11.46	-36	-0.63	17.89	13.21	-0.43	0.94	5.06
SSE	5.36	11.46	-59	-1.03	17.89	13.21	-0.63	0.80	4.28
S	5.42	11.52	-81	-1.41	17.99	13.21	-0.73	0.46	2.48

Tabla 2: Alturas de ola extremal propagadas a pie de dique (profundidad de -17.8m)

<i>Dirección</i>	<i>H_{SO}</i>	<i>T_p(s)</i>	<i>α₀</i>	<i>α₀(rad)</i>	<i>C_o</i>	<i>C</i>	<i>α</i>	<i>K_R</i>	<i>H_{piededique}</i>
NE	6.91	13.01	54.00	0.94	20.32	11.07	0.44	0.81	5.57
ENE	6.50	12.62	31.00	0.54	19.70	11.07	0.29	0.95	6.15
E	6.09	12.22	9.00	0.16	19.07	11.07	0.09	1.00	6.06
ESE	6.03	12.16	-14.00	-0.24	18.98	11.07	-0.14	0.99	5.97
SE	5.36	11.46	-36.00	-0.63	17.89	11.07	-0.36	0.93	4.99
SSE	5.36	11.46	-59.00	-1.03	17.89	11.07	-0.53	0.77	4.14
S	5.42	11.52	-81.00	-1.41	17.99	11.07	-0.61	0.44	2.37

Tabla 3: Alturas de ola extremal propagadas a pie de contradique (profundidad de -12.5m)

El siguiente paso es la comprobación de que la altura de ola propagada sea compatible con el calado, es decir, la comprobación de que la altura de ola propagada no supere la altura de ola en rotura para el calado en el que se proyecte el dique. Pro lo que la altura de ola de diseño será aquella que cumpla:

$$H_{S \text{ pie de dique}} = \min[H_{S \text{ progaga pie de dique}}; H_{S \text{ rotura}}]$$

Calculando la altura de rotura según el criterio de McCowan como: $H_{rotura} = 0.78 \times d$

En el caso del dique $H_{rotura} = 0.78 \times 17.8 = 13.8\text{m}$, lo que supone una altura de rotura de ola de más de 13 metros, mientras que en el caso del contradique es de 9.75m. Por lo que se deduce que el oleaje no llegará en rotura al dique y al contradique, algo que era previsible el encontrarse éstos a grandes profundidades.

En resumen, los valores que se emplearán para el dimensionamiento de los elementos estructurales son los siguientes:

<i>Dirección</i>	<i>H_{SO}</i>	<i>H_{dique}</i>	<i>H_{contradique}</i>
NE	6.91	5.70	5.57
ENE	6.50	6.20	6.15
E	6.09	6.07	6.06
ESE	6.03	5.98	5.97
SE	5.36	5.06	4.99
SSE	5.36	4.28	4.14
S	5.42	2.48	2.37

Tabla 4 Alturas de ola de diseño a pie de dique

5. HIPÓTESIS SOBRE LOS MATERIALES

Tal y como se comentó en el *Anejo 7 Estudio comparativo de las alternativas*, los diques van a ser de escollera, por lo que se necesitará material de pedraplén y relleno. Las hipótesis sobre los materiales se listan a continuación:

- **Agua de mar:** Densidad: $1,027 \text{ T/m}^3$. El agua de mar intervendrá en el cálculo geotécnico del terreno, aportando una carga más a tener en cuenta en las comprobaciones.
- **Rellenos:** Los materiales serán áridos naturales o procedentes del machaqueo o trituración de piedra de cantera o grava natural, escorias, suelos seleccionados o materiales locales exentos de arcilla, margas u otras materias extrañas. El peso específico aparente del relleno resultante no podrá superar una con ocho toneladas por metro cúbico (1.8 t/m^3) y el saturado será inferior a dos con una tonelada por metro cúbico (2.1 t/m^3).

El rozamiento interno de este material deberá ser superior a los treinta y dos grados sexagesimales (32°), tanto seco como saturado. No contendrá más de un veinticinco por ciento (25%), en peso, de piedras cuyo tamaño exceda de veinticinco centímetros (25 cm). El contenido, en peso, de partículas que pasan por el tamiz 200 (0.080 UNE) será inferior al 15% y el coeficiente de desgaste, medido por el ensayo de Los Ángeles, según la norma NLT-149/72, será inferior a cincuenta (50). El material será no plástico y el equivalente de arena será mayor que veinticinco ($EA > 25$).

- **Escollera:** La escollera que será empleada en la construcción de las obras de abrigo se ha dividido en cinco tipos.

Peso medio del bloque tipo
6,5 Tm $<W < 7,5 \text{ Tm}$
5 Tm $<W < 6,5 \text{ Tm}$
2,5 Tm $<W < 5 \text{ Tm}$
1 Tm $<W < 2,5 \text{ Tm}$
100 kg $<W < 1 \text{ Tm}$

Tabla 5: Clasificación de la escollera según su peso

Una mezcla de todos estos tipos y del deshecho de cantera nos dará el todo-uno de cantera que utilizaremos para construir el núcleo de los diques y los rellenos.

6. DIMENSIONAMIENTO DEL DIQUE DE ABRIGO

6.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Actualmente dos metodologías son las más empleadas en el diseño de estructuras de abrigo, la fórmula de Hudson y la de Van der Meer que se detallan a continuación.

- **Fórmula de Hudson:** Tras los trabajos desarrollados por Iribarren entre 1938 y 1950 y las posteriores investigaciones de Hudson desde 1953 hasta 1961, el *U.S. Army Corp of Engineers* publicó en el *Shore Protection Manual* 1984 una fórmula para determinar la estabilidad de los cantos del manto principal de un dique de escollera. Esta fórmula, conocida como Fórmula Hudson, es una de las más aplicadas hoy en día en el diseño de diques.
- **Fórmula de Van der Meer:** Esta formulación es más compleja, dado que tiene en consideración algunos factores que son ignorados en la fórmula de Hudson, tales como la duración de la tormenta, el periodo de la ola y la permeabilidad de la estructura. Su formulación se deriva de series de modelos físicos.

Para el presente proyecto se utilizará la fórmula de Hudson para el dimensionamiento de las obras de abrigo, ya que esta se mantiene al lado de la seguridad. Su formulación es la siguiente:

$$W = \frac{W_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \theta}$$

Dónde:

W : Peso de un canto del manto principal (Tn).

W_r : Peso específico saturado con superficie seca de las unidades del manto (T/m³).

H : Altura de la ola de cálculo en el emplazamiento de la estructura (m).

S_r : Peso relativo de los cantos con respecto al agua en la estructura = W_r / W_w (adimensional)

W_w : Peso específico del agua (Tn/m³). Agua dulce: $W_w = 1$, Agua salada: $W_w = 1.02$

θ : Ángulo formado por el talud con la horizontal (grados sexagesimales). Iribarren estableció los siguientes valores en función del material empleado para la elaboración de los diques:

Cotg $\theta = 1,5$ (Para escolleras)

Cotg $\theta = 1,41$ (Para bloques de hormigón)

Cotg $\theta = 1.33$ (Para tetrápodos)

K_D : Variará en función de la consideración de averías:

$K_D = 3,2$ si se consideran 0-1% de averías.

$K_D = 15,9$ si se consideran 30-60% de averías.

Los sucesivos mantos secundarios deberán cumplir la condición de filtro, es decir, que los elementos que la constituyen no pasen a través de los huecos que queden entre los bloques del manto superior, a la vez que eviten que los elementos del manto inferior pasen a través de sus huecos.

Esto significa que el tamaño de los cantos de cada manto no debe ser inferior a 1/3 del tamaño de los del manto inmediatamente superior, o bien que su peso mínimo debe

ser 1/27 del manto superior. Se adopta la relación 1/20 entre pesos para incrementar el margen de seguridad.

El núcleo debe impedir la transmisión de la agitación exterior al interior del puerto. Para ello debe presentar compacidad máxima y mínimo número de huecos, lo que se consigue mediante la utilización de materiales de cantera de distintos tamaños.

El espesor de los mantos viene dado por la expresión:

$$e = n \cdot \left(\frac{W}{S_r}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Dónde:

n : Numero de subcapas equivalentes. Normalmente, $n=2$, con lo cual el espesor es el doble de la longitud del lado del cubo equivalente.

W : Peso de los cantos (Tn).

S_r : Peso relativo de los cantos con respecto al agua.

6.2 CÁLCULOS

Como paso previo a la realización de los cálculos, se debe elegir el talud idóneo para nuestro dique. El objetivo principal es escoger un talud que sea estable frente al oleaje y al mismo tiempo optimizar la cantidad de material necesario para construirlo, por lo que se tratará de evitar la elección de un talud cuya construcción lleve a uno de estos dos aspectos.

Por lo tanto, considerando los criterios mencionados arriba y teniendo en cuenta la profundidad a la que se encuentra el dique, se opta por realizar un estudio de diferentes taludes y decidir así la mejor opción.

6.2.1 DIQUE DE ABRIGO

-ALINEACIÓN 1-

- Manto principal

Dicha parte del dique de abrigo recibirá el impacto del oleaje proveniente de los sectores del norte. Por eso para su dimensionamiento se considerará la máxima altura de ola con componente norte. El manto principal estará formado por bloques de escollera, cuyo peso se deduce de la resolución de la siguiente ecuación:

$$W = \frac{\gamma \cdot H^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma_w} - 1\right)^3 \cdot \cot \alpha}$$

Dónde:

W : Peso de cada bloque de la escollera en toneladas

γ_w : Densidad del agua de mar: 1,027 Tn/m³

γ : Densidad del material empleado. (Hormigón en masa $\gamma = 2.3T/m^3$)

K_D : Coeficiente de estabilidad de Hudson. Se adopta $K_D = 4$

α : Talud del dique; se estudiarán diferentes taludes

H : Altura de ola de cálculo = 5.70m

$$\frac{\gamma}{\gamma_w} = 2,8 / 1,027 = 2,726$$

Tabla 5.7. VALORES DE LA CONSTANTE DE ESTABILIDAD DE HUDSON (RECOMENDACIÓN) [20]

CRITERIO DE INICIACION DE AVERIAS SIN REBASE

Tipo de cantos	num. capas	Colocacion	C. del dique		Morro del dique		Talud cotg(°)
			Kd Rota	No Rota	Kd Rota	No rota	
Escollera. Nat.							
Lisa red.	2	Rand.	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 a 3.0
Lisa red.	>3	Rand.	1.6	3.2	1.4	2.3	
Rug. ang.	2	Rand.	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
Rug. ang.	>3	Rand.	2.2	4.5	1.6	2.8	2.0
Rug. ang.	2	Espc.	5.8	7.0	1.3	2.3	3.0
Tetrapo. y Quadrip.	2	Rand.	7.0	8.0	2.1	4.2	6.4
					5.3	6.4	
					5.0	6.0	1.5
					4.5	5.5	2.0
					3.5	4.0	3.0

Figura 2: Valores de la constante de estabilidad de Hudson (Vicente N. & Ovidio V (2008). Diseño de diques rompeolas)

Por lo tanto, introduciendo estos valores en la fórmula, obtenemos los siguientes pesos:

Talud	α	$\cot \alpha$	W (toneladas)	Espesor (m)
2V:3H	0,59	1,50	16.8	3.6
1V:2H	0,46	2,00	12.6	3.3
1V:2,5H	0,38	2,50	10	3
1V:3H	0,32	3,00	8.4	2.9

Tabla 6: Cálculo del peso del elemento de escollera en función del talud escogido

Se puede observar como un talud 2V:3H requiere elementos de mayor peso y a medida que la pendiente disminuye también lo hace el tamaño de los elementos. Sin embargo la distancia también se debe considerar que a medida que disminuye el peso de los bloques la distancia horizontal necesaria a abarcar es mayor.

Si los elementos del manto principal se disponen en dos capas, el espesor viene dado por la siguiente fórmula presentada en el apartado 6.1 Metodología de cálculo, cuyos valores obtenidos en función del peso de los bloques quedan reflejados en la tabla 6.

Finalmente, de entre los taludes estudiados, se elige la segunda opción en la que el peso de cada elemento es de aproximadamente 13 toneladas.

- Capa Intermedia de filtros y núcleo.

La capa intermedia ha de cumplir la condición de filtro; que los elementos que la constituyan no puedan pasar a través de los huecos que queden entre los bloques del mantel principal, al mismo tiempo que evite que los elementos del núcleo no puedan pasar a través de los huecos que dejan los elementos de dicha capa intermedia.

Para que estas condiciones se cumplan se tiene que cumplir la relación entre pesos respectivos de los elementos de un manto y su precedente, tal que:

$$\frac{1}{20} > \frac{W}{W_1} > \frac{1}{10} \rightarrow W \in \left(\frac{W}{10}; \frac{W}{20} \right) = (1.26Tn; 0.63Tn)$$

Así pues se decide proyectar una capa intermedia de filtros compuesta por dos capas de escollera natural de 0.6Tn (5ª clase de escollera), con el espesor calculado a continuación:

$$e = n \cdot \left(\frac{W}{S_r} \right)^{\frac{1}{3}} = 2 \times \left(\frac{0.6}{2.8} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.2m$$

Para comprobar si necesitaríamos poner un tercer manto:

$$\frac{1}{20} > \frac{W}{W_1} > \frac{1}{10} \rightarrow W \in \left(\frac{W}{10}; \frac{W}{20} \right) = (0.063Tn; 0.03Tn)$$

Vemos que el tamaño de los elementos debería ser de unos 30kg, por lo que se estima no es necesario colocar un tercer manto ya que el peso de los elementos que deberíamos disponer es del mismo orden que el de los elementos del núcleo, cuyo peso oscila entre los 40 y 1 kg.

- Cota de coronación. Espaldón

De acuerdo con *Vicente N. & Ovidio V. en Diseño de Diques Rompeolas*, una vez deducida las características de la defensa del dique sobre la cual deben actuar las olas y concretando el proyecto de la sección completa y sus elementos, el siguiente planteamiento es finalizar la construcción de la obra de abrigo con una acertada

disposición, destacando la necesidad de prolongar el manto hasta una determinada cota por encima de los máximos niveles de agua, donde la acción de los oleajes más energéticos es intensa y activa.

En múltiples ocasiones, las secciones presentan otro tipo de terminaciones, espaldones y parapetos. Estos se hacen con la perspectiva de reducir el volumen de escollera, lo que representa una economía considerable.

La cota de coronación del muro variará significativamente en función de si éste es ultrapasable o no. Uno de los objetivos principales de este proyecto es mejorar las condiciones actuales del dique de abrigo que protege el actual puerto, y esto se basa fundamentalmente en garantizar que el oleaje no rebasa la estructura garantizando un puerto fijo durante todo el año, que ofrece la seguridad necesaria a personas y embarcaciones.

Cuando una ola alcanza una estructura en talud la lámina de agua avanza sobre la superficie de dicho talud, ascendiendo hasta alcanzar una cota máxima, momento en el que comienza a descender. Esta cota máxima alcanzada, la cual se mide verticalmente respecto el nivel del mar en reposo, recibe el nombre de remonte del oleaje, o Run-up. El estudio de este fenómeno servirá para determinar la cota de coronación que debe tener la estructura proyectada de forma que no sea rebasable.

A continuación a figura 2 presenta un esquema del fenómeno del remonte del oleaje, sobre otro esquema del rebase del oleaje.

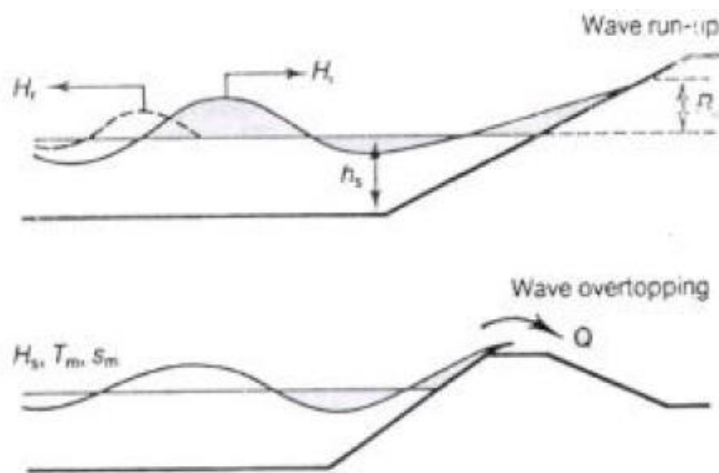


Figura 3: Esquema del fenómeno del remonte del oleaje (Wave run-up) sobre esquema del rebase del oleaje (Wave overtopping).

Tradicionalmente las ecuaciones propuestas para su cálculo han sido desarrolladas a partir de experimentos en canales de oleaje, bajo condiciones controladas aunque sujetas a efectos de escala. Esta aproximación se realiza principalmente debido a la dificultad de obtener una aproximación teórica al problema, dado que en muchos casos dependen de variables de compleja cuantificación (como la disposición de la escollera). Es por ello que las formulaciones existentes son el resultado de ajustes estadísticos a una serie de resultados de laboratorio, con una cierta base teórica, llamadas soluciones semiempíricas.

Debido a que la estructura a considerar presenta unas pendientes rugosas, esta tipología produce una mayor disipación de la energía incidente, conllevando a una reducción del remonte. Dicha reducción se debe en parte a la permeabilidad de las

capas exteriores y filtros de la propia estructura, así como del peralte y periodo del oleaje incidente.

P es la permeabilidad según la clasificación de Van der Meer (1988). Según se puede apreciar en la Figura 3 el valor depende de las capas que se coloquen. Para el caso del presente proyecto se decide colocar una capa de filtros entre el manto y el núcleo, por lo que se tomará el valor de 0,4.

Debido a que se considera una estructura impermeable ($P < 0,4$), Van der Meer (1988) propone las siguientes relaciones.

$$\xi_m < 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = a \times \xi_m$$

$$\xi_m > 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = b \times \xi_m^c$$

Donde,

ξ_m : Parámetro de Iribarren, calculado para el apartado del dimensionamiento del dique de abrigo. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\xi_m = \tan \theta (S_m)^{-0.5}$$

R_{ui} : Es el Run-up asociado a un nivel de excedencia i

H_d : Es la altura de ola de diseño (5.7 metros)

a, b, c son coeficientes de ajuste para estructuras rugosas, definidos según el nivel de excedencia adoptado (Figura 3).

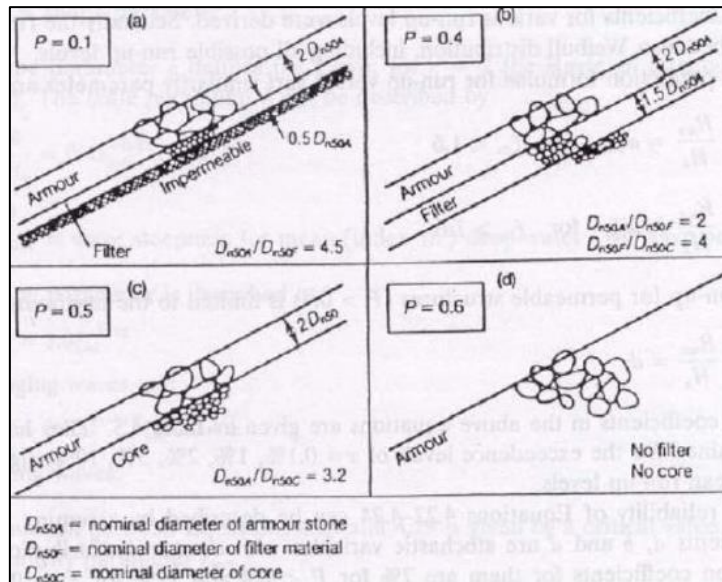


Figura 4: Recomendaciones por el CIRIA/CUR (1992).

NIVEL DE EXCEDENCIA	a	b	c
0,1%	1,12	1,34	0,55
1%	1,01	1,24	0,48
2%	0,96	1,17	0,46
5%	0,86	1,05	0,44
10%	0,77	0,94	0,42
Significante	0,72	0,88	0,41
Medio	0,47	0,6	0,34

Figura 3: Coeficientes de ajuste para estructuras rugosas

Tomando un nivel de excedencia significativa, calculamos los parámetros necesarios.

S_m : Se expresa mediante la ecuación $S_m = \frac{H}{L_0} = \frac{2\pi H}{g \cdot T_m^2}$, donde T_m es el periodo medio que se toma de la relación que da la ROM $\frac{T_p}{T_m} = 1.15$.

Por tanto si $H=5.70m$, $T_p=13.01s$ y aplicando la relación $T_m=11.31s$, obtengo $S_m = 0.028$.

$$\xi_m = \tan \theta (S_m)^{-0.5} = \tan 0.46 (0.028)^{-0.5} = 2.93m$$

$$\xi_m = 2.93m > 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = b \times \xi_m^c = 0.88 \cdot 2.93^{0.41} \cdot 6.20 = 7.8m$$

De cara a mejorar la estabilidad del espaldón, que es el elemento que corona el dique, será necesaria una cierta tipología que quedará bien descrita en los planos y la construcción de un talón que mejorará la condición de estabilidad y las presiones que se generen bajo el espaldón.

- Berma

Debido a las grandes profundidades con las que estamos trabajando, es necesaria la construcción de una banqueta o berma para evitar el descalce y la socavación del dique de abrigo. El objetivo principal de esta es incrementar la disipación de la energía del oleaje y así reducir el run-up.

De cara al dimensionamiento de este elemento estructural, existe diversa formulación y recomendaciones. Iribarren 1954, recomienda que el espesor o altura de la berma se calcule como la profundidad total menos la altura de ola (A); por lo que en el caso del dique que aquí se dimensiona la profundidad máxima (-16.5m) arroja un valor de 10.8m, es decir la berma empezará en torno a los -5.7m de profundidad.

Van der Meer (1992) propone un factor reductor del run-up que se calcula como:

$$v = 1 - r_B(1 - r_{dB})$$

$$r_B = \frac{B/H}{2 \cot \theta + B/H}$$
$$r_{dB} = \frac{h_B^2}{2H_d^2}$$

Dónde h_B es la profundidad de la berma y B corresponde al ancho, que se calcula como mínimo cuatro cantos, así que si el $D_{n50} = \left(\frac{w}{\gamma}\right)^{1/3} = 1.65 \rightarrow B = 4 * D_{n50} = 6.6m$. Por lo tanto, se obtiene un valor de 0.89 que si se aplica al run-up obtenido anteriormente se obtiene un valor de 6.9m. La cota de coronación final de este tramo necesaria teniendo en cuenta el run-up, la reducción por berma y el nivel máximo del nivel del mar (+1.0m) es de +7.9m.

- Codo 1

Se deberá tener en cuenta que esta es la zona de transición entre la alineación 1 y 2, las cuales estarán formadas por elementos de diferente tamaño y tendrán diferentes cotas. De tal manera que en esta parte se realizará una derrama del material, ya que si no se hiciese la transición el material colocado se caería.

-ALINEACIÓN 2-

- Manto principal

Dicha parte del dique de abrigo recibirá el impacto del oleaje proveniente de los sectores del este. Por eso para su dimensionamiento se considerará la máxima altura de ola con componente este. El manto principal estará formado por bloques de escollera, cuyo peso se deduce de la resolución de la siguiente ecuación:

$$W = \frac{\gamma \cdot H^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma_W} - 1\right)^3 \cdot \cot \alpha}$$

Dónde:

W : Peso de cada bloque de la escollera en toneladas

γ_W : Densidad del agua de mar: 1,027 Tn/m³

γ : Densidad del material empleado. (Hormigón en masa $\gamma = 2.3T/m^3$)

K_D : Coeficiente de estabilidad de Hudson. Se adopta $K_D = 4$

α : Talud del dique; se estudiarán diferentes taludes

H : Altura de ola de cálculo = 6.20m

$$\frac{\gamma}{\gamma_W} = 2,8 / 1,027 = 2,726$$

Talud	α	$\cot \alpha$	W (toneladas)	Espesor (m)
2V:3H	0,59	1,50	21.6	4
1V:2H	0,46	2,00	16.2	3.6
1V:2,5H	0,38	2,50	13	3.3
1V:3H	0,32	3,00	10.8	3.1

Tabla 6: Cálculo del peso del elemento de escollera en función del talud escogido

Se puede observar como un talud 2V:3H requiere elementos de mayor peso y a medida que la pendiente disminuye también lo hace el tamaño de los elementos. Sin embargo la distancia también se debe considerar que a medida que disminuye el peso de los bloques la distancia horizontal necesaria a abarcar es mayor.

Si los elementos del manto principal se disponen en dos capas, el espesor viene dado por la siguiente fórmula presentada en el apartado 6.1 Metodología de cálculo, cuyos valores obtenidos en función del peso de los bloques quedan reflejados en la tabla 6.

Finalmente, de entre los taludes estudiados, se elige la segunda opción en la que el peso de cada elemento es de aproximadamente 16 toneladas.

- Capa Intermedia de filtros y núcleo.

La capa intermedia ha de cumplir la condición de filtro; que los elementos que la constituyan no puedan pasar a través de los huecos que queden entre los bloques del manto principal, al mismo tiempo que evite que los elementos del núcleo no puedan pasar a través de los huecos que dejan los elementos de dicha capa intermedia.

Para que estas condiciones se cumplan se tiene que cumplir la relación entre pesos respectivos de los elementos de un manto y su precedente, tal que:

$$\frac{1}{20} > \frac{W}{W_1} > \frac{1}{10} \rightarrow W \in \left(\frac{W}{10}; \frac{W}{20} \right) = (1.62Tn; 0.8Tn)$$

Así pues se decide proyectar una capa intermedia de filtros compuesta por dos capas de escollera natural de 0.8Tn (5ª clase de escollera), con el espesor calculado a continuación:

$$e = n \cdot \left(\frac{W}{S_r} \right)^{\frac{1}{3}} = 2 \times \left(\frac{0.8}{2.8} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.3m$$

Para comprobar si necesitaríamos poner un tercer manto:

$$\frac{1}{20} > \frac{W}{W_1} > \frac{1}{10} \rightarrow W \in \left(\frac{W}{10}; \frac{W}{20} \right) = (0.08Tn; 0.04Tn)$$

Vemos que el tamaño de los elementos debería ser de unos 40kg, por lo que se estima no es necesario colocar un tercer manto ya que el peso de los elementos que deberíamos disponer es del mismo orden que el de los elementos del núcleo, cuyo peso oscila entre los 40 y 1 kg.

- Cota de coronación. Espaldón

De acuerdo con *Vicente N. & Ovidio V. en Diseño de Diques Rompeolas*, una vez deducida las características de la defensa del dique sobre la cual deben actuar las olas y concretando el proyecto de la sección completa y sus elementos, el siguiente planteamiento es finalizar la construcción de la obra de abrigo con una acertada disposición, destacando la necesidad de prolongar el manto hasta una determinada cota por encima de los máximos niveles de agua, donde la acción de los oleajes más energéticos es intensa y activa.

En múltiples ocasiones, las secciones presentan otro tipo de terminaciones, espaldones y parapetos. Estos se hacen con la perspectiva de reducir el volumen de escollera, lo que representa una economía considerable.

La cota de coronación del muro variará significativamente en función de si éste es ultrapasable o no. Uno de los objetivos principales de este proyecto es mejorar las condiciones actuales del dique de abrigo que protege el actual puerto, y esto se basa fundamentalmente en garantizar que el oleaje no rebasa la estructura garantizando un puerto fijo durante todo el año, que ofrece la seguridad necesaria a personas y embarcaciones.

Cuando una ola alcanza una estructura en talud la lámina de agua avanza sobre la superficie de dicho talud, ascendiendo hasta alcanzar una cota máxima, momento en el que comienza a descender. Esta cota máxima alcanzada, la cual se mide verticalmente respecto el nivel del mar en reposo, recibe el nombre de remonte del oleaje, o Run-up. El estudio de este fenómeno servirá para determinar la cota de coronación que debe tener la estructura proyectada de forma que no sea rebasable.

A continuación a figura 2 presenta un esquema del fenómeno del remonte del oleaje, sobre otro esquema del rebase del oleaje.

Tradicionalmente las ecuaciones propuestas para su cálculo han sido desarrolladas a partir de experimentos en canales de oleaje, bajo condiciones controladas aunque sujetas a efectos de escala. Esta aproximación se realiza principalmente debido a la dificultad de obtener una aproximación teórica al problema, dado que en muchos casos dependen de variables de compleja cuantificación (como la disposición de la escollera). Es por ello que las formulaciones existentes son el resultado de ajustes estadísticos a una serie de resultados de laboratorio, con una cierta base teórica, llamadas soluciones semiempíricas.

Debido a que la estructura a considerar presenta unas pendientes rugosas, esta tipología produce una mayor disipación de la energía incidente, conllevando a una reducción del remonte. Dicha reducción se debe en parte a la permeabilidad de las capas exteriores y filtros de la propia estructura, así como del peralte y periodo del oleaje incidente.

P es la permeabilidad según la clasificación de Van der Meer (1988). Según se puede apreciar en la Figura 3 el valor depende de las capas que se coloquen. Para el caso del presente proyecto se decide colocar una capa de filtros entre el manto y el núcleo, por lo que se tomará el valor de 0,4.

Debido a que se considera una estructura impermeable ($P < 0,4$), Van der Meer (1988) propone las siguientes relaciones.

$$\xi_m < 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = a \times \xi_m$$

$$\xi_m > 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = b \times \xi_m^c$$

Donde,

ξ_m : Parámetro de Iribarren, calculado para el apartado del dimensionamiento del dique de abrigo. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\xi_m = \tan \theta (S_m)^{-0.5}$$

R_{ui} : Es el Run-up asociado a un nivel de excedencia i

H_d : Es la altura de ola de diseño (6.20 metros)

a, b, c son coeficientes de ajuste para estructuras rugosas, definidos según el nivel de excedencia adoptado.

Tomando un nivel de excedencia signficante, calculamos los parámetros necesarios.

S_m : Se expresa mediante la ecuación $S_m = \frac{H}{L_0} = \frac{2\pi H}{g \cdot T_m^2}$, donde T_m es el periodo medio que se toma de la relación que da la ROM $\frac{T_p}{T_m} = 1.15$.

Por tanto si $H=6.20m$, $T_p=12.62s$ y aplicando la relación $T_m=10.974s$, obtengo $S_m = 0.033$.

$$\xi_m = \tan \theta (S_m)^{-0.5} = \tan 0.46 (0.033)^{-0.5} = 2.73m$$

$$\xi_m = 2.73m > 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = b \times \xi_m^c = 0.88 \cdot 2.73^{0.41} \cdot 6.20 = 8.23m$$

De cara a mejorar la estabilidad del espaldón, que es el elemento que corona el dique, será necesaria una cierta tipología que quedará bien descrita en los planos y la construcción de un talón que mejorará la condición de estabilidad y las presiones que se generen bajo el espaldón.

- Berma

Debido a las grandes profundidades con las que estamos trabajando, es necesaria la construcción de una banqueta o berma para evitar el descalce y la socavación del dique de abrigo. El objetivo principal de esta es incrementar la disipación de la energía del oleaje y así reducir el run-up.

De cara al dimensionamiento de este elemento estructural, existe diversa formulación y recomendaciones. En la figura anterior se puede observar como Iribarren 1954, recomienda que el espesor o altura de la berma se calcule como la profundidad total menos la altura de ola (A); por lo que en el caso del dique que aquí se dimensiona la profundidad máxima (-17.8m) arroja un valor de 11.6m, es decir la berma empezará en torno a los -6.20m de profundidad.

Van der Meer (1992) propone un factor reductor del run-up que se calcula como:

$$v = 1 - r_B(1 - r_{dB})$$

$$r_B = \frac{B/H}{2 \cot \theta + B/H}$$

$$r_{dB} = \frac{h_B^2}{2H_d^2}$$

Dónde h_B es la profundidad de la berma y B corresponde al ancho, que se calcula como mínimo cuatro cantos, así que si el $D_{n50} = \left(\frac{W}{\gamma}\right)^{1/3} = 1.79 \rightarrow B = 4 * D_{n50} = 7.17m$. Por lo tanto, se obtiene un valor de 0.89 que si se aplica al run-up obtenido anteriormente se obtiene un valor de 7.84m. La cota de coronación final de este tramo necesaria teniendo en cuenta el run-up, la reducción por berma y el nivel máximo del nivel del mar (+1.0m) es de +8.84m.

- Codo 2

De la misma manera, en este punto se realizará la transición del material y cota de la alineación 2 a la alineación 3, por lo que será necesario hacer el derrame del material.

-ALINEACIÓN 3-

- Manto principal

Dicha parte del dique de abrigo no recibirá el impacto del oleaje directo ya que se encuentra protegido frente a oleajes de componente sur por las calas de acantilado que rodean la playa encajada de Cerbere. Para el correcto estudio del oleaje que impacta a esta sección se debería desarrollar un modelo de simulación, como este proyecto no contempla dicho desarrollo, se considerará que el oleaje proveniente del norte alcanzará esta alineación después de que se produzca el fenómeno de la reflexión con los acantilados situados en frente. Por otro lado el oleaje con componente este no afectará gravemente ya que el ángulo de incidencia cambia. Por los motivos aquí expuestos, se considerará que un 50% de la energía del oleaje alcanza a este área del dique, por lo que como altura de ola de cálculo se tomará el máximo valor entre el cincuenta por ciento del oleaje de como ponente norte y este.

$$W = \frac{\gamma \cdot H^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma_W} - 1\right)^3 \cdot \cot \alpha}$$

Dónde:

W : Peso de cada bloque de la escollera en toneladas

γ_W : Densidad del agua de mar: 1,027 Tn/m³

γ : Densidad del material empleado. (Escollera natural $\gamma = 2.8\text{T/m}^3$)

K_D : Coeficiente de estabilidad de Hudson. Se adopta $K_D = 4$

α : Talud del dique; se estudiarán diferentes taludes

H : Altura de ola de cálculo = 3.1m

$\frac{\gamma}{\gamma_W} = 2,8 / 1,027 = 2,726$

Talud	α	$\cot \alpha$	W (toneladas)	Espesor (m)
2V:3H	0,59	1,50	2.7	2
1V:2H	0,46	2,00	2	1.8
1V:2,5H	0,38	2,50	1.6	1.7
1V:3H	0,32	3,00	1.3	1.5

Tabla 6: Cálculo del peso del elemento de escollera en función del talud escogido

Se puede observar como un talud 2V:3H requiere elementos de mayor peso y a medida que la pendiente disminuye también lo hace el tamaño de los elementos. Sin embargo la distancia también se debe considerar que a medida que disminuye el peso de los bloques la distancia horizontal necesaria a abarcar es mayor.

Si los elementos del manto principal se disponen en dos capas, el espesor viene dado por la siguiente fórmula presentada en el apartado 6.1 Metodología de cálculo, cuyos valores obtenidos en función del peso de los bloques quedan reflejados en la tabla 6.

Finalmente, de entre los taludes estudiados, se elige la segunda opción en la que el peso de cada elemento es de 2 toneladas.

- Capa Intermedia de filtros y núcleo.

La capa intermedia ha de cumplir la condición de filtro; que los elementos que la constituyan no puedan pasar a través de los huecos que queden entre los bloques del mantel principal, al mismo tiempo que evite que los elementos del núcleo no puedan pasar a través de los huecos que dejan los elementos de dicha capa intermedia.

Para que estas condiciones se cumplan se tiene que cumplir la relación entre pesos respectivos de los elementos de un manto y su precedente, tal que:

$$\frac{1}{20} > \frac{W}{W_1} > \frac{1}{10} \rightarrow W \in \left(\frac{W}{10}; \frac{W}{20} \right) = (0.2Tn; 0.1Tn)$$

Así pues se decide proyectar una capa intermedia de filtros compuesta por dos capas de escollera natural de 0.1Tn (5ª clase de escollera), con el espesor calculado a continuación:

$$e = n \cdot \left(\frac{W}{S_r} \right)^{\frac{1}{3}} = 2 \times \left(\frac{0.1}{2.8} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.7m$$

Para comprobar si necesitaríamos poner un tercer manto:

$$\frac{1}{20} > \frac{W}{W_1} > \frac{1}{10} \rightarrow W \in \left(\frac{W}{10}; \frac{W}{20} \right) = (0.01Tn; 0.005Tn)$$

Vemos que el tamaño de los elementos debería ser de unos 5kg, por lo que se estima no es necesario colocar un tercer manto ya que el peso de los elementos que deberíamos disponer es del mismo orden que el de los elementos del núcleo, cuyo peso oscila entre los 40 y 1 kg.

- Cota de coronación. Espaldón

De acuerdo con *Vicente N. & Ovidio V. en Diseño de Diques Rompeolas*, una vez deducida las características de la defensa del dique sobre la cual deben actuar las olas y concretando el proyecto de la sección completa y sus elementos, el siguiente planteamiento es finalizar la construcción de la obra de abrigo con una acertada disposición, destacando la necesidad de prolongar el manto hasta una determinada cota por encima de los máximos niveles de agua, donde la acción de los oleajes más energéticos es intensa y activa.

En múltiples ocasiones, las secciones presentan otro tipo de terminaciones, espaldones y parapetos. Estos se hacen con la perspectiva de reducir el volumen de escollera, lo que representa una economía considerable.

La cota de coronación del muro variará significativamente en función de si éste es ultrapasable o no. Uno de los objetivos principales de este proyecto es mejorar las condiciones actuales del dique de abrigo que protege el actual puerto, y esto se basa fundamentalmente en garantizar que el oleaje no rebasa la estructura garantizando un

puerto fijo durante todo el año, que ofrece la seguridad necesaria a personas y embarcaciones.

Cuando una ola alcanza una estructura en talud la lámina de agua avanza sobre la superficie de dicho talud, ascendiendo hasta alcanzar una cota máxima, momento en el que comienza a descender. Esta cota máxima alcanzada, la cual se mide verticalmente respecto el nivel del mar en reposo, recibe el nombre de remonte del oleaje, o Run-up. El estudio de este fenómeno servirá para determinar la cota de coronación que debe tener la estructura proyectada de forma que no sea rebasable.

A continuación a figura 2 presenta un esquema del fenómeno del remonte del oleaje, sobre otro esquema del rebase del oleaje.

Tradicionalmente las ecuaciones propuestas para su cálculo han sido desarrolladas a partir de experimentos en canales de oleaje, bajo condiciones controladas aunque sujetas a efectos de escala. Esta aproximación se realiza principalmente debido a la dificultad de obtener una aproximación teórica al problema, dado que en muchos casos dependen de variables de compleja cuantificación (como la disposición de la escollera). Es por ello que las formulaciones existentes son el resultado de ajustes estadísticos a una serie de resultados de laboratorio, con una cierta base teórica, llamadas soluciones semiempíricas.

Debido a que la estructura a considerar presenta unas pendientes rugosas, esta tipología produce una mayor disipación de la energía incidente, conllevando a una reducción del remonte. Dicha reducción se debe en parte a la permeabilidad de las capas exteriores y filtros de la propia estructura, así como del peralte y periodo del oleaje incidente.

P es la permeabilidad según la clasificación de Van der Meer (1988). Según se puede apreciar en la Figura 3 el valor depende de las capas que se coloquen. Para el caso del presente proyecto se decide colocar una capa de filtros entre el manto y el núcleo, por lo que se tomará el valor de 0,4.

Debido a que se considera una estructura impermeable ($P < 0,4$), Van der Meer (1988) propone las siguientes relaciones.

$$\xi_m < 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = a \times \xi_m$$

$$\xi_m > 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = b \times \xi_m^c$$

Donde,

ξ_m : Parámetro de Iribarren, calculado para el apartado del dimensionamiento del dique de abrigo. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\xi_m = \tan \theta (S_m)^{-0.5}$$

R_{ui} : Es el Run-up asociado a un nivel de excedencia i

H_d : Es la altura de ola de diseño (3.1 metros)

a, b, c son coeficientes de ajuste para estructuras rugosas, definidos según el nivel de excedencia adoptado

Tomando un nivel de excedencia significativa, calculamos los parámetros necesarios.

S_m : Se expresa mediante la ecuación $S_m = \frac{H}{L_0} = \frac{2\pi H}{g \cdot T_m^2}$, donde T_m es el periodo medio que se toma de la relación que da la ROM $\frac{T_p}{T_m} = 1.15$.

Por tanto si $H=3.1m$, $T_p=8.7s$ y aplicando la relación $T_m=7.6s$, obtengo $S_m = 0.0344$.

$$\xi_m = \tan \theta (S_m)^{-0.5} = \tan 0.46 (0.0344)^{-0.5} = 2.67m$$

$$\xi_m = 2.67m > 1.5 \rightarrow \frac{R_{ui}}{H_d} = b \times \xi_m^c = 0.88 \cdot 2.67^{0.41} \cdot 3.1 = 1.8m$$

Por lo tanto en esta zona no será necesaria una cota de coronación tan elevada como en las alineaciones anteriores debido al impacto del oleaje ya debilitado. De cara a mejorar la estabilidad del espaldón, que es el elemento que corona el dique, será necesaria una cierta tipología que quedará bien descrita en los planos y la construcción de un talón que mejorará la condición de estabilidad y las presiones que se generen bajo el espaldón.

- Berma

Debido a las grandes profundidades con las que estamos trabajando, es necesaria la construcción de una banqueta o berma para evitar el descalce y la socavación del dique de abrigo. El objetivo principal de esta es incrementar la disipación de la energía del oleaje y así reducir el run-up.

De cara al dimensionamiento de este elemento estructural, existe diversa formulación y recomendaciones. En la figura anterior se puede observar como Iribarren 1954, recomienda que el espesor o altura de la berma se calcule como la profundidad total menos la altura de ola (A); por lo que en el caso del dique que aquí se dimensiona la profundidad máxima (-14m) arroja un valor de 9m, es decir la berma empezará en torno a los -5m de profundidad.

Van der Meer (1992) propone un factor reductor del run-up que se calcula como:

$$v = 1 - r_B(1 - r_{dB})$$

$$r_B = \frac{B/H}{2 \cot \theta + B/H}$$

$$r_{dB} = \frac{h_B^2}{2H_d^2}$$

Dónde h_B es la profundidad de la berma y B corresponde al ancho, que se calcula como mínimo cuatro cantos, así que si el $D_{n50} = \left(\frac{W}{\gamma}\right)^{1/3} = 1.45 \rightarrow B = 4 * D_{n50} = 3.6m$. Por lo tanto, se obtiene un valor de 0.89 que si se aplica al run-up obtenido

anteriormente se obtiene un valor de 1m. La cota de coronación final de este tramo necesaria teniendo en cuenta el run-up, la reducción por berma y el nivel máximo del nivel del mar (+1.0m) es de +2m.

- Morro

Tras el análisis y estudio del manto, de las diferentes unidades y piezas que en él se pueden disponer, así como de los requisitos de diseño para completar la sección tipo de un Dique en Talud, es necesario profundizar sobre un punto singular, el morro, el que está sometido a refracción, difracción, reflexión y rotura del oleaje, a fenómenos de ascenso y descenso del flujo, a multidireccionalidad, etc.

Este conocimiento del flujo lleva a la conclusión de que, independientemente de las piezas que lo integran, las secciones del morro y del codo son mucho más frágiles que las secciones rectas y las fuerzas de arrastre conducen a la pérdida de engarce entre elementos, y en consecuencia a fragilidad ante unidades que no funcionan correctamente ante incidencia oblicua.

Por estos efectos, su cálculo suele realizarse afectando al peso del manto exterior de las secciones del tronco por un coeficiente multiplicador, siguiendo la expresión:

$$W_{morro/codo} = K \cdot W_{tronco}$$

El coeficiente multiplicador considerado es de 1.8 veces el peso de los elementos del tramo anterior al morro, siendo necesaria la colocación de elementos de 3.6 toneladas colocadas en dos capas con un espesor de aproximadamente 2 metros.

6.2.2 CONTRADIQUE

En el caso particular del contradique debido a su localización, éste queda resguardado de la incidencia del oleaje directo ya que será el dique de abrigo el que lo reciba principalmente. El hecho de que el oleaje esté muy debilitado permite dimensionar un contradique que estará formado por un núcleo todo uno, protegido por una capa principal formada por elementos de escollera de 3Tn (espesor 2m), y a continuación la capa filtro con escollera de quinta categoría de 150kg y espesor 1.6m., En el trasdós del contradique se construirá un muelle adosado que se sustentará la nueva zona de ocio proyectada, éste alcanzará la cota marcada por el muelle.

6.3 TABLA RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los elementos dimensionados en los apartados anteriores para cada una de las tres alineaciones que forman el dique de abrigo y el contradique, quedan recogidos en la siguiente tabla:

		Elemento	W (Tn)	Espesor(m)	Cota (m)
DIQUE DE ABRIGO	Alineación 1	Manto	12.6	3.3	+7.9
		Filtro	0.63	1.2	
	Alineación 2	Manto	16.2	3.6	+8.9
		Filtro	0.8	1.3	
	Alineación 3	Manto	2	0.7	+2
		Filtro	0.1	1	
	Morro	Manto	3.6	2	+2
		Filtro	0.18	0.8	
CONTRADIQUE		Manto	3	2	+2.5

Tabla 8: Tabla resumen de los elementos que forman el dique interior de abrigo.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 9: DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS INTERIORES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. DATOS DE PARTIDA.....	3
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	3
3.4 ACCIONES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD.....	3
4. DISEÑO DE LOS MUELLES.....	4
4.1 SECCIÓN TIPO.....	5
4.2 DETERMINACIÓN DE ACCIONES.....	7
4.2.1 PESO PROPIO DEL HORMIGÓN.....	7
4.2.2 PRESIÓN HIDROSTÁTICA.....	8
4.2.3 PESO PROPIO DEL PEDRAPLEN.....	9
4.2.4 PRESIÓN DEL PEDRAPLEN.....	9
4.2.5 SOBRECARGA DE EXPLOTACIÓN.....	11
4.2.6 TRACCIÓN DEL NORAY.....	12
4.3 CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD.....	13
5. LOS PANTALANES.....	23
5.1 INTRODUCCIÓN.....	23
5.2 DISTRIBUCIÓN PROPUESTA DE PANALANES.....	23
5.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS PANTALANES Y “FINGERS”.....	23

1. INTRODUCCIÓN

En el *Anejo 6 Alternativas* se determinaron las tipologías de muelles, pantalanés y técnicas de amarre que se emplearían en el futuro Puerto Deportivo de Cerbère.

Los muelles serán de gravedad de bloques, los pantalanés serán fijos y el amarre se hará mediante el empleo de “fingers” para facilitar la maniobra de atraque.

En adelante se dimensionarán y determinarán las características técnicas de estos elementos, teniendo en cuenta para ello las consideraciones previas al cálculo tales como las hipótesis sobre los materiales y los coeficientes de seguridad fijados por la Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM).

2. OBJETO

El objeto de este anejo es dimensionar y comprobar la estabilidad de los muelles, así como determinar el diseño de los pantalanés y “fingers”.

3. DATOS DE PARTIDA

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

Los muelles se proyectan en bloques de hormigón en masa con una densidad seca de 2.4 T/m^3 . Y $\mu = 0,6$. La primera hilada de bloques se considera asentada sobre una banqueta de cimentación con un peso específico de 2.38 T/m^3 .

En el trasdós de los muelles se considera un material de relleno con un peso específico de 2.38 T/m^3 , un ángulo de fricción de 40° , un 10% de vacíos y $c'=0$.

Para la coronación de los muelles se considera un pavimento de 20 cm de espesor con una densidad seca de 2.2 T/m^3 .

3.4 ACCIONES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD.

El muro actúa como contención del material de relleno en el trasdós. A esto se le suman la sobrecarga correspondiente al peso del pavimento y la correspondiente al uso de operación y almacenamiento en un puerto deportivo, que según la R.O.M. 0.2-90 se estima en 1.5 t/m^2

Se realizan las comprobaciones de los estados límite últimos, variando la geometría del muelle hasta satisfacer los siguientes coeficientes de seguridad mínimos:

PARÁMETRO	CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
Deslizamiento	1,5	1,3
Vuelco rígido	1,5	1,3

Tabla.1: Coeficientes de seguridad

4. DISEÑO DEL MUELLE

Los muelles de gravedad son estructuras de atraque que soportan el desnivel de tierras de trasdós a intradós fundamentalmente mediante el peso propio de su estructura. Las tipologías más usuales en España son las denominadas “de bloques”, de “cajones” y la de “hormigón sumergido”.

El proyecto del nuevo Puerto Deportivo requiere también una mejora de las estructuras interiores. En esta sección se presentan las características principales del muelle de ribera propuesto, que contempla una realineación del muelle existente con el fin de obtener una configuración más lineal y una anchura más funcional. En la Figura 1 se puede observar el muelle existente. Por otro lado el muro adosado al contradique tendrá una sección tipo muy similar a la del muelle de ribera que será comprobada en los siguientes apartados.



Figura 1: Vista en planta del muelle existente.



Figura 2: Propuesta del nuevo muelle.

4.1 SECCIÓN TIPO

Para el diseño de los muelles del puerto de Cerbère se ha decidido aplicar la teoría de estado activo de Rankine ya que proporciona resultados aceptables para este tipo de casos sin recurrir a técnicas muy complejas. La geometría de diseño que se ha planteado es la de muelle de bloques que se encuentra en la R.O.M 05-05 (Figura 3) y que es la siguiente.

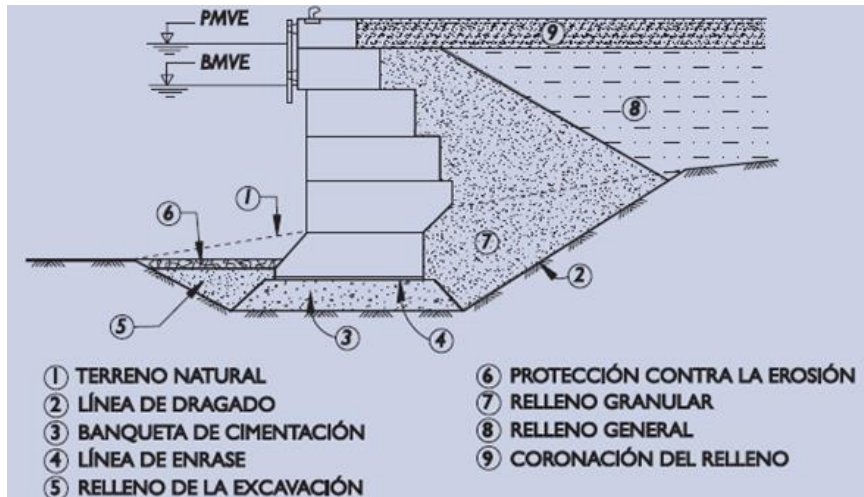


Figura 3: Sección tipo de un muelle por bloques de gravedad.

Siguiendo la tipología aquí expuesta se ha diseñado la sección tipo que se muestra en la Figura 4 y que está formada por bloques de hormigón. Las dimensiones del bloque de hormigón asentado sobre la banqueta de cimentación son de 3.5m de ancho por 1.5m de alto, éste está seguido de un bloque de dimensiones 3m de ancho y 1.5m de alto. En la parte superior se encuentran otra hilada de bloques de 1m de alto y 2m de ancho en el que finalmente se apoya un bloque más fino de hormigón en masa de 0.5m alto y 1m ancho. El relleno de trasdós se conformará con relleno todo uno hasta cota +0.9 m, a partir de la cual se coloca una capa de espesor 20cm de hormigón ligeramente armado.

La cota de coronación del muelle será variable y se incrementará a medida que éste avanza hacia la nueva zona del puerto. Por lo tanto, las variables cota de coronación y profundidad serán variables a lo largo de su trayectoria y las secciones tipo aquí presentada sólo representarán de manera exacta los valores para ciertas secciones del nuevo muelle. La información topográfica sobre la que se ha realizado el proyecto es escasa, sin embargo las cotas que se manejan a la entrada del nuevo puerto rondan el metro y crecen hasta alcanzar los dos metros en la zona en la que se sitúa la estructura de abrigo actual. Por lo tanto se opta por dar cotas similares en la primera parte del muelle que será reconstruida para mejorar las condiciones y servicios ofrecidos, y en la segunda parte de éste que constituye la nueva zona portuaria, se conservará la cota de coronación del muelle entorno a los dos metros aproximadamente.

Las siguientes imágenes muestran un croquis de la sección del nuevo muelle cuya resistencia y funcionamiento se comprobará en los siguientes apartados.

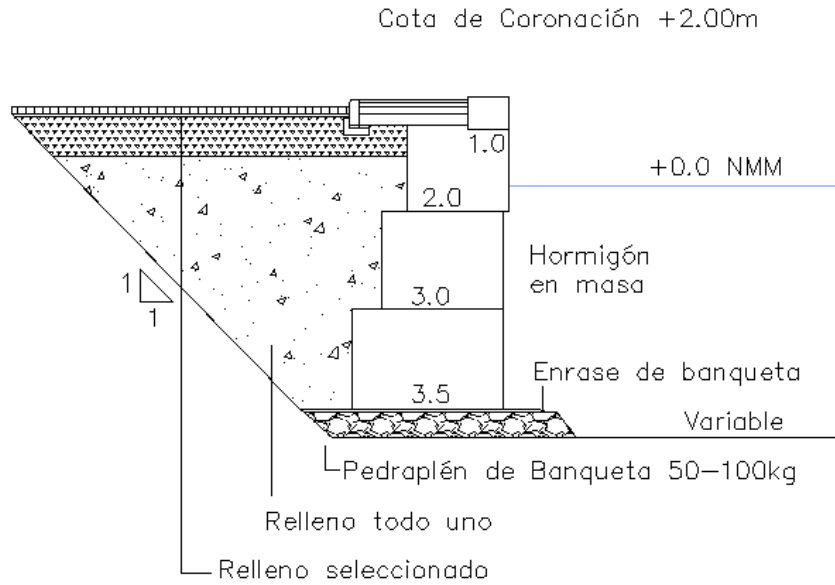


Figura 4: Croquis de las secciones tipo.

Sobre la banqueta de cimentación se colocaran elementos de escollera de 100-200 Kg con altura de un metro y con los que se evitará la erosión en el pie del muelle. Siguiendo las indicaciones de la ROM, para mares sin marea como el Mediterráneo, la altura mínima de los muelles será de 0.8 m, así que en principio la cota aquí adoptada de 1.1m evitará problemas.

Se debe tener en cuenta al realizar el encofrado del muelle el espacio necesario para el paso de los servicios como electricidad, agua, etc. que se encontrarán en el muelle.

4.2 MUELLE DE RIBERA: DETERMINACIÓN DE ACCIONES

Sobre los bloques de hormigón que hacen la función de muelle actuarán distintos esfuerzos que serán debidos a la presión hidrostática que ejerce el agua, al terreno situado en el trasdós de éste y a cargas que puedan actuar en la superficie de dicho terreno.

Las acciones calculadas a continuación y que actúan sobre el muelle, son necesarias para el cálculo del equilibrio de la estructura (por metro lineal).

4.2.1 PESO PROPIO DEL HORMIGÓN

En primer lugar se debe considerar el peso propio de los bloques.

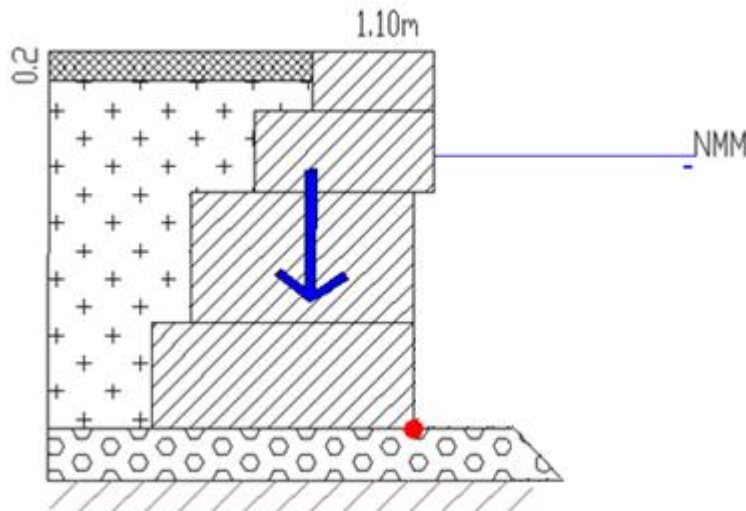


Figura 5: Croquis peso propio

El peso propio que ejerce un momento estabilizador se calcula como:

$$W = \gamma_h \cdot a \cdot b \quad , \quad M_w = W \cdot b/2$$

Los datos del centro de gravedad del conjunto son los siguientes:

$$X_g = 1.49$$

$$Y_g = 1.86$$

Por lo que la siguiente tabla nos proporciona los valores del Peso propio y del momento estabilizador que este proporciona a los bloques de hormigón.

W (T)	M _w (T m)
29.04	43.344

Tabla 2: Resultados del peso y el momento del peso propio.

4.2.2 PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Debido a que la escollera de la banquetta tiene una permeabilidad que se puede considerar infinita, el nivel freático (NF) se encuentra a una altura igual que el nivel medio del mar (NMM) y, en consecuencia, las presiones hidrostáticas horizontales se compensan ($\gamma_w = 1,027 \text{ T/m}^3$), por lo que no se deben tener en cuenta.

Lo que si se debe calcular es la subpresión que actúa de manera vertical bajo el hormigón y que reduce el efecto del peso de este. La fuerza y el momento asociados a la subpresión para cada uno de los casos se calcula como

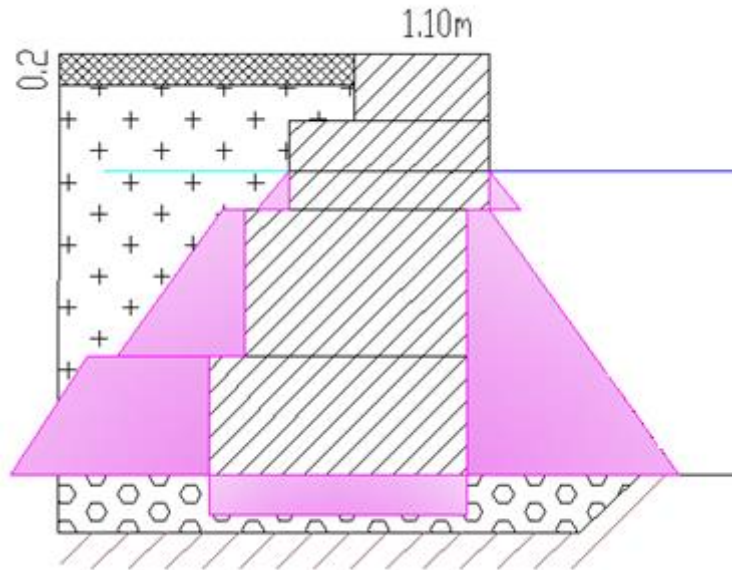


Figura 6: Ley de presiones hidrostáticas

$$F_s = \gamma_w \cdot b \cdot (a - d)$$

$$M_s = F_s \cdot \frac{b}{2}$$

	a(m)	b(m)	d(m)	γ_w (t/m ³)	Fs	Ms
Presión hidrostática	4.5	3.5	1.1	1.027	12.2	21.4

Tabla 3: Resultados Presión Hidrostática.

4.2.3 PESO PROPIO DEL PEDRAPLEN

Utilizar esta tipología de muelles de gravedad, con muelles de diferentes tamaños, es importante porque de este modo se aprovecha el peso propio del pedraplen como fuerza y momentos estabilizadores.

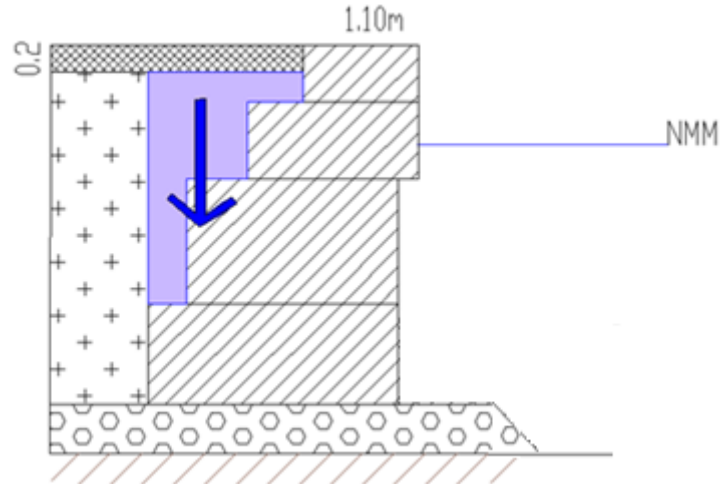


Figura 7: Croquis peso propio del pedraplén

El peso propio ejerce que ejerce un momento estabilizador se calcula como:

$$W = \gamma_p \cdot a \cdot b \quad , \quad M_p = W \cdot x_{cg}$$

Los datos del centro de gravedad del conjunto son los siguientes:

$$X_{cg} = 2.60, \quad Y_{cg} = 3.53$$

W(t/m)	Mp(T)
8.68	22.61

Tabla 4: Peso y momento producido por el peso propio del pedraplen.

4.2.4 PRESIÓN DEL PEDRAPLEN

Como se ha comentado anteriormente, para calcular la presión que ejerce el terreno sobre la estructura de hormigón se utiliza la teoría de Rankine, usando el coeficiente de empuje activo K_a (ya que el terreno actúa de manera activa y no pasiva).

Este método puede parecer sencillo ya que no considera el frotamiento entre el hormigón y el rompeolas. No obstante, para este tipo de cálculos da buenos resultados y queda por el lado de la seguridad. La ROM 0.2-90 ya dice que para calcular la estabilidad de la estructura no se usa el coeficiente en reposo sino el activo o pasivo, que implica considerar que existe una cierta deformación. La presión horizontal efectiva coincide con la total ya que la presión horizontal de agua queda compensada, como se ha comentado anteriormente

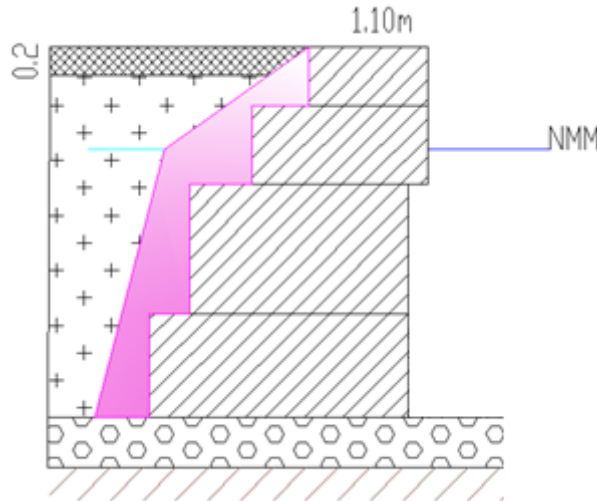


Figura 8: Croquis de la presión que ofrece el pedraplén

La presión horizontal de Rankine se calcula como:

$$\sigma_h = \sigma_h' = \sigma_v' K_a - 2c' \sqrt{K_a} = \sigma_v' \cdot K_a$$

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi'}{1 + \sin \varphi'} = \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi'}{2} \right)$$

La presión vertical σ_v' está descrita por la siguiente expresión.

$$\sigma_v' = \sigma_v - \sigma_w = \left\{ \begin{array}{l} \gamma_p \cdot z \text{ --- Sobre el NF} \\ \gamma_p \cdot z - (z - d) \cdot \gamma_w \text{ --- Bajo el NF} \end{array} \right\}$$

Donde z es la profundidad (ver las figuras anteriores) y d es la profundidad donde se encuentra el NF. Se debe tener en cuenta que $\gamma_p = 2,52 \text{ T/m}^3$ (considerando el 10% de vacíos).

	γ_p	z1(NF)	z2(NF)	$\sigma_v' z1$	$\sigma_v' z2$
Presión pedraplen	2.52	1.1	4.5	2.772	7.94

Tabla 5: Presión vertical debida al terreno del trasdós del muelles para la profundidad del nivel freática y del punto más bajo.

	K_a	$\sigma_h' z1(\text{T/m}^2)$	$\sigma_h' z2(\text{T/m}^2)$
Presión pedraplen	0.22	0.61	1.75

Tabla 6: Presión horizontal debida al terreno del trasdós del muelles para la profundidad del nivel freática y del punto más bajo.

Si la acción del terreno se descompone en la que producen las presiones que actúan sobre (1) y debajo (2) del NF, respectivamente, se encuentran dos fuerzas y dos momentos volcadores:

$$F_p = \sigma_H \cdot a/2$$

$$M_{pi} = F_p \cdot a/2$$

Fp z1 (T/m)	Fp z2 (T/m)	Mpi z1 (Tm/m)	Mpi z2 (Tm/m)
1.37	3.93	3.09	8.84

Tabla 7: Fuerzas y momentos volcadores.

4.2.5 SOBRECARGA DE EXPLOTACIÓN

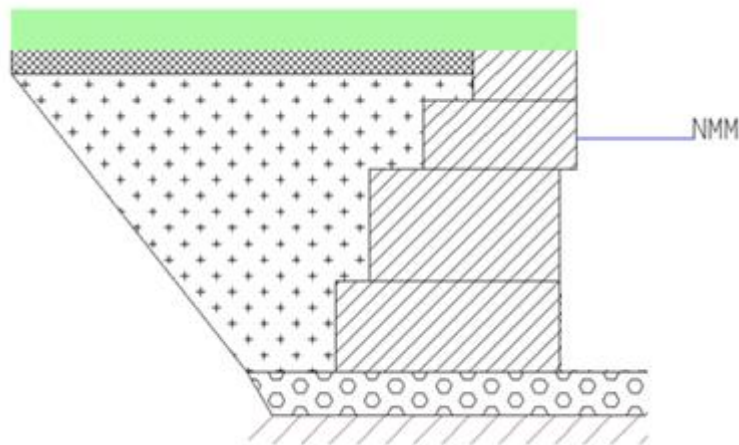


Figura 9: Ley de presiones debidas a la sobrecarga de explotación

La ROM 0.2-90 establece, en primer lugar, que, como sobrecarga de explotación, se tiene que considerar una sobrecarga de operación y otra de almacenaje tal como se muestra en la Figura 10. Para el caso de un puerto deportivo, ambas cargas son iguales y valen 1,5T/m².

Por otra parte, la normativa marca que para un puerto deportivo no es necesario considerar cargas extras puntuales. Así pues, hay que considerar una carga vertical uniforme de 1,5T/m², tal como se muestra en la Figura VIII – A.7.

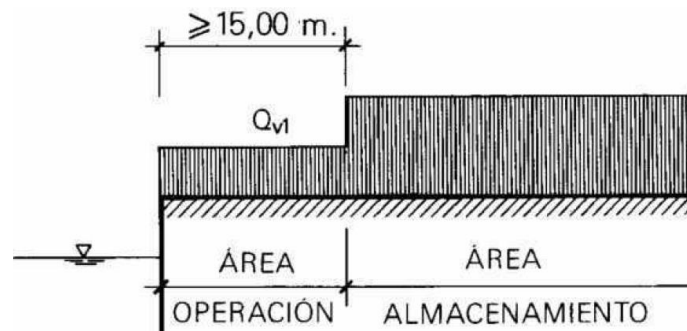


Figura 10: Sobrecarga de explotación definida por la R.O.M 0.2-90

Sólo se considera el efecto desfavorable de la sobrecarga como presión horizontal actuante en el trasdós del hormigón, pero no su posible contribución vertical (que sería estabilizadora). Esta tensión se calcula a partir de la teoría de Rankine:

$$\sigma_H = 1,5 \cdot K_a$$

Y la fuerza y momentos resultantes son:

$$F_{SC} = \sigma_H \cdot a$$

$$M_{SC} = F_{SC} \cdot a/2$$

Sobrecarga explotación	Ka	a(m)	σ_H (T/m)	Fsc (T/m)	Msc (T m /m)
	0.22	4,5	0.33	1.48	3.34

Tabla 8: Fuerzas y momentos generados por la carga de sobreexplotación.

4.2.6 TRACCIÓN DEL NORAY

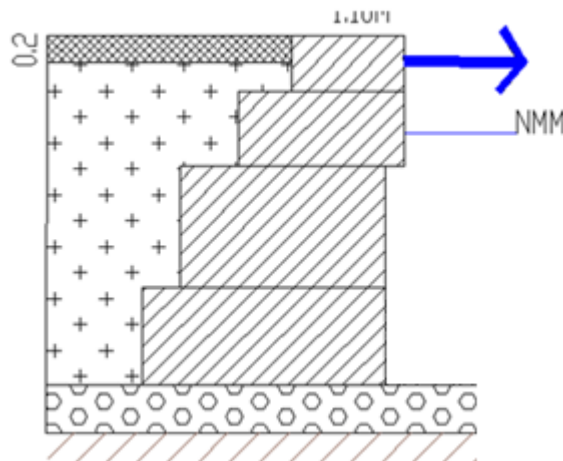


Figura 11: Tracción del Noray

Se considera la posible tracción ejercida por el noray de un amarre como 0,1 T/m (provocada por un viento de 150 km/h) De esta manera la fuerza y el momento de esta tracción son:

$$F_B = 0,1 \text{ T/m}$$

$$M_B = F_B \cdot \frac{a}{2} = 0,225 \text{ T m.}$$

4.2.7 CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD

Teóricamente, hay estabilidad si los factores de seguridad frente a deslizamiento y vuelco son mayores que la unidad pero normalmente se consideran los siguientes coeficientes de seguridad global mínimos:

PARÁMETRO	CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
Deslizamiento	1,5	1,3
Vuelco rígido	1,5	1,3

Tabla 9: Factores de seguridad.

A corto plazo no se tienen en cuenta las cargas de explotación ni la tracción del noray, mientras que a largo plazo se consideran todas las mencionadas anteriormente. El factor del vuelco plástico se calcula igual que el vuelco rígido; la única diferencia es que se exige un coeficiente más elevado y por lo tanto, es este último coeficiente lo que limita el factor de vuelco.

- **ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO**

Para que no se produzca el deslizamiento del muelle, debe cumplirse que el rozamiento sea superior a la suma de empujes horizontales que actúa sobre el muelle.

$$FS_d = \frac{\mu(\sum F_v)}{\sum F_H}$$

Donde $\sum F_v$ es la suma de fuerzas verticales (peso propio y subpresión) y $\sum F_H$ presión del pedraplén, peso del pavimento, tracción del noray sobrecarga de explotación) la suma de fuerzas horizontales y $\mu=0,6$.

- A corto plazo:

$$\left. \begin{aligned} \sum F_v &= W + W_p - F_s = 25.51 \text{ T/m} \\ \sum F_H &= F_{P1} + F_{P2} = 5.30 \text{ T/m} \end{aligned} \right\} \rightarrow FS_d = 4.8$$

- A largo plazo:

$$\left. \begin{aligned} \sum F_v &= W + W_p = 25.51 \text{ T/m} \\ \sum F_H &= F_{P1} + F_{P2} + F_{SC} + F_B = 6.9 \text{ T/m} \end{aligned} \right\} \rightarrow FS_d = 3.7$$

Se observa como los valores de los factores de seguridad calculados son superiores a los establecidos por normativa (>1), tanto a largo como a corto plazo. Garantizamos que estamos del lado de la seguridad.

• **ESTABILIDAD AL VUELCO**

En cuanto a la estabilidad al vuelco, esta se producirá cuando la suma de momentos estabilizadores sea superior a la suma de los momentos volcadores. Por tanto debe

$$FS_v = \frac{\sum M_{est}}{\sum M_{volc}}$$

cumplirse:

Donde $\sum M_{est}$ son los momentos estabilizadores (peso propio) y $\sum M_{volc}$ (subpresión, presión del pedraplén, peso del pavimento, tracción del noray y sobrecarga de explotación) los momentos volcadores. A menudo se ponen todos los momentos derivados de fuerzas verticales en el numerador y entonces son positivos o negativos en función de su carácter estabilizador o volcador.

- Corto plazo

$$\sum M_{est} = M_W + M_p = 44.57 \text{ T/m}$$

$$\sum M_{volc} = M_S + M_{P1} + M_{P2} = 33.31 \text{ T/m}$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum M_{est} = M_W + M_p = 44.57 \text{ T/m} \\ \sum M_{volc} = M_S + M_{P1} + M_{P2} = 33.31 \text{ T/m} \end{array} \right\} \longrightarrow FS_d = 1.33$$

- Largo plazo

$$\sum M_{est} = M_W + M_p = 44.57 \text{ T/m}$$

$$\sum M_{volc} = M_S + M_{P1} + M_{P2} + M_{SC} + M_B = 36.9 \text{ T/m}$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum M_{est} = M_W + M_p = 44.57 \text{ T/m} \\ \sum M_{volc} = M_S + M_{P1} + M_{P2} + M_{SC} + M_B = 36.9 \text{ T/m} \end{array} \right\} \longrightarrow FS_d = 1.21$$

En este caso el factor de seguridad frente al vuelco también es superior al establecido y por ello se llega a la conclusión que la sección tipo propuesta por el muelle es estable.

4.3 MUELLE ADOSADO: DETERMINACIÓN DE ACCIONES

Sobre los bloques de hormigón que hacen la función de muelle actuarán distintos esfuerzos que serán debidos a la presión hidrostática que ejerce el agua, al terreno situado en el trasdós de éste y a cargas que puedan actuar en la superficie de dicho terreno.

Las acciones calculadas a continuación y que actúan sobre el muelle, son necesarias para el cálculo del equilibrio de la estructura (por metro lineal). Se deberá tener en cuenta que la estructura tipo con bloques de hormigón alcanzará una profundidad de 4.5m, a partir de la cual se encontrará el relleno todo uno protegido por una capa de escollera de 500kg (ver detalle de la sección del muelle en plano correspondiente).

4.3.1 PESO PROPIO DEL HORMIGÓN

En primer lugar se debe considerar el peso propio de los bloques.

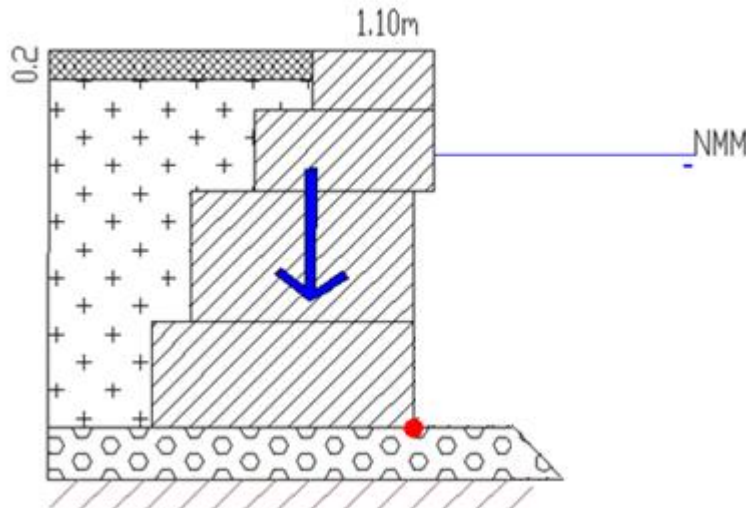


Figura 5: Croquis peso propio

El peso propio que ejerce un momento estabilizador se calcula como:

$$W = \gamma_h \cdot a \cdot b \quad , \quad M_w = W \cdot b/2$$

Los datos del centro de gravedad del conjunto son los siguientes:

$$X_g = 1.49$$

$$Y_g = 1.86$$

Por lo que la siguiente tabla nos proporciona los valores del Peso propio y del momento estabilizador que este proporciona a los bloques de hormigón.

W (T)	M _w (T m)
29.04	43.344

Tabla 2: Resultados del peso y el momento del peso propio.

4.3.2 PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Debido a que la escollera de la banquetta tiene una permeabilidad que se puede considerar infinita, el nivel freático (NF) se encuentra a una altura igual que el nivel medio del mar (NMM) y, en consecuencia, las presiones hidrostáticas horizontales se compensan ($\gamma_w = 1,027 \text{ T/m}^3$), por lo que no se deben tener en cuenta.

Lo que si se debe calcular es la subpresión que actúa de manera vertical bajo el hormigón y que reduce el efecto del peso de este. La fuerza y el momento asociados a la subpresión para cada uno de los casos se calcula como

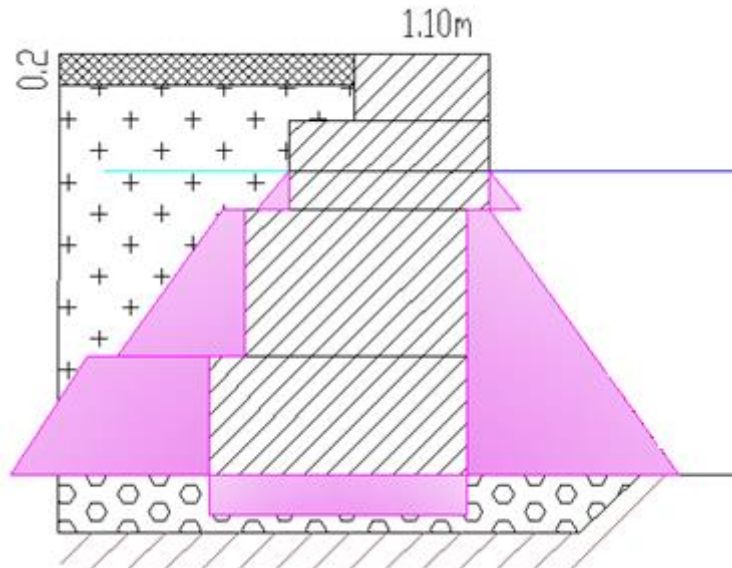


Figura 6: Ley de presiones hidrostáticas

$$F_s = \gamma_w \cdot b \cdot (a - d)$$

$$M_s = F_s \cdot \frac{b}{2}$$

	a(m)	b(m)	d(m)	γ_w (t/m³)	Fs	Ms
Presión hidrostática	4.5	3.5	1.1	1.027	12.2	21.4

Tabla 3: Resultados Presión Hidrostática.

4.3.3 PESO PROPIO DEL PEDRAPLEN

Utilizar esta tipología de muelles de gravedad, con muelles de diferentes tamaños, es importante porque de este modo se aprovecha el peso propio del pedraplen como fuerza y momentos estabilizadores.

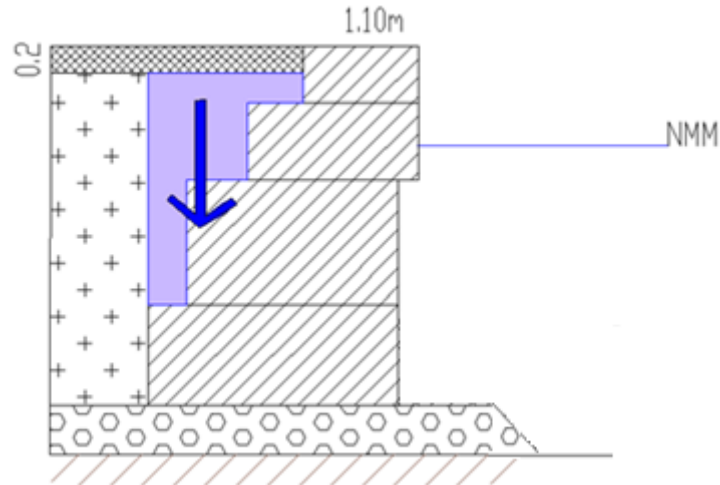


Figura 7: Croquis peso propio del pedraplén

El peso propio ejerce que ejerce un momento estabilizador se calcula como:

$$W = \gamma_p \cdot a \cdot b \quad , \quad M_p = W \cdot x_{cg}$$

Los datos del centro de gravedad del conjunto son los siguientes:

$$X_{cg}= 2.60, \quad Y_{cg}=3.53$$

W(t/m)	Mp(T)
8.68	22.61

Tabla 4: Peso y momento producido por el peso propio del pedraplen.

4.3.4 CARGAS MUERTAS

En este caso no sólo actuará el peso propio como carga permanente sino que también existirá el factor de cargas muertas, que será producida por el peso de los elementos no resistentes en el sentido estructural que será soportado por la estructura resistente de forma permanente (instalaciones fijas).

Los valores característicos de esta acción deberían ser calculados según las dimensiones reales y los pesos de los distintos elementos y materiales así como el del equipamiento. Sin embargo el presente proyecto no incluye la construcción del edificio de manera cuantitativa sino sólo de manera cualitativa, por lo que no será posible determinar esta carga de manera exacta. Ante la falta de datos y con el fin de incrementar el momento estabilizador total, se decide multiplicar el valor obtenido por el peso propio del pedraplen por un coeficiente de 1.5, lo cual no es un cálculo muy apropiado y debería ser mejorado una vez diseñadas las instalaciones que se emplazarán en la nueva zona lúdica a la que da soporte este muelle.

$$M_p = 22.61 \cdot 1.5 = 34 \text{ T}$$

4.3.5 PRESIÓN DEL PEDRAPLEN

Como se ha comentado anteriormente, para calcular la presión que ejerce el terreno sobre la estructura de hormigón se utiliza la teoría de Rankine, usando el coeficiente de empuje activo K_a (ya que el terreno actúa de manera activa y no pasiva).

Este método puede parecer sencillo ya que no considera el frotamiento entre el hormigón y el rompeolas. No obstante, para este tipo de cálculos da buenos resultados y queda por el lado de la seguridad. La ROM 0.2-90 ya dice que para calcular la estabilidad de la estructura no se usa el coeficiente en reposo sino el activo o pasivo, que implica considerar que existe una cierta deformación. La presión horizontal efectiva coincide con la total ya que la presión horizontal de agua queda compensada, como se ha comentado anteriormente

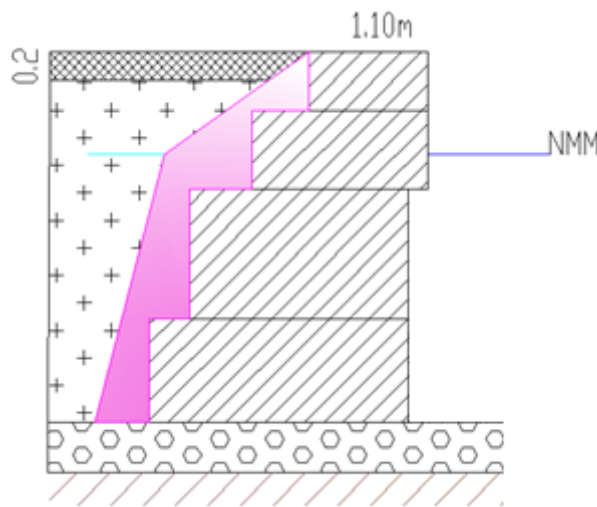


Figura 8: Croquis de la presión que ofrece el pedraplén

La presión horizontal de Rankine se calcula como:

$$\sigma_h = \sigma_h' = \sigma_v' K_a - 2c' \sqrt{K_a} = \sigma_v' \cdot K_a$$

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi'}{1 + \sin \varphi'} = \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi'}{2} \right)$$

La presión vertical σ_v' está descrita por la siguiente expresión.

$$\sigma_v' = \sigma_v - \sigma_w = \left\{ \begin{array}{l} \gamma_p \cdot z \text{ --- Sobre el NF} \\ \gamma_p \cdot z - (z - d) \cdot \gamma_w \text{ --- Bajo el NF} \end{array} \right\}$$

Donde z es la profundidad (ver las figuras anteriores) y d es la profundidad donde se encuentra el NF. Se debe tener en cuenta que $\gamma_p = 2,52 \text{ T/m}^3$ (considerando el 10% de vacíos).

	$\gamma'p$	$z1(NF)$	$z2(NF)$	$\sigma'v z1$	$\sigma'v z2$
Presión pedraplen	2.52	1.1	4.5	2.772	7.94

Tabla 5: Presión vertical debida al terreno del trasdós del muelles para la profundidad del nivel freática y del punto más bajo.

	Ka	$\sigma'h z1(T/m2)$	$\sigma'h z2 (T/m2)$
Presión pedraplen	0.22	0.61	1.75

Tabla 6: Presión horizontal debida al terreno del trasdós del muelles para la profundidad del nivel freática y del punto más bajo.

Si la acción del terreno se descompone en la que producen las presiones que actúan sobre (1) y debajo (2) del NF, respectivamente, se encuentran dos fuerzas y dos momentos volcadores:

$$F_p = \sigma_H \cdot a/2$$

$$M_{pi} = F_p \cdot a/2$$

$Fp z1 (T/m)$	$Fp z2 (T/m)$	$Mpi z1 (Tm/m)$	$Mpi z2 (Tm/m)$
1.37	3.93	3.09	8.84

Tabla 7: Fuerzas y momentos volcadores.

4.3.6 SOBRECARGA DE EXPLOTACIÓN

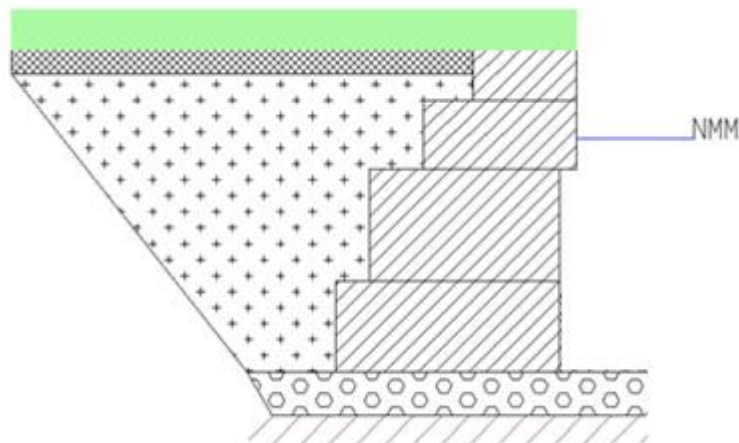


Figura 9: Ley de presiones debidas a la sobrecarga de explotación

En este caso en particular el muelle será el lugar donde estacionen un número más elevado de coches ya que se ha proyectado una zona lúdica y ajardinada que estará situada en la primera planta de la edificación, mientras que la planta baja albergará una zona de aparcamiento.

Para el cálculo de la sobrecarga de estacionamiento y almacenamiento se siguen las recomendaciones que la ROM 0.2-90 establece; para ello se debe determinar el máximo peso por unidad de superficie transitoriamente estacionado en el área que llamaremos de almacenamiento, ya que aunque no se dará acopio a mercancías, sí se permitirá el estacionamiento de vehículos durante amplias estancias de tiempo.

Generalmente podrá tomarse para cada área elemental:

$$Q_v = \gamma \cdot H_a \text{ en t/m}^2$$

Donde γ es el peso específico del material estacionado cuyo valor ha sido obtenido de la tabla 3.4.2.3.1.1 (vehículos a motor vacíos $\gamma = 0.25\text{t/m}^3$). H_a es la altura máxima de estacionamiento del material considerado en m, cuyo valor a sido adoptado de la tabla 3.4.2.3.1.2 para uso deportivo en área de almacenamiento ya que es el caso más desfavorable y arroja un valor de 2 metros.

$$Q_v = 0.25 \cdot 2 = 0.5\text{t/m}^2$$

Obtenemos por tanto una carga uniformemente repartida de 0.5t/m^2 . Sólo se considera el efecto desfavorable de la sobrecarga como presión horizontal actuante en el trasdós del hormigón, pero no su posible contribución vertical (que sería estabilizadora). Esta tensión se calcula a partir de la teoría de Rankine:

$$\sigma_H = 0.5 \cdot K_a$$

Y la fuerza y momentos resultantes son:

$$F_{SC} = \sigma_H \cdot a$$

$$M_{SC} = F_{SC} \cdot a/2$$

Sobrecarga explotación	Ka	a(m)	$\sigma_H(\text{T/m})$	Fsc (T/m)	Msc (T m /m)
	0.22	4,5	0.11	1.98	4.4

Tabla 8: Fuerzas y momentos generados por la carga de sobreexplotación.

4.3.7 TRACCIÓN DEL NORAY

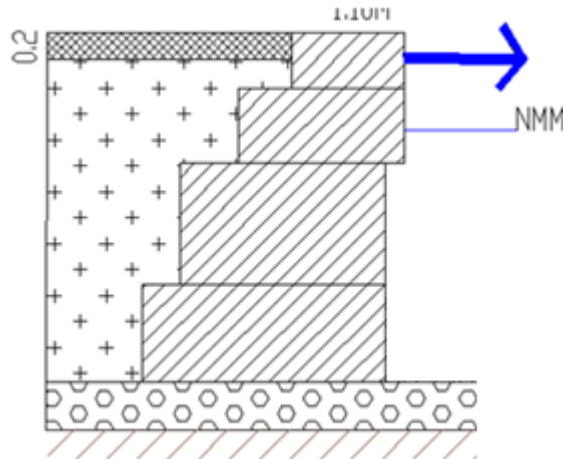


Figura 11: Tracción del Noray

Se considera la posible tracción ejercida por el noray de un amarre como 0,1 T/m (provocada por un viento de 150 km/h) De esta manera la fuerza y el momento de esta tracción son:

$$F_B = 0.1 \text{ T/m}$$

$$M_B = F_B \cdot \frac{a}{2} = 0.225 \text{ T m.}$$

4.4 CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD

Teóricamente, hay estabilidad si los factores de seguridad frente a deslizamiento y vuelco son mayores que la unidad pero normalmente se consideran los siguientes coeficientes de seguridad global mínimos:

PARÁMETRO	CORTO PLAZO	LARGO PLAZO
Deslizamiento	1,5	1,3
Vuelco rígido	1,5	1,3

Tabla 9: Factores de seguridad.

A corto plazo no se tienen en cuenta las cargas de explotación ni la tracción del noray, mientras que a largo plazo se consideran todas las mencionadas anteriormente. El factor del vuelco plástico se calcula igual que el vuelco rígido; la única diferencia es que se exige un coeficiente más elevado y por lo tanto, es este último coeficiente lo que limita el factor de vuelco.

• ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

Para que no se produzca el deslizamiento del muelle, debe cumplirse que el rozamiento sea superior a la suma de empujes horizontales que actúa sobre el muelle.

$$FS_d = \frac{\mu(\sum F_v)}{\sum F_H}$$

Donde ΣF_v es la suma de fuerzas verticales (peso propio, carga muerta y subpresión) y ΣF_H es la suma de las fuerzas horizontales (presión del pedraplén, tracción del noray y sobrecarga de explotación) y $\mu=0,6$.

- A corto plazo:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma F_v &= W + W_p - F_s = 29.9 \text{ T/m} \\ \Sigma F_H &= F_{P1} + F_{P2} = 5.30 \text{ T/m} \end{aligned} \right\} \longrightarrow FS_d = 5.6$$

- A largo plazo:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma F_v &= W + W_p = 29.9 \text{ T/m} \\ \Sigma F_H &= F_{P1} + F_{P2} + F_{SC} + F_B = 7.4 \text{ T/m} \end{aligned} \right\} \longrightarrow FS_d = 4.04$$

Se observa como los valores de los factores de seguridad calculados son superiores a los establecidos por normativa (>1), tanto a largo como a corto plazo. Garantizamos que estamos del lado de la seguridad.

• **ESTABILIDAD AL VUELCO**

En cuanto a la estabilidad al vuelco, esta se producirá cuando la suma de momentos estabilizadores sea superior a la suma de los momentos volcadores. Por tanto debe

$$FS_v = \frac{\Sigma M_{est}}{\Sigma M_{volc}}$$

cumplirse:

Donde ΣM_{est} son los momentos estabilizadores (peso propio) y ΣM_{volc} (subpresión, presión del pedraplén, peso del pavimento, tracción del noray y sobrecarga de explotación) los momentos volcadores. A menudo se ponen todos los momentos derivados de fuerzas verticales en el numerador y entonces son positivos o negativos en función de su carácter estabilizador o volcador.

- Corto plazo

$$\left. \begin{aligned} \Sigma M_{est} &= M_W + M_p = 56 \text{ T/m} \\ \Sigma M_{volc} &= M_S + M_{P1} + M_{P2} = 33.31 \text{ T/m} \end{aligned} \right\} \longrightarrow FS_d = 1.68$$

- Largo plazo

$$\left. \begin{aligned} \Sigma M_{est} &= M_W + M_p = 56 \text{ T/m} \\ \Sigma M_{volc} &= M_S + M_{P1} + M_{P2} + M_{SC} + M_B = 38 \text{ T/m} \end{aligned} \right\} \longrightarrow FS_d = 1.47$$

En este caso el factor de seguridad frente al vuelco también es superior al establecido y por ello se llega a la conclusión que la sección tipo propuesta por el muelle es estable.

5. LOS PANTALANES

5.3 INTRODUCCIÓN

En este apartado se describe la ordenación interior del nuevo Puerto Deportivo de Cerbère. Además se definen las características técnicas de los materiales empleados así como el sistema de fijación de los mismos y se elabora un análisis de la flotabilidad necesaria.

5.4 DISTRIBUCIÓN PROPUESTA DE PANALANES

Los pantalanes para embarcaciones deportivas se proyectan formados por módulos de 12 x 2,5m. La solución final ofrece un total de 165 amarres, de los cuales 59 son para embarcaciones de 6m de eslora, 46 amarres para embarcaciones de 8m de eslora, 40 amarres de 10m y 20 para embarcaciones de 12m de eslora máxima. La ordenación de estos queda reflejada en la figura siguiente.

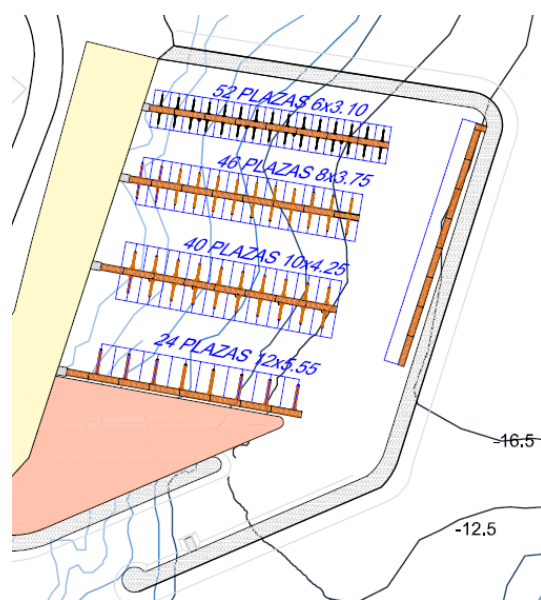


Figura 12: Pantalanes proyectados

5.5 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS PANTALANES Y “FINGERS”

- PANTALANES

Un pantalán es el elemento principal de un puerto deportivo. Tal y como se explicó en el *Anejo 6 Alternativas*, se opta por la instalación de pantalanes flotantes, anclados al suelo mediante dos pilotes. Esta tipología de pantalán es poco frecuente en los puertos del Mediterráneo, dada su idoneidad para mares con grandes carreras de marea. Sin embargo, se ha elegido esta solución técnica para hacer más resistentes estas instalaciones ante eventuales temporales.

El sistema consta de tubos de grandes dimensiones fijados al fondo marino en sentido vertical por los que se desliza una anilla que a su vez se fija rígidamente a los elementos flotantes. Dichos pilotes son tubos de acero de diámetro, espesor y límite elástico calculados para soportar las cargas previstas por el uso al que se destine la instalación. Su fijación se consigue hincando su extremo inferior al fondo en una longitud calculada según composición del terreno y cargas previstas a soportar.

Con el anclaje de las instalaciones flotantes por medio de pilotes se consigue que los desplazamientos de ésta en sentido horizontal sean prácticamente inexistentes, mientras que la libertad de movimiento en sentido vertical absorbe las oscilaciones de la marea, crecidas y oleaje propias del medio.

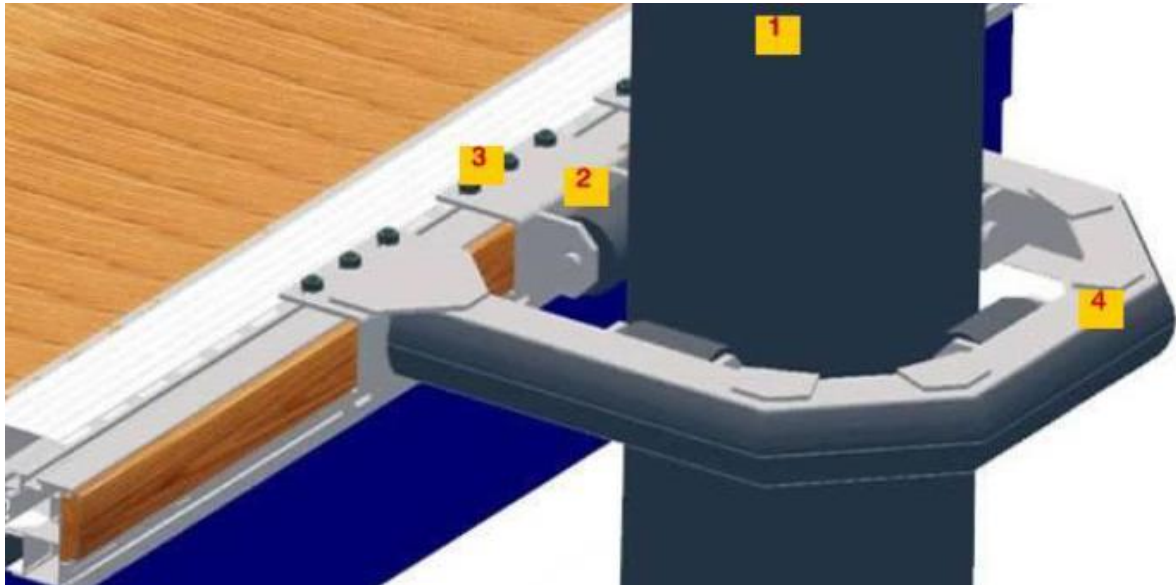


Figura 13: Detalle del anclaje de los módulos de pantalán a los pilotes

Numero	Descripción
1	Pilote de acero recubierto de un tubo de PVC
2	Rodillo deslizante
3	Anclaje a la pasarela
4	Anilla

Tabla 10: Descripción de los elementos de anclaje

El pantalán elegido estará compuesto por una estructura dotada de flotación pisable de madera sintética que sirve como muelle de amarre para las embarcaciones deportivas y cuyas características se describen en los siguientes puntos.

Módulo de 12 x 2.5m para embarcaciones deportivas

El módulo de pantalán de 12 x 2.5 m de ancho, que se utiliza para embarcaciones deportivas, está fabricado con estructura de aleación de aluminio 6005 A en estado T6 y perfil principal 8 kg/m. La superficie pisable es de madera tropical tipo Angelim Pedra imputrescible de alta densidad de 22 mm de espesor. Incluye aperturas laterales practicables a ambos lados del pantalán igualmente en aluminio con bandeja perforada en PVC para canalización de servicios de agua y electricidad. Para la unión entre módulos se colocan tacos elastómeros. La estabilidad está proporcionada por 4 flotadores prefabricados de hormigón armado de dimensiones 2,35 m x 1,90 m x 0,70 m, rellenos de poliestireno expandido. El módulo de pantalán cuenta con defensa longitudinal de EVA (Ethylene Vinyl Acetate) para el perímetro exterior del mismo. En

estos módulos de pantalán se disponen cornamusas de amarre de fundición de aluminio con tornillería de acero inoxidable

Características del aluminio utilizado en los pantalanés

6005 A, ALEACIÓN ALUMINIO MAGNESIO SILICIO
 Productos: Perfiles principales, barras, tubos

COMPOSICIÓN QUÍMICA ⁽¹⁾												
%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti		Otros		Alu
										c/uno	total	
Mini	0,50	0,35	0,30	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	Mn+Cr 0,12- 0,1	0,05	0,15	el resto
Maxi	0,9				0,7							

Tabla 11: Composición química de la aleación de aluminio

Tratamiento térmico:

Puesta en solución: 530° C ± 5° C
 Temple en agua fría (temperatura máxima del agua 40° C)
 Maduración, estado T4: 8 días mínimo a 20° C
 Revenido (2) estado T6

8 horas a 175° C ± 5° C ⁽³⁾ ó
 6 horas a 185° C ± 5° C

Propiedades físicas:

Masa volumétrica: 2,71 g cm³
 Intervalo de fusión: 590-655° C

Coeficiente de dilatación lineal (de 0 a 100° C): 23,9 x 10⁻⁶ ° C⁻¹
 Módulo de elasticidad: 69.000 Mpa
 Coeficiente de absorción: 0,33
 Conductividad térmica (de 0 a 100° C) en estado 0: 172 Wm⁻¹ ° C⁻¹
 Resistividad a 20° C, en estado 0: 0,033 μΩm
 Capacidad térmica de masa (de 0 a 100° C): 960 J kg⁻¹ ° C⁻¹

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS A TEMPERATURA AMBIENTE ⁽⁴⁾							
PRODUCTOS	ESTADO Metalúrgico	Diámetro D (mm)		CARACTERÍSTICAS DE TRACCIÓN		Plegado a 180° del eje de la broca	
		Espesor e (mm)					
		Sección S(mm) ²		Rm (MPa)		Rp 0,2 (Mpa)	A %
		Cotas sobre plano C (mm)		mini	maxi	mini	maxi.

Perfiles abiertos	T5 ó T6	$e \leq 6$	270		225	8	
		$6 < e \leq 10$	260		215	8	
		$10 < e \leq 25$	250		200	8	
Perfiles cerrados	T5 ó T6	$e \leq 6$	255		215	8	
		$6 < e \leq 10$	250		200	8	
Barras Elegidas ⁽⁵⁾	T6	$10 \leq D \text{ o } C \leq 50$	270		225	8	
		$8 \leq e \leq 30$	270		225	8	
		$50 \leq D \text{ o } C \leq 100$	260		215	8	

Tabla 12: Características mecánicas de aluminio utilizado

¹ Según la norma AFNOR NF A 50-411, edición de abril de 1989

² Espera entre temple y revenido 4 horas, como máximo.

³ Este tratamiento da las características mecánicas y de alargamientos más elevadas.

⁴ Extraído de la norma AFNOR NF A 50-411, edición de abril de 1989.

⁵ Son tomados en cuenta:

- el diámetro "D" de las barras redondas,
- las cotas sobre el plano "C" de las barras cuadradas o hexagonales,
- el espesor "e" para las barras rectangulares.

Entarimado de madera exótica imputrescible

Densidad: 800-900 kg/m³

Contracción: medianamente nerviosa-nerviosa.

Coefficientes de contracción: total (unitario)

- Volumétrica: 13,7%-14,5% (0,53-0,67)
- Tangencial: 8,3-9,2% (0,25-0,33)
- Radial: 5,1%-5,4% (0,14-0,20)
- Dureza: 8,5-10 Muy dura

PROPIEDADES MECÁNICAS:

Madera libre de defectos:

- Flexión estática: 120-177 N/mm²
- Módulo de elasticidad: 13000-19000 N/mm²
- Compresión axial: 75-86 N/mm²
- Compresión perpendicular: 17 N/mm²
- Cortante: 10,0 N/mm²
- Flexión dinámica: 5.9-8,9 J/ cm²

La sección de las planchas es de 200 x 22 mm para los módulos de pantalanos deportivos y 200 x 29 mm para los módulos de pantalanos pesqueros. La fijación de las planchas se realiza por medio de remaches de aluminio de 5 mm de diámetro. Los soportes de aluminio tienen un espaciado de 500 mm.

Las maderas utilizadas serán tropicales de alta densidad, con moldurado antiderrapante, densidad de 800 Kg/m³, y resistencia a la tracción de 84 Kg/cm².

Defensas de caucho en pantalanes para embarcaciones deportivas

La defensa longitudinal tipo ROFENDER 60 utilizada en el perímetro de los pantalanes deportivos posee unas dimensiones de 965x150x70 mm, y se realiza mediante un caucho de composición: Ethylene Vinyl Acetate (E.V.A.). Está fabricada siguiendo el proceso "Bacell" con estructura impermeable de células cerradas. Posee una densidad de 150kg/m³ y un peso de 620 grs.



CARACTERÍSTICA	UNIDADES	NORMA DE ENSAYO	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
MÓDULO 300%	Kg/cm ²	DIN 53504	N.A	40
ALARGAMIENTO	%	DIN 53504	N.A	400
CARGA DE ROTURA	Kg/cm ²	DIN 53504	N.A	125
DESGARRO	Kg/cm ²	ASTM D 624	N.A	30
DENSIDAD	g/cm ³	UNE	1.20	1.18
ABRASIÓN	mm ³	DIN 53516	N.A	N.A
DUREZA	Shore A	DIN 53505	75	65

Tabla 13: Características de la defensa de los pantalanes.

Flotación de Hormigón

Las dimensiones de los flotadores son:

- 1,90 x 2,35 x 0,70 m para los olocados en los módulos de 12x 2,5m para las embarcaciones deportivas.

Se disponen transversalmente al pantalán y están fabricados en hormigón armado relleno de poliestireno expandido de 12/15 Kg/m³ unidos a la estructura. Los flotadores se deslizan entre los perfiles de borde y se fijan en su posición por remaches de aluminio con vástago inoxidable de 5 mm de diámetro.

Unión entre pantalanes

Las uniones entre pantalanes se realizan por dos bloques de caucho elastómero armados por cables de acero embutidos en el caucho y fijados sobre perfiles reforzados por tornillos de acero inoxidable y tuercas "Nylstop" de diámetro 14 mm (medidas del bloque: 145 x 45 x 45 mm). La resistencia a la tracción de cada uno de estos bloques -ya armados- es de 14 toneladas. Los bloques están realizados a base de neopreno de densidad 1,2 kg/l. La carga de rotura es de 350 kg/cm² con un alargamiento del 400%. La dureza shore del material es A 75±5.

Estas uniones son semirrígidas en el plano vertical y rígidas en el plano horizontal.

Características de resistencia

La estructura de los pantalanes está dimensionada para soportar dos tipos de esfuerzos: Un esfuerzo horizontal provocado por los barcos amarrados a estos y un esfuerzo vertical provocado por el uso del pantalán (usuarios).

Los máximos esfuerzos que pueden soportar la estructura de un pantalán sin que ninguna barra que la forma sobrepase el límite elástico del aluminio son: En sentido horizontal de 600 a 750 Kg/ml según perfiles ancho pantalán y perfil; en sentido vertical de 150 a 400 Kg/m² según ancho pantalán y flotación.

La siguiente figura muestra una sección típica de un pantalán, y en ella figuran todos los componentes que deberán soportar las sollicitaciones horizontales (perfil y taco elastómero principalmente), los componentes que deberán soportar las sollicitaciones verticales (flotadores) y los componentes que deberán anclar unas secciones a otras (tornillos y U).

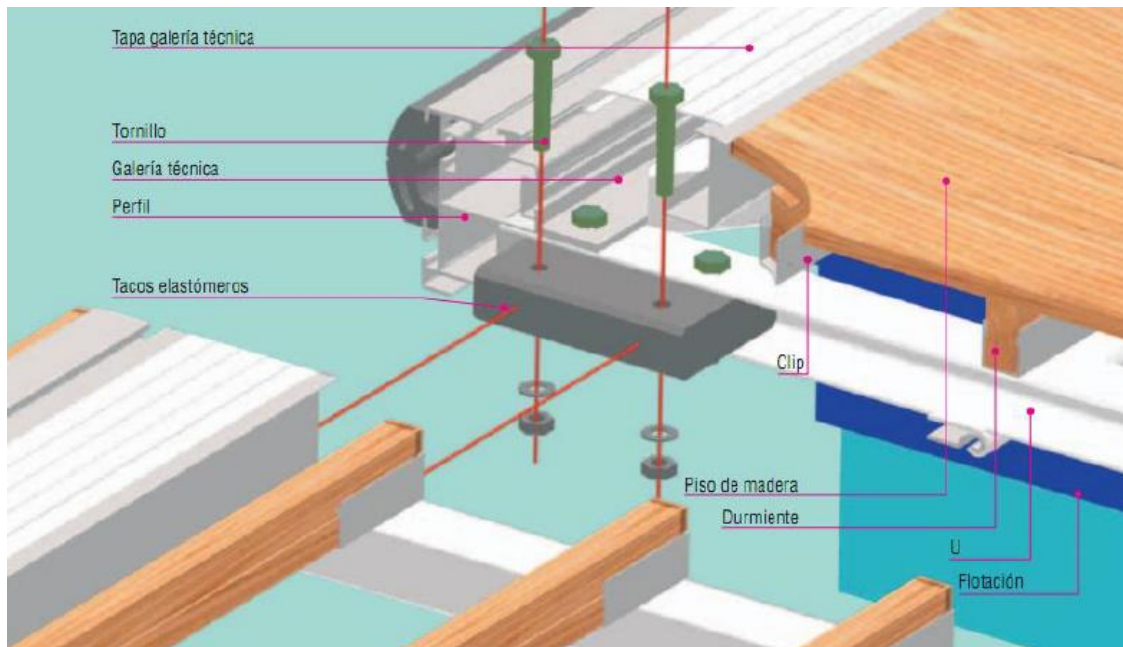


Figura 14: Detalle de los elementos que configuran los pantalanes

Flotabilidad de los pantalanes

A continuación se muestran las fichas que muestran los cálculos de flotabilidad, donde se muestra la estabilidad de los pantalanes propuestos.

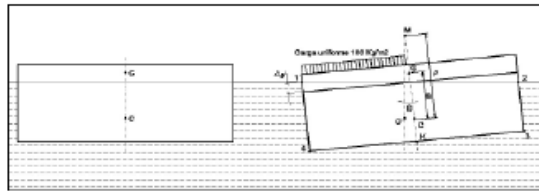
PANTALAN DE 12X 2.5 PARA EMBARCACIONES DEPORTIVAS

PANTALÁN		PRK 12x2,5		HIPÓTESIS DE CARGA ADMISIBLES	
Longitud	L=	12 m	Sobrecarga vertical (considerando pp)	Qv=	362.38 kg/m ²
Ancho	A=	2.5 m	Superficie de paso	S=	30 m ²
Altura del perfil	h=	0.177 m	CARGA ADMISIBLE TOTAL		10871.39 kg
Peso		957 kg			
FLOTADOR		FHPK-700		PESO A SOPORTAR POR LOS FLOTADORES	
Longitud	Lf=	2.35 m	DESPLAZAMIENTO PROVOCADO POR EL AGUA DE MAR	D=	10.60 m ³
Ancho	Af=	1.9 m			
Altura	Hf=	0.7 m	VOOLUMEN DE LOS FLOTADORES	Vf=	12.502 m ³
Peso cada flotador	Pf=	1353.60 kg	nf·Lf·Af·Hf		
Número de flotadores	nf=	4	SUPERFICIE DE FLOTACIÓN	Sf=	17.86 m ²
Peso total flotadores		5414 kg	nf·Lf·Af		
PESO TOTAL PANTALÁN + FLOTADORES		6371 kg		HUNDIMIENTO DE LOS FLOTADORES	
TIPO DE AGUA				D/Sf	Δy= 0.59 m
Agua de mar / dulce (1026 / 1000)		1.026	FRANCO BORDO RESIDUAL	FBR=	0.28 m
SOBRECARGAS				Altura flotador	0.7 m
Vertical		150 kg/m	Altura perfil	0.1765 m	
Vertical (considerando el peso propio)		362 kg/m	Hundimiento	-0.59 m	
Para cálculo de estabilidad		100 kg/m	FRANCO BORDO SIN CARGA	FBS=	0.53 m

3 CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD

Sobrecarga repartida de manera uniforme de 100 kg/m² en media anchura de pantalán. Se trata de un único flotador colocado perpendicularmente al pantalán.

Analizamos un único flotador:

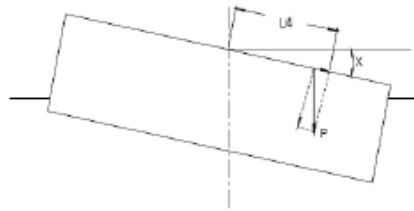


Sobrecarga	Qv=	100 kg/m ²
Peso aplicado PTm + Qv·A/2·Ln	Pa=	1987.85 kg/flotador 7871.39 kg
Volumen trasladado Pa / ρa	Vt=	1.918 m ³
El centro de empuje del flotador será el punto de aplicación del empuje de Arquímedes (CENTRO DE CARENA)		
Hundimiento Vt/Sf	Δy=	0.430 m
Centro de empuje	CK=	0.215 m
Centro de gravedad del pantalán	g=	0.461 m
Centro de gravedad de las cargas	GK=	0.490 m
Distancia entre el centro de gravedad y el centro de carena:		
	a=	0.275 m
Inercia de flotación Sf · Lf ³ / 12	Iff=	1.343 m ⁴
Rayo metacéntrico Iff / Vt	ρ=	0.780 m
Conclusión	ρ-a=	0.425 >0

Luego, el pantalán es ESTABLE.

4 ÁNGULO DE ESCORA

Para el caso de una carga de 100 kg/m² repartida de manera uniforme en media anchura de pantalán.



Momento inducido por la sobrecarga de explotación P · cos β · L/4	P=	1500 kg
	Mv=	937.5 cos β
Momento estabilizador provocado por el empuje Pat · (ρ-a) · sen β	Me=	3349.51 sen β
El pantalán es estable, tenemos pues:		
	Mv = Me	
De esta forma el ángulo de giro β es igual a :		
		15.64 °
Ángulo de giro admisible		
		22.30 °

CONCLUSIÓN	
Volumen de flotadores	12.50 m ³
Franco bordo sin carga	0.53 m
Franco bordo con carga	0.28 m
Ángulo de estabilidad	15.64 °

Figura 15: Ficha de flotación de los pantalanes para embarcaciones deportivas que demuestran su estabilidad

• **FINGERS**

En el *Anejo 6 Alternativas* ya se decidió que se emplearía esta tipología de amarre. Los "fingers" son estructuras flotantes que permiten facilitar la maniobra de atraque así como mejorar la operatividad del puerto. La siguiente figura muestra esquemáticamente las formas y mecánica de funcionamiento.

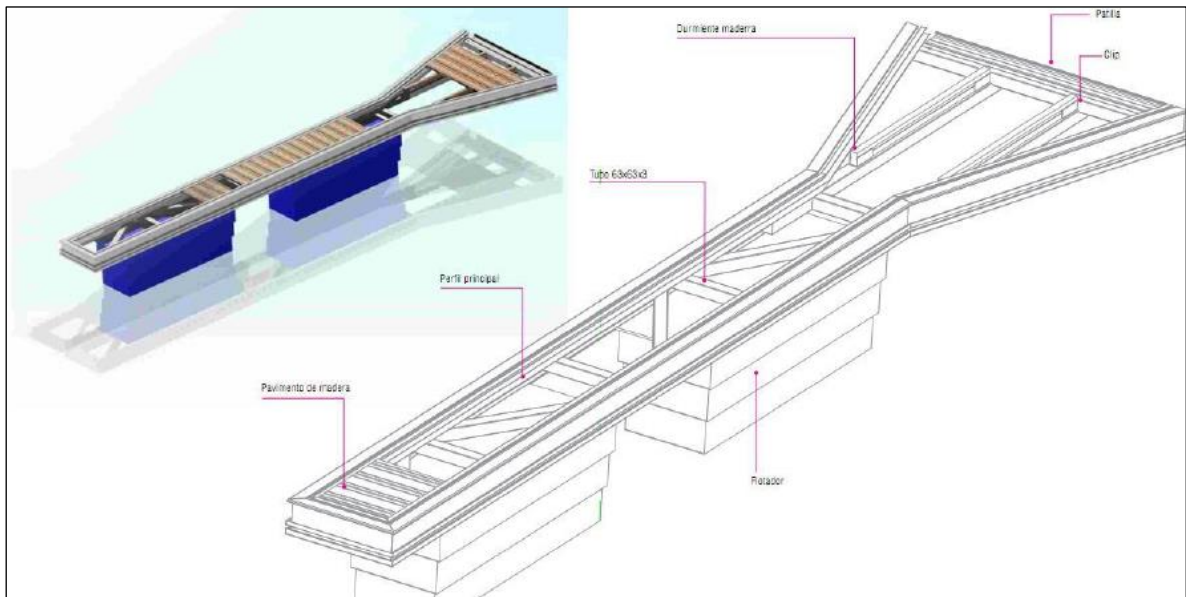


Figura 16: Representación 3D de un finger flotante

5.6 CÁLCULO DE LAS SOLICITACIONES

• Fuerzas horizontales sobre los pantalanes y pilotes

Se han diseñado un número muy limitado de amarres para barcos de hasta 24 metros de eslora que según la ROM 3.1-99 reúnen las siguientes características para el cálculo de muelles y pantalanes:

- Desplazamiento (Δ): 30 Ton
- Eslora máxima (L): 12 m
- Manga máxima (B): 5.5 m
- Calado máximo (D): 2.5 m

Con estos datos vamos a calcular en primer lugar la llamada energía de atraque. Esta energía está relacionada con la energía que lleva el buque en el momento de amarrar. Para poder Determinarla debemos calcular previamente la energía cinética que lleva el buque y aplicarle unos coeficientes que ahora definiremos.

$$E = \frac{1}{2} g \cdot C_m \cdot \Delta \cdot V_b^2$$

Dónde:

- C_m : Coeficiente de masa hidrodinámica, que vale: $1+2 (D/B)$
- V_b : Velocidad de aproximación transversal: 1 m/s
- g : Aceleración de la gravedad: 9.8 m/s²
- D: Calado en m
- B: Manga en m

ESLORA (m)	CALADO (m)	MANGA (m)	Cm	Vb (m/s)	E(t·m)
6	1.2	3.10	1.8	1	0.11
8	1.8	3.75	2.0	1	0.52
10	2.1	4.25	2.0	1	0.79
12	2.5	5.55	1.9	1	2.56

Tabla 14: Energía cinética de las embarcaciones de proyecto en la operación de atraque

• **Energía a absorber**

El cálculo de la energía a absorber se realiza mediante la siguiente fórmula dada por la ROM:

$$E_f = f \cdot E$$

(Saurin y Risselada, 1963)

siendo:

- E_f : Energía cinética absorbida por el sistema de atraque.
- E : Energía cinética desarrollada por el buque durante el atraque.
- F : $C_e \cdot C_g \cdot C_c \cdot C_s$
- C_e : Coeficiente de excentricidad.
- C_g : Coeficiente geométrico del buque.
- C_c : Coeficiente de configuración del atraque.
- C_s : Coeficiente de rigidez del sistema de atraque.

Para el coeficiente de excentricidad tenemos:

$$C_e = \frac{k^2 + a^2 \cdot \cos^2 \gamma}{k^2 + a^2}$$

— k : Radio de giro del buque, en m.

Podrá aproximarse por la función $k = (0,19 C_b + 0,11) \cdot L$, para:

- C_b = Coeficiente de bloque del buque.

$$- C_b = \frac{\text{Desplazamiento}}{\text{Eslora entre perp.} \times \text{Manga} \times \text{Calado} \times \gamma_w} = \frac{\Delta}{L_{pp} \cdot B \cdot D \cdot \gamma_w}$$

Suele oscilar entre 0,3 y 0,9.

- L = Eslora del buque, en m.

Generalmente k tendrá valores entre $0,20 \cdot L$ y $0,25 \cdot L$.

—a: Distancia entre el punto de impacto y el centro de gravedad del buque, en m.
 Con suficiente aproximación podrá considerarse que el centro de gravedad de los buques coincide con el centro de eslora.
 El lugar en el que se produce el punto de impacto dependerá fundamentalmente del método de aproximación y de las condiciones locales en que se produzca. Para hacer el impacto del barco lo más suave posible, el buque deberá ser movido de forma que se hagan la distancia (a) y el ángulo (γ) lo más grande posible. Generalmente, el punto de contacto se produce en las proximidades de la popa o proa, dependiendo del ángulo de aproximación α (se alcanzan generalmente 5° a 15° para atraque sin remolcadores y 7° a 10° para atraque con remolcadores), y de la forma del casco del buque y de la defensa.

A efectos de cálculo, «a» podrá aproximarse a los siguientes valores:

- Para atraques sobre sistemas continuos de defensa: $a = 0,25 L$
- Para atraques sobre estructuras aisladas de defensa (p.e. Duques de Alba): Se supondrá que el buque atraca con una desalineación (x) de su centro de eslora con respecto al centro del atracadero en la dirección del punto de impacto de valor 0,10 L, con un valor mínimo de 10 m y máximo de 15 m (medida paralelamente a la línea de atraque).

— γ : Ángulo entre la línea que une el punto de contacto y el centro de gravedad del buque, y el vector velocidad.

En condiciones normales podrá adoptarse: $\gamma = 70^\circ - 80^\circ$.

Generalmente, se obtendrán valores de C_e entre 0,55 y 0,60 para atraques con sistemas continuos de defensa y entre 0,70 y 0,80 para atraques sobre estructuras aisladas de defensa.

Por lo tanto para la flota proyectada quedará:

L	D	B	E	K	a	Ce	Cg	Cc	Cs	f	Ef	Ef*(t/m)
6	1.2	3.10	0.11	1.32	1.5	0.58	1	1	1	0.58	0.066	0.132
8	1.8	3.75	0.52	1.98	2.25	0.58	1	1	1	0.58	0.480	0.960
10	2.1	4.25	0.79	2.64	3	0.58	1	1	1	0.58	1.03	2.06
12	2.5	5.55	2.56	3.3	3.75	0.58	1	1	1	0.58	1.237	2.474

Tabla 15: Energía cinética absorbida por las estructuras de atraque

Defensa tipo: $E_{\text{Absorbida}} > E_f$

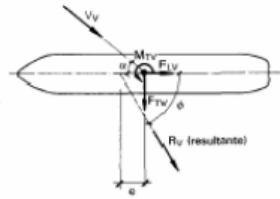
Por deformación se absorbe el 55% y el resto se transmite en fuerza puntal.

Se adoptan defensas por cajón a una distancia $< 0.15 \cdot L$ siendo L la eslora del menor buque de proyecto. Por lo tanto, defensas a una distancia < 1 metro.

Cargas de amarre:

Las cargas de amarre son cargas que tienen su origen en acciones exteriores, principalmente el viento. Su procedimiento de cálculo viene explicado en la ROM, tal y como se muestra en las siguientes dos imágenes:

TABLA 3.4.2.3.5.9. ESFUERZOS RESULTANTES DE LAS PRESIONES DEL VIENTO SOBRE LOS BUQUES.



$$R_v = \frac{\rho}{2g} \cdot C_v \cdot V_v^2 \cdot (A_T \cos^2 \alpha + A_L \sin^2 \alpha) + \frac{C_v \cdot V_v^2}{16.000} \cdot (A_T \cos^2 \alpha + A_L \sin^2 \alpha)$$

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{A_L}{A_T} \operatorname{tg} \alpha$$

$$F_{TV} = R_v \cdot \sin \phi$$

$$F_{LV} = R_v \cdot \cos \phi$$

$$M_{TV} = F_{TV} \cdot e = F_{TV} \cdot K_v \cdot L$$

siendo:

R_v = Fuerza resultante horizontal, en t.

ϕ = Ángulo formado entre el eje longitudinal del buque, considerado de popa a proa, y la dirección de la resultante, en grados.

F_{TV} = Componente en el sentido transversal del buque de la fuerza resultante, en t.

F_{LV} = Componente en el sentido longitudinal del buque de la fuerza resultante, en t.

M_{TV} = Momento resultante aplicado sobre un eje vertical que pasa por el centro de gravedad del buque, en t.m.

ρ = Peso específico del aire ($1,225 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^3$).

g = Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

C_v = Factor de forma (adimensional).

Puede variar entre 1,0 y 1,3.

A falta de una determinación más precisa mediante estudios en modelo, se adoptará el valor 1,3 para cualquier forma del buque y dirección de actuación del viento.

α = Ángulo formado entre el eje longitudinal del buque, considerado de proa a popa, y la dirección de actuación el viento, en grados. Se considerará que el viento puede actuar en cualquier dirección.

V_v = Velocidad básica horizontal del viento de proyecto correspondiente a 10 m de altura, en m/s, supuesta constante para toda altura.

Se adoptará como velocidad básica la velocidad media del viento determinada en el intervalo (ráfaga) más corto capaz de vencer la inercia del buque. Podrá adoptarse una velocidad media correspondiente a ráfagas de:

- 1 minuto para buques de eslora igual o mayor de 25 m.

- 15 segundos para buques de eslora menor de 25 m.

Para instalaciones en que los criterios de explotación establecidos no permitan la permanencia de los buques en todo momento o estado se adoptará como velocidad básica aquella expresamente definida como condición límite de permanencia de buques en los atraques, asociada, o no, a una configuración determinada del buque (p.e. lastrado del buque para reducir su superficie expuesta). A falta de criterios de operatividad definidos se adoptará como velocidad límite de permanencia, sin la adopción de medidas reductoras por variación de la configuración del buque, la correspondiente a:

$$V_{V\text{min}} = 22 \text{ m/s } (= 80 \text{ km/h}).$$

siempre y cuando exista la disponibilidad de remolcadores con una tracción a punto fijo del 150% de la fuerza máxima resultante del viento sobre el buque.

Para el cálculo del amarre en condiciones normales de operación (carga y descarga, instalaciones de manipulación de mercancías funcionado, etc.) se adoptará, a falta de criterios específicos de operatividad, una velocidad de proyecto igual a:

$$V_{V\text{max}} = 17 \text{ m/s } (= 60 \text{ km/h}).$$

A_T = Área de la proyección transversal del buque expuesta a la acción del viento, en m^2 .

A_L = Área de la proyección longitudinal del buque expuesta a la acción del viento, en m^2 .

A falta de valores conocidos dichas áreas podrán aproximarse mediante las expresiones siguientes:

$$A_T = B \cdot (G + h_T)$$

$$A_L = L_{pp} \cdot (G + h_L)$$

siendo:

B = Manga del buque.

G = Francobordo del buque = Puntal — Calado.

L_{pp} = Eslora entre perpendiculares del buque.

h_T = Altura media de la superficie de la superestructura del buque por encima de la cubierta, proyectada sobre un plano transversal.

h_L = Altura media de la superficie de la superestructura del buque por encima de la cubierta, proyectada sobre un plano longitudinal.

Los valores usuales de B , G y L_{pp} para el buque de proyecto a plena carga podrán ser obtenidos a partir de la tabla 3.4.2.3.5.1.

Para buque en lastre mínimo el calado podrá aproximarse mediante:

$$(\text{calado})_{\text{en lastre}} = \alpha \cdot (\text{calado máximo})^{\beta}$$

L	D	B	C _v	V _v	A _T	A _L	a	F _{LV}	a	F _{TV}	M _T
6	1.2	3.10	1.3	22	3.6	9.4	0°	67.4	90°	87.5	612
8	1.8	3.75	1.3	22	4.1	12.5	0°	98.5	90°	123.3	1109
10	2.1	4.25	1.3	22	4.4	12.8	0°	128	90°	178.5	1963
12	2.5	5.55	1.3	22	5.1	15.3	0°	156.5	90°	210.4	2945

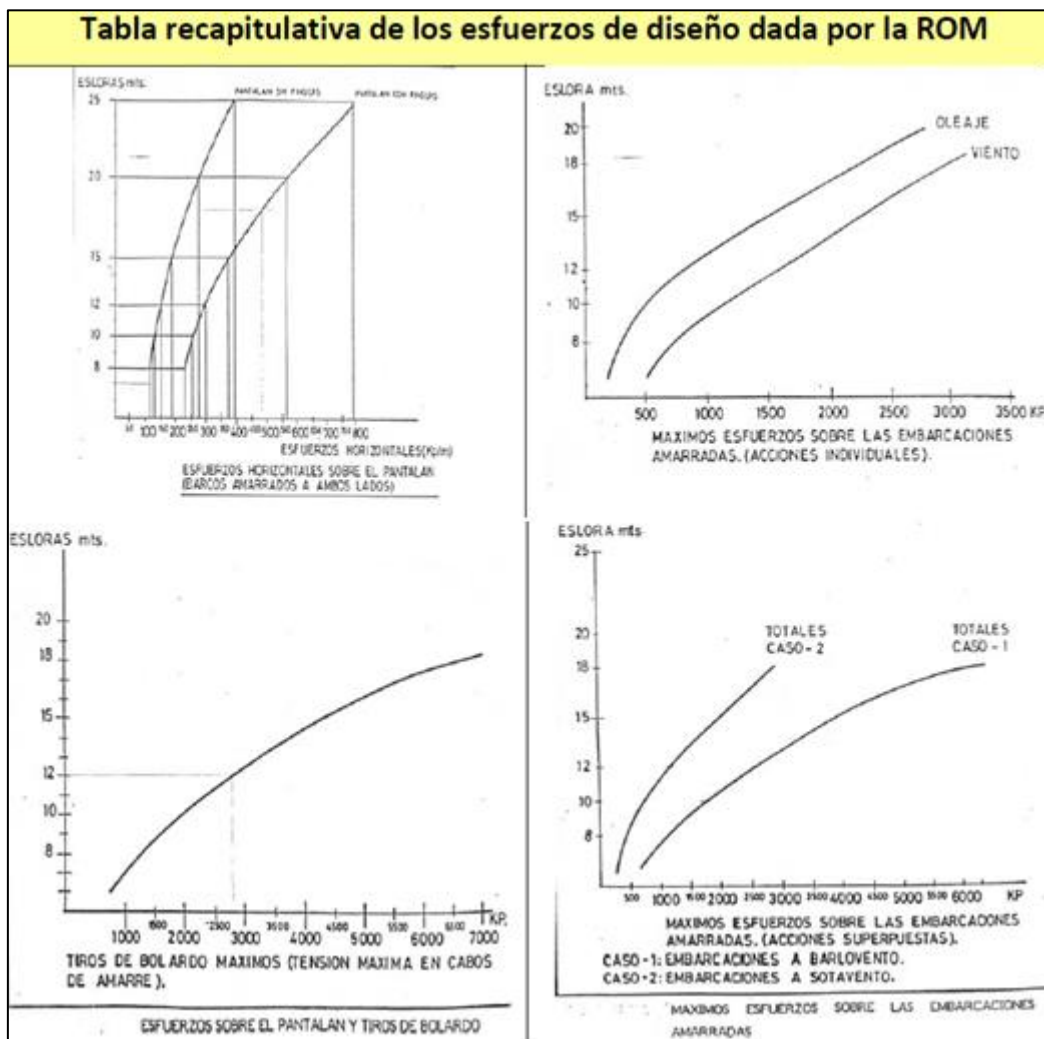
Tabla 16: Tabla 6 Solicitaciones ejercidas sobre los pantalanes

Mayorando la suma de las acciones calculadas anteriormente con el factor 1,5 se obtienen los siguientes valores:

L	F _L TOTAL	F _T TOTAL	M _T (T.m)
6	101.1	131.25	918
8	147.75	184.95	1663
10	192	267.75	2944.5
12	234.75	315	4417.5

Tabla 16: Solicitaciones ejercidas sobre los pantalanes mayoradas

En los gráficos adjuntos se indican los esfuerzos máximos producidos, por la acción de oleaje de 60 cm y viento de 120 km/h, sobre las embarcaciones amarradas (acciones individuales y superpuestas). También se indican los esfuerzos horizontales producidos sobre el pantalán por barcos amarrados a ambos lados, así como los tiros de bolardos máximos.



- **Cargas verticales sobre los pantalanés**

Los pantalanés y su sistema de flotación se han diseñado para soportar las siguientes cargas verticales.

- Su flotación quedará asegurada para una sobrecarga uniforme de 100 kg/m² (circulación peatonal)
- La estructura del módulo admitirá una carga vertical del 300 kg/m², con una deflexión máxima de 5mm, considerándolo biapoyado entre flotadores
- La estructura del módulo admitirá una carga vertical concentrada sobre sus cordones perimetrales de 1.100 kg

- **Cargas sobre los fingers**

Las estructuras de los fingers admitirán una carga horizontal concentrada en su extremo libre y una carga horizontal uniformemente repartida a lo largo del mismo, de valor.

FINGER (m)	CONCENTRADA (kg)	UNIFORME (kg/m)
4	700	200
7	1000	300
8	1400	400
11	1900	525

- **Cargas sobre las pasarelas de acceso**

La pasarela de acceso admitirá una sobrecarga de 300 kg/m²



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 10: DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. DIMENSIONAMIENTO EN PLANTA DE LA SUPERFICIE MARÍTIMA	4
3.1 ESPEJO DE AGUA ABRIGADA	4
3.1.1 RESTRICCIONES.....	5
3.1.2 SOLUCIÓN DEFINITIVA.....	¡Error! Marcador no definido.
4. CALADOS NECESARIOS	7
4.1 INTRODUCCIÓN.....	7
4.2 CALADO MÍNIMO EN LAS DARSENAS	7
4.3 CALADO MÍNIMO EN LA BOCANA.....	9
5. DRAGADO.....	10
6. DIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE	11

1. INTRODUCCIÓN

Una vez establecidas, todas las obras a realizar en la ampliación y ordenación de atraques del puerto, es necesidad calcular y comprobar que se cumplen las dimensiones estipuladas para las distintas instalaciones marítimas y terrestres.

En este apartado se determinan las superficies que se deberán destinar a las distintas instalaciones previstas, así como las características geométricas básicas a respetar dentro de la superficie de agua abrigada de cara a garantizar la correcta maniobrabilidad de las embarcaciones en ella.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es el correcto dimensionamiento de todas las instalaciones previstas así como de las distancias y calados mínimos a respetar de cara a garantizar la correcta funcionalidad de la instalación.

3. DIMENSIONAMIENTO EN PLANTA DE LA SUPERFICIE MARÍTIMA

3.1 ESPEJO DE AGUA ABRIGADA

Conocido el número de embarcaciones a flote que debe acoger el puerto, es posible acotar aproximadamente la superficie de agua abrigada necesaria a tal efecto. Dicho valor se calcula como la suma de la superficie ocupada por cada uno de los barcos, producto de la manga y la eslora, afectada por un coeficiente de mayoración cuyo valor oscila entre 2.7 y 3.2, que se introduce para considerar los espacios de maniobra y desplazamiento.

$$S = a \cdot \sum_i E_{max,i} \cdot M_i \cdot n_i$$

Donde,

S	superficie (m ²)
I	tipología de la embarcación
E _{max,i}	Eslora máxima de la embarcación
M _i	Manga media de la embarcación
n _i	Número de embarcaciones
a	coeficiente de maniobrabilidad

Si se realiza este cálculo para los dos valores extremos del coeficiente de maniobrabilidad, se obtienen los valores de superficie mínima y máxima necesarios para que el puerto pueda acoger las 165 embarcaciones que con anterioridad han sido distribuidas por esloras.

En la Tabla 1 se muestran los valores empleados para calcular la superficie que deberá tener el puerto de Cerbère tras su ampliación.

A2d	ESLORA	NÚM.	ESLORA MÁXIMA(m)	MANG A (m)	S _{min.} (m ²)	S _{max.} (m ²)
Deportivos	L≤6m	58	6	3.10	3574.2	4236.1
	6m<L≤8m	48	8	3.75	4308.0	5105.7
	8m<L<10m	40	10	4.25	5166.6	6123.3
	10m<L<12m	20	12	5.55	4635.3	5493.6
TOTAL		166			17683.9	20958.7

Tabla 1: Cálculo de la superficie de agua abrigada necesaria (165 amarres).

Como podemos observar la superficie de agua abrigada que para estos amarres se necesita está entre 17.683 m² y 20.958m².

Se debe tener presente que estos valores de superficie no incluyen la zona de maniobra en la parte abrigada de la bocana, ni tampoco las vías de circulación de barcos, por lo que resultan una cota inferior aproximada de la superficie real que debe tener el espejo de agua abrigada.

3.2 PANTALANES

Para lograr estos más de tres mil metros de línea de atraque se deben disponer en el interior del puerto una serie de pantalanes que proporcionen el lugar de amarre de las embarcaciones y faciliten el acceso de los usuarios a éstas. Por tanto la distribución de los pantalanes se ha de pensar de manera que se aproveche al máximo la superficie del puerto, es decir, se de cabida al mayor número de embarcaciones posible, pero también teniendo en cuenta la comodidad de los usuarios tanto en el acceso a la embarcación como en la navegación con ésta por el interior del puerto para buscar el lugar de atraque.

Para garantizar la comodidad de los usuarios en el acceso a las embarcaciones se ha establecido que los pantalanes, que únicamente permitirán el paso peatonal, no tendrán en ningún caso una longitud superior a doscientos metros, ni un ancho inferior a dos metros y medio.

En cambio, la facilidad en la realización de maniobras queda garantizada por la distancia existente entre dos pantalanes, es decir, por el ancho de la dársena, por ello se dejará un espacio de 1.5 veces la eslora máxima de la embarcación que se tenga previsto que pase por cada sección.

3.3 RESTRICCIONES

Para la alternativa seleccionada debe comprobarse que puede ubicar la totalidad de la flota prevista, para ello se han de cumplir las siguientes normas de buena práctica:

- Ancho mínimo de la bocana
-
- La orientación de la bocana y del canal de entrada al puerto debe ser tal que permita el acceso en buenas condiciones de navegación a las embarcaciones más grandes de diseño del puerto, pero que a la vez evite el paso de la energía del oleaje al interior del puerto.

Existen diversos criterios para el dimensionamiento del ancho de la bocana. Uno de los más empleados es que El ancho de la bocana debe ser superior a diez veces la manga del mayor barco que vaya a ser acogido por el puerto, siendo ésta de 4.5m por lo que la bocana deberá ser de 45m mínimo.

$$b \geq 10 \cdot M_{m\acute{a}x}$$

- Zona de maniobra

Se debe dejar libre de obstáculos una zona circular en la parte abrigada de la bocana reservada a que los barcos puedan dirigir adecuadamente el rumbo hacia su atraque. El diámetro de esta zona debe superar en una vez y media la eslora del mayor barco que vaya a albergar el puerto. Además los barcos cuentan con una amplia zona de la bahía a la que tendrán que dirigirse antes de entrar en el puerto para encararse y hacer las maniobras oportunas.

$$\phi_{\min} \geq 1,5 \cdot E_{\max}$$

- Escalonamiento de las embarcaciones

Los barcos de menor eslora se deben situar en la zona más interior del puerto, puesto que requieren menores calados y deben estar más protegidos ante aquellos oleajes que logren entrar en el puerto. Por el contrario, los barcos de mayor eslora se situarán en la zona más cercana a la bocana.

- Canal de vía y canal de navegación

Se debe dejar un espacio de 1.5 veces la eslora máxima de la embarcación que se tenga previsto que pase por cada sección.

En el extremo de los distintos pantalanés es necesario respetar un canal de navegación principal, libre de obstáculos, que facilite el acceso a las distintas dársenas. Este canal de navegación debe tener un ancho tal que permita tres vías de navegación, pudiéndose calcular el ancho de una vía de navegación como dos veces la manga del mayor barco que ha de utilizarla más cuatro metros de resguardo.

$$A_{VN} = 2M_{MAX} + 4$$

$$A_{CNP} = 3A_{VN} = 6M_{MAX} + 12$$

Dónde:

A_{NV} : ancho de vía de navegación.

A_{CNP} : ancho de canal de navegación principal.

$M_{máx}$: manga del mayor barco que lo utiliza.

Aplicando ésta fórmula a los distintos tipos de embarcaciones consideradas se obtiene el ancho mínimo que ha de tener el canal de navegación en función de las dársenas a las que debe dar servicio, estos resultados se recogen en la siguiente tabla:

Eslora	Manga max.	A_{VN}	A_{CNP}
L<6m	2.5	9	27
6m<L<8m	3	10	30
8m<L<10m	3.5	11	33
10m<L<12m	4	12	36

Tabla 2: Ancho de vía de navegación y canal principal para las distintas embarcaciones consideradas..

3.4 SOLUCIÓN DEFINITIVA

Atendiendo a los criterios anteriores la distribución de la flota definitiva es la que se muestra en la Tabla 3.

ESLORA	NUMERO
L<=6m	58
6m<L<=8m	48
8m<L<10m	40
10m<L<12m	20
TOTAL	166

Tabla 3: Distribución de la flota definitiva

4. CALADOS NECESARIOS

4.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar el cálculo de calados se va a seguir la metodología indicada en la ROM 3.1-99, que afirma que la profundidad de agua en las áreas de navegación y flotación depende de tres factores:

- El calado de los buques y factores que puedan ocasionar que cualquier punto de su casco alcance una cota más baja que la perteneciente a la quilla plana en condiciones estáticas. Son factores que dependen del buque, en condiciones estáticas o dinámicas, incluyéndose ciertos resguardos de seguridad.
- El nivel de agua que se considere y los factores que afectan a su variabilidad, puesto que determinan el plano de referencia para emplazar el buque. Estos factores incluyen, por tanto, las mareas y otras variaciones del nivel de agua.
- Los márgenes de seguridad establecidos para evitar el contacto del buque con el fondo. Se incluirían en estos factores las imprecisiones de batimetría, el depósito de sedimentos y las tolerancias en el dragado que se consideren.

4.2 CALADO MÍNIMO EN LAS DARSENAS

Calado de las embarcaciones de proyecto

Calado estático del máximo buque (D_e). Se debe evaluar el calado del mayor barco que deba alojarse en el puerto deportivo. Dada la distribución que se ha decidido para la flota dentro del puerto, se albergan embarcaciones deportivas con una eslora máxima de 12 m y un calado asociado de 2.5m.

Variación de calado por el trimado dinámico (d_t)

Cuando un buque navega en aguas tranquilas se produce una velocidad relativa entre el barco y el agua. Esta diferencia de velocidades altera la distribución de presiones hidrodinámicas alrededor del buque, produciendo un descenso del nivel de agua variable a lo largo de la eslora del buque, una traslación vertical uniforme del buque y un giro sobre el eje horizontal transversal del buque. El trimado dinámico se da como consecuencia de estos efectos que producen variaciones de calado de distinto valor a lo largo del buque. Habitualmente se denomina trimado dinámico al valor máximo del sobrecalado, que suele presentarse generalmente en la proa.

El trimado dinámico se puede calcular mediante la fórmula de Huuska, Guliev e Icorels.

$$d_t = 2,4 \cdot \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \cdot \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}} \cdot k_s$$

Donde,

- d_t valor máximo del trimado dinámico (m)
- ∇ volumen de desplazamiento del buque (m^3)
- L_{pp} eslora entre perpendicular del buque (m)
- k_s coeficiente adimensional de corrección de canales, en zonas sin restricción lateral se toma valor 1,00
- F_{nh} número de Froude

$$F_{nh} = \frac{V_r}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Siendo,

- V_r velocidad relativa del buque respecto al agua (m/s)
- h profundidad del agua en reposo
- g aceleración de la gravedad

Los valores de desplazamiento de las embarcaciones que van a ser analizadas fueron presentados en el punto anterior. En cuanto a la velocidad relativa de estas embarcaciones, la normativa recomienda que para áreas interiores de puertos deportivos se tome 1m/s como velocidad absoluta del barco, y como en la zona no se presentan corrientes fluviales ni de marea considerables, la velocidad absoluta coincide con la velocidad relativa del buque.

La Tabla 4 muestra el valor del trimado dinámico obtenido de aplicar la fórmula de Huuska, Guliev e Icorels a las embarcaciones de mayor tamaño que pueden alojarse en las distintas dársenas del puerto.

Eslora máxima (m)	$L_{pp}(m)$	Desplazamiento $\nabla(m^3)$	$h(m)$	F_{nh}	Trimado, d_t
12	11	169	4	0,16	0,09

Tabla 4: Trimado dinámico

Resguardo

El resguardo para seguridad y control de maniobrabilidad del buque ($rv_{sd} + rv_{sm}$) es el espesor mínimo de la lámina de agua que debe quedar bajo la quilla para que el barco pueda mantener el control de navegación. Para embarcaciones deportivas, que navegan a baja velocidad sobre fondos limosos o arenosos, la R.O.M 3.1-99 en la tabla 7.2 recomienda tomar un resguardo de 0,3 m.

Variación del nivel de las aguas

En puertos sin marea astronómica significativa se recomienda tomar en cuenta un valor de 0,80 m para operaciones que conlleven permanencia de buques, es decir en las dársenas, y de 0,60 m para operaciones de buques en tránsito, es decir en los accesos y áreas de maniobras.

Calado mínimo resultante

Sumando los valores anteriormente calculados (calado estático, trimado dinámico, resguardo y variación del nivel del mar) se obtiene un el calado mínimo debe ser de 3.7 m.

4.3 CALADO MÍNIMO EN LA BOCANA

Para calcular el calado mínimo en la bocana (P) se puede utilizar el siguiente criterio que engloba los factores explicados anteriormente:

$$P = 0,5 \cdot H_{80} + C_{max} + k$$

Donde H_{80} es la altura de ola no excedida el 80% de las veces (obtenida a partir del estudio marítimo de clima extremo y propagada hasta la zona de la bocana), C_{max} es el calado de la embarcación máxima, y k es un resguardo que toma diferentes valores en función del fondo marino: 0,3 por fondo de arena y 0,5 por fondo rocoso.

C_{max} se calcula como la suma del calado estático y dinámico, teniendo en cuenta que a diferencia de la zona de las dársenas, la velocidad relativa de la embarcación es de 4 m/s aproximadamente y hace falta tener en cuenta que es una zona de tráfico y no de permanencia de embarcaciones. La tabla 5 muestra los datos de cálculo y el calado mínimo necesario en la bocana.

H_{80}	C_{max}	k	P
6.20	4,28	0,3	$4.6+(0.5*6.20)=7.68m$

Tabla 5: Calado total necesario en la bocana

5. DRAGADO

Una vez estimados los calados mínimos en la dársena y en la bocana del puerto es hora de conocer si se deben efectuar trabajos de dragados en el puerto. Respecto a la bocana, dicha zona está caracterizada por grandes profundidades por lo que el volumen necesario a dragar será mínimo. Para el cálculo de dicha superficie es necesario conocer el radio de giro que tendrá el buque a la entrada de la bocana. Para ello, tal como se ha explicado en el anejo de dimensionamiento de estructuras interiores, el radio de giro estará entre 0.20 y 0.25 por la eslora máxima permitida en el puerto. Si la eslora máxima es de 12m este intervalo arroja valores de radio de giro de entre 2.4 y 3m.

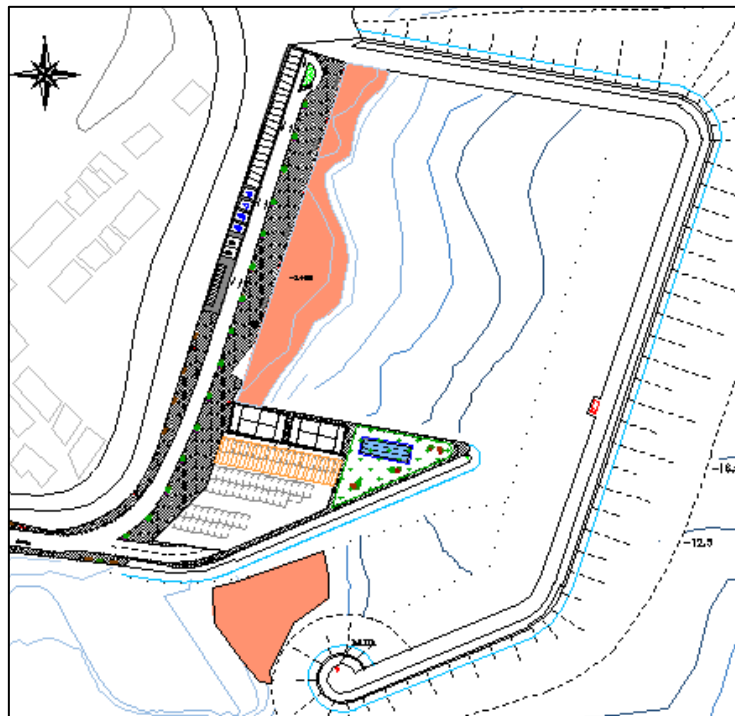


Figura 1: Planta de dragado propuesta

En base a éstos valores, se decide minimizar la superficie a dragar más allá de la adecuación al calado mínimo, la estimación de la superficie a dragar es de 1100 m² que se multiplican por una profundidad media de dragado de 1.5m, obteniendo un total de 1650m³.

Por otro lado, se ha calculado que en la zona de abrigo el calado mínimo será de 3.7m; de manera análoga al caso de la bocana, no será necesario dragar el interior del puerto ya que las profundidades son muy superiores, con excepción de la parte más cercana al muelle en la que encontramos profundidades entre -2 y -3.5m. Éstas serán acondicionadas hasta los -4m. Se calcula que será necesario dragar una superficie de alrededor de los 1920m² en torno a 1.2m, lo que arroja un volumen de dragado de 2.300m³.

6. DIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE

6.1 SUPERFICIE OCUPADA EN TIERRA

La superficie total ocupada en tierra se dimensiona de acuerdo con la norma del Reglamento de Puertos Deportivos, que establece que la superficie total debe estar comprendida entre:

$$1,5 \cdot S_{agua} \geq S_{tierra} \geq 0,7 \cdot S_{agua}$$

Lo cual teniendo en cuenta que nuestra superficie de agua abrigada es de 20.000 m², nos da un rango de valores entre 30.000m² y 14.000m²

Los usuarios del puerto no son sólo aquellos que usan las embarcaciones sino también aquellos que visitan el puerto para utilizar la oferta de actividades de ocio que dispone el puerto. Así pues, se separan dos tipos de actividades, que se intentan ubicar en zonas diferentes.

- Actividades dedicadas propiamente a las embarcaciones: varada, reparación almacenamiento,... (zona náutica).
- Actividades de ocio: escuela de vela, gimnasio, locales comerciales, etc.

6.2 RAMPAS DE BOTADURA

El puerto cuenta con una rampa de botadura, que será utilizada para las embarcaciones deportivas. Esta rampa debe cumplir las exigencias del Reglamento de Puertos Deportivos, que dice que debe tener como mínimo 5 metros de ancho y una pendiente máxima del 20%.

6.3 APARCAMIENTO

A continuación se calcularán las plazas de aparcamiento que se deben ofrecer según el tamaño del nuevo puerto deportivo proyectado y se garantizará que se dé respuesta a dicho requerimiento. Esta zona es necesaria con el fin de facilitar el acceso al puerto por parte de los usuarios y visitantes.

Según el Reglamento de Puertos Deportivos, el número mínimo de aparcamientos de coches tiene que ser igual al 75% del número de amarraderos, que suele ocupar entre un 8 y un 12% de la zona terrestre. Teniendo en cuenta el valor aproximado de 166 amarres, hacen falta alrededor de 100 aparcamientos. De este total de aparcamientos se considera un sexto de aparcamientos para motos (16). Se destinaran 4 plazas de aparcamiento para minusválidos así como la habilitación de dos plazas para ambulancias. Todas ellas se situaran en la zona más próxima posible al puerto deportivo.

Para calcular la superficie total necesaria se tiene en cuenta:

- Las plazas tipo ocupan una superficie de 12,5 m² (5x2,55)
- Las plazas para motos son de 2,5 m² (2,5x1).

- Las plazas para minusválidos ocupen 16,5 m² (5x 3,75).
- Las plazas para ambulancias ocupan una superficie de 20 m² (5x4).

La distribución de las distintas plazas de aparcamiento se puede apreciar en el plano de distribución general de la planta y el de aparcamiento, y se detallan acto seguido:

- 83 plazas tipo
- 16 plazas para motos
- 4 plazas para minusválidos
- 2 plaza para ambulancias

Todas estas plazas de aparcamiento junto a los carriles de la zona del aparcamiento para el movimiento de los automóviles constituyen una superficie de 1213 m², que representa un 8% de la superficie total.

Teniendo en cuanto los valores obtenidos en éste apartado, el nuevo puerto deportivo deberá dar respuesta a este servicio, cumpliendo de esta manera el reglamento de puertos deportivos. La distribución de los aparcamientos en dos zonas se puede observar en el plano de Flota y aparcamientos.

6.4 NUEVA ZONA DE OCIO

La nueva zona de ocio dará un valor añadido al nuevo puerto deportivo y probablemente se convierta en centro neurálgico del puerto. Con una superficie aproximada de 3000m² ofrece espacio suficiente para albergar un edificio de dos plantas en el que se instalará un club social con restaurante, oferta deportiva y una amplia terraza. Además la zona verde equipada con piscina junto con los demás servicios ofrecidos por el nuevo puerto de Cerbère aumentará su calidad de oferta atrayendo nuevos usuarios y potenciando así el crecimiento económico del municipio.

6.5 ACCESO AL PUERTO

El acceso principal se llevará a cabo por la actual avenida que ya existe y que da acceso al actual puerto de Cerbère llamada Avenue du Général De Gaulle. Esta calle se rehabilitará para su uso, lo cual será objeto de otro proyecto aparte.

6.6 OTROS SERVICIOS

A parte de los servicios tradicionales de red de saneamiento y abastecimiento de luz y agua, otros servicios que se dispondrán en el puerto son:

- Recogida selectiva de residuos:
 - Punto azul: estructura metálica medular autoportable que permite una fácil reubicación y recogida de residuos concentrada, situada en la zona de varado.

- Puntos secundarios de recogida selectiva de residuos a lo largo del puerto, incluyendo tanque para aceites usados.

- Conexión WIFI a internet.
- Otros servicios.

6.7 ZONAS VERDES

Se prevén diferentes zonas verdes en el puerto, principalmente en la zona perimetral a la zona de ocio y el muelle, que servirá de paseo para los viandantes donde se colocarán diversas jardineras. En el anejo pertinente se puede ver con detalle las diferentes variedades de plantas.

6.8 MOBILIARIO

Repartidos de manera uniforme a lo largo de todo el recinto, tratando de dar servicio a todas las zonas, se colocarán bancos, papeleras, farolas, lámparas ambientales, jardineras y fuentes. En el anejo de Mobiliario y Jardinería se detallan estos elementos y en el anejo de Redes de servicio podrán verse los elementos de alumbrado, así como la intensidad lumínica proporcionada por cada una de las farolas.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 11: FIRMES Y PAVIMENTOS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	OBJETO.....	3
3.	DIMENSIONAMIENTO: PROCEDIMIENTO A SEGUIR.....	4
3.1	SELECCIÓN DEL USO Y DE LA ZONA DENTRO DEL USO CONSIDERADO .	4
3.2	CARGA DE CÁLCULO: USO DEPORTIVO.....	4
	• ZONAS DE OPERACIÓN	4
	• ZONAS COMPLEMENTARIAS.....	4
3.3	INTENSIDAD DE USO, USO DEPORTIVO.....	5
	• ZONAS DE OPERACIÓN O VARADA.....	5
	• ZONAS COMPLEMENTARIAS.....	5
3.4	CATEGORIA DE TRÁFICO	5
3.5	CATEGORÍA DE LA EXPLANADA.....	6
3.6	ELECCIÓN DEL TIPO DE FIRME	7
3.6.1	ZONA DE OPERACIÓN PARA USO DEPORTIVO.....	7
3.6.2	ZONA DE ESTACIONAMIENTO, APARCAMIENTO	9
3.7	FIRMES ELEGIDOS	10

1. INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento de los firmes y pavimentos de las nuevas zonas proyectadas, es un elemento básico en la construcción de la obra portuaria. A diferencia de lo que ocurre en otro tipo de infraestructuras, en las portuarias existe una gran disparidad en el tipo de solicitaciones que sufren los firmes.

Así, las zonas de varada deberán resistir cargas mucho más importantes que las zonas de aparcamiento o que las zonas destinadas a ser ocupadas por edificios. Por ello, cada una de las zonas deberá constar de un firme específicamente diseñado para satisfacer sus necesidades.

Para el diseño de estos firmes se siguen dos normativas distintas, según se trate de los viales de acceso o de las zonas portuarias propiamente dichas. Para el diseño de los primeros se sigue la Instrucción 6.1 y 6.2 IC Secciones de firme, mientras que para los segundos se seguirán las indicaciones dadas por la ROM 4.1-94.

De todas maneras, como vial de acceso al puerto se aprovechará el ya existente, dado que se encuentra en buenas condiciones. Esto supondrá un importante ahorro en el presupuesto final del proyecto. Por ello, en este anejo se trabajará exclusivamente con la normativa dada por la ROM 4.1-94.

2. OBJETO

En el presente anejo se calculan los diferentes tipos de firmes a disponer en el Proyecto del nuevo Puerto Deportivo de Cerbère. La definición de los mismos se hará tanto teniendo en cuenta el tipo de puerto del que se trata como del uso de la zona correspondiente.

3. DIMENSIONAMIENTO: PROCEDIMIENTO A SEGUIR

Las recomendaciones ROM 4.1-94 incluyen un catálogo de secciones estructurales normalizadas para los diferentes usos y zonas de un puerto, para el caso de un puerto con carácter definitivo, con una vida útil de más de 15 años.

El procedimiento de dimensionamiento que dicta la R.O.M 4-1.94 para la elección final del tipo de firme es el siguiente:

- Selección de usos de la superficie portuaria:
- Selección de la zona dentro del uso considerado.
- Distinción entre cargas de almacenamiento y cargas de manipulación.
- Determinación de la carga de cálculo.
- Determinación de la intensidad de uso.
- Determinación de la categoría de tráfico.
- Determinación de la categoría de la explanada.
- Capas inferiores del firme.
- Elección final del tipo de firme.

3.1 SELECCIÓN DEL USO Y DE LA ZONA DENTRO DEL USO CONSIDERADO

Según la tabla 2.1 de la R.O.M 4.1-94 el uso del puerto es deportivo, dentro del cual se distingue la zona de operación o varada para las embarcaciones y la zona complementaria de circulación y estacionamiento.

3.2 CARGA DE CÁLCULO: USO DEPORTIVO

- ZONAS DE OPERACIÓN

Carga de cálculo de almacenamiento

Si se disponen de datos precisos la clasificación se podrá hacer en función de las cargas Q_v y presiones p_v que se transmiten al pavimento en cada caso:

BAJA: $Q < 120 \text{ kN}$, $p < 1,1 \text{ MPa}$ simultáneamente.
MEDIA: $120 \text{ kN} < Q < 700 \text{ kN}$ o bien $1,1 \text{ MPa} < p < 1,5 \text{ MPa}$.
ALTA: $Q > 700 \text{ kN}$, $p > 1,5 \text{ MPa}$ simultáneamente.

A falta de datos, la clasificación se hará según el tipo de embarcaciones deportivas a las que da servicio el muelle:

BAJA: Exclusivamente embarcaciones con menos de 6m de eslora
MEDIA: Embarcaciones con cualquier eslora.

Por lo tanto en nuestro caso se considerará una carga MEDIA.

- ZONAS COMPLEMENTARIAS.

Zona de circulación

De manera análoga a las vías de acceso, la carga de cálculo es la correspondiente al vehículo pesado (semiejes con ruedas gemelas de 65 kN y presiones no superiores en

general a 0,9 MPa) de carretera con el sentido dado en la *Instrucción 6.1 i 2 IC de secciones de firme*.

Zona de estacionamiento

Se considerará el destino de las plazas de estacionamiento disponibles:

BAJA: Estacionamiento exclusivo de vehículos ligeros.

MEDIA: Estacionamiento de vehículos pesados y ligeros.

ALTA: Estacionamiento de vehículos pesados.

En nuestro caso será BAJA ya que el estacionamiento será exclusivo para vehículos ligeros.

3.3 INTENSIDAD DE USO, USO DEPORTIVO

- ZONAS DE OPERACIÓN O VARADA.

La intensidad son las operaciones de atraque más desatraque de embarcaciones deportivas con 6m o más de eslora en el año medio de vida útil: I_5 (nº)

REDUCIDA: $I_5 < 100$

MEDIA: $100 \leq I_5 \leq 1000$

ELEVADA $I_5 > 1000$

En nuestro caso la intensidad será MEDIA.

- ZONAS COMPLEMENTARIAS.

Circulación

La clasificación de las intensidades medias diarias de vehículos pesados está establecida en la Instrucción 6.1 i 2 IC de secciones de firme, con la diferencia de que, donde hace referencia a año de puesta en servicio, se debe referir año medio de vida útil.

Estacionamiento

REDUCIDA: Menos de 10 plazas totales de estacionamiento.

MEDIA: Entre 10 y 100 plazas totales de estacionamiento.

ELEVADA: Mas de 100 plazas de estacionamiento.

Por lo tanto en nuestro caso la intensidad es MEDIA.

3.4 CATEGORIA DE TRÁFICO

Se definen cuatro categorías de tráfico según la carga de cálculo y la intensidad de uso de la superficie considerada.

Tráfico muy pesado: A

Tráfico pesado: B

Tráfico medio: C

Tráfico ligero: D

Estas categorías de tráfico son válidas para todas las superficies, excepto para los viales de acceso y las zonas complementarias de circulación en las que las categorías

de tráfico a considerar son las definidas en la *Instrucción 6.1 y 2 IC de secciones de firmes*. En la tabla 3.3 de la ROM que se usa para este anejo se recogen las categorías de tráfico como combinación de carga de cálculo e intensidad de uso de la superficie. Se tomará siempre en cada caso la categoría mayor entre todas las que resulten de los análisis que se lleven a cabo para una misma superficie. Así mismo, en caso de duda entre dos categorías se tomará siempre la mayor.

TABLA 3.3. CATEGORÍAS DE TRÁFICO (*)			
INTENSIDAD DE USO	CARGA DE CÁLCULO		
	BAJA	MEDIA	ALTA
REDUCIDA	D	C	B
MEDIA	D	B	A
ELEVADA	C	B	A

NOTA:
 * Excepto para viales de acceso y zonas complementarias de circulación.

Figura 1: Tabla de las categorías de tráfico

Para la zona de operación de uso DEPORTIVO se puede decir que tiene una carga MEDIA y una intensidad de uso MEDIA y por lo tanto la categoría de tráfico será la B. Para la zona del nuevo aparcamiento, la carga es BAJA pero la intensidad de uso es MEDIA por ello la categoría de tráfico será la D.

3.5 CATEGORÍA DE LA EXPLANADA

Para definir la categoría de la explanada como cimiento de un firme se deben tener en cuenta diversos aspectos: la naturaleza del relleno y su grado de consolidación, y los materiales empleados en la coronación.

Se distinguen seis categorías de rellenos:

- Rellenos malos no consolidados (MNC)
- Rellenos malos consolidados (MC)
- Rellenos regulares no consolidados (RNC)
- Rellenos regulares consolidados (RC)
- Rellenos buenos no consolidados (BNC)
- Rellenos buenos consolidados (BC)

En cuanto a la coronación pueden distinguirse diferentes situaciones:

- Ausencia de coronación
- Coronación con suelos adecuados
- Coronación con suelos seleccionados
- Coronación con suelos seleccionados con CBR > 20
- Coronación con todo uno en cantera.

La combinación de los diferentes tipos de rellenos y las distintas situaciones de relleno de coronación permite clasificar las explanadas portuarias en cuatro categorías:

- Explana deficiente E0
- Explana aceptable E1
- Explanada buena E2
- Explanada muy buena E3

TABLA 4.2. CATEGORÍAS DE EXPLANADAS

CORONACIÓN	(*) MNC	(*) RNC	(*) BNC	MC	RC	BC
Suelos adecuados	E0	E0	E0	E1	E1	E1
Suelos seleccionados	E1	E1	E1	E1	E2	E2
Todo uno de cantera	E1	E1	E1	E2	E2	E3
Suelos seleccionados con CBR > 20	E1	E1	E2	E2	E3	E3

NOTA:
 (*) En estos casos se construirán firmes provisionales.

Figura 2: Categoría de explanadas

La explanada se llevara a cabo con un relleno de materia regular o consolidado y la coronación será de suelo seleccionado; por lo tanto, la categoría de la explanada será la categoría E2: Explanada buena. Este tipo de explanada requiere la extensión de 0,25 metros de zahorra artificial y no requiere de capa subbase.

3.6 ELECCIÓN DEL TIPO DE FIRME

Con las categorías de explanada y tráfico, se selecciona uno de los tipos de firmes recogidos en el catálogo para el uso y la zona considerados. Esta selección debe apoyarse fundamentalmente en un análisis económico global de las diversas opciones, considerando en cada caso costes de construcción como de conservación.

3.6.1 ZONA DE OPERACIÓN PARA USO DEPORTIVO

Para esta zona la categoría de tráfico es la B y la explanada es E2, por lo tanto según las tablas C.17.a y C.17.b del catálogo de la R.O.M 4.1-94, se pueden elegir los siguientes firmes.

USO DEPORTIVO		ZONAS DE OPERACIÓN O VARADA		TABLA C.17 a.
I: PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HP 40 ⁽¹⁾				
TRÁFICO A 0,32 m	TRÁFICO B 0,29 m	TRÁFICO C 0,26 m	TRÁFICO D 0,23 m	
II: PAVIMENTO DE HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO				
TRÁFICO A 0,32 m	TRÁFICO B 0,29 m	TRÁFICO C 0,26 m	TRÁFICO D 0,23 m	
III: PAVIMENTO CONTINUO DE HORMIGÓN ARMADO				
TRÁFICO A 0,28 m	TRÁFICO B 0,25 m	TRÁFICO C 0,22 m	TRÁFICO D 0,20 m	
NOTAS: 1) En caso de emplear hormigón HP 35 se aumentará el espesor en 0,03 m.				

USO DEPORTIVO		ZONAS DE OPERACIÓN O VARADA		TABLA C.17 b.
IV: ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ⁽¹⁾				
TRÁFICO A ⁽²⁾ 0,12 m	TRÁFICO B ⁽²⁾ 0,10 m	TRÁFICO C 0,10 m	TRÁFICO D 0,08 m	
V: MEZCLAS BITUMINOSAS				
TRÁFICO A ⁽³⁾ 0,40 m	TRÁFICO B ⁽³⁾ 0,35 m	TRÁFICO C 0,30 m	TRÁFICO D 0,25 m	
NOTAS: 1) En todos los casos los adoquines se apoyan en una capa de nivelación de arena de un espesor tras compactación de 0,03 m. 2) La capa de base estará constituida por una capa de alguna de las siguientes unidades de obra: hormigón magro (0,15 m), hormigón H-175 (0,15 m) o sueloceamento (0,20 m), incluso en el caso de explanada E3. 3) El proyectista considerará la eventual sustitución de los 0,04 m superiores por un pavimento percolado del mismo espesor.				

Figura 3: Tipos de firmes para la zona de operación de uso deportivo

Elegimos para este caso el Tipo IV: Adoquines prefabricados de hormigón con un espesor de 0,10 metros, los adoquines irán apoyados en una capa de nivelación de arena de un espesor tras compactación de 0,03 y la capa base estará constituida por 0,20 metros de hormigón magro y una capa de regularización de zahorra artificial de 0,20 metros. La elección de este tipo de firme, es que en la zona donde irá colocado, muelles sur y este de la dársena interior, serán las zonas “nobles” del puerto y en las que se pretende conseguir una buena estética mejorando así el entorno de la zona.

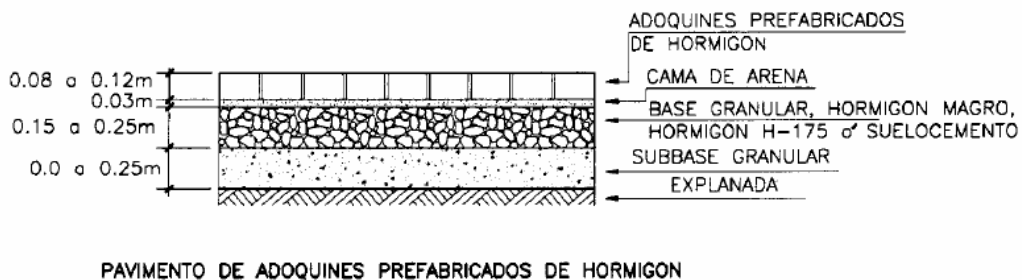


Figura 4: Sección tipo del pavimento de adoquines de hormigón

3.6.2 ZONA DE ESTACIONAMIENTO, APARCAMIENTO

En esta zona la categoría de tráfico es la C y la explanada E2, por lo tanto según la tablas C.16.a y C.16.b o C.18.a y C.18.b del catálogo de la R.O.M 4.1-94, se pueden elegir los siguientes firmes.

USO DEPORTIVO		ZONAS COMPLEMENTARIAS. ESTACIONAMIENTO		TABLA C.18 a.
I: PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HP 40 ⁽¹⁾				
TRÁFICO A 0,26 m	TRÁFICO B 0,23 m	TRÁFICO C 0,20 m	TRÁFICO D 0,20 m	
II: PAVIMENTO DE HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO				
TRÁFICO A 0,26 m	TRÁFICO B 0,23 m	TRÁFICO C 0,20 m	TRÁFICO D 0,20 m	
III: PAVIMENTO DE HORMIGÓN CON FIBRAS DE ACERO				
TRÁFICO A 0,20 m	TRÁFICO B 0,18 m			
NOTAS:				
1) En caso de emplear hormigón HP 35 se aumentará el espesor en 0,03 m.				

USO DEPORTIVO		ZONAS COMPLEMENTARIAS. ESTACIONAMIENTO		TABLA C.18 b.
IV: ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ⁽¹⁾				
TRÁFICO A ⁽²⁾ 0,10 m	TRÁFICO B ⁽²⁾ 0,08 m	TRÁFICO C 0,08 m	TRÁFICO D 0,08 m	
V: MEZCLAS BITUMINOSAS				
TRÁFICO A ⁽²⁾⁽³⁾ 0,18 m	TRÁFICO B ⁽²⁾⁽³⁾ 0,15 m	TRÁFICO C ⁽²⁾⁽⁴⁾ 0,12 m	TRÁFICO D ⁽²⁾⁽⁵⁾ 0,08 m	
NOTAS:				
1) En todos los casos los adoquines se apoyan en una capa de nivelación de arena de un espesor tras compactación de 0,03 m.				
2) La capa de base estará constituida por una capa de alguna de las siguientes unidades de obra: hormigón magro (0,15 m), hormigón H-175 (0,15 m) o suelocemento (0,20 m), incluso en el caso de explanada E3.				
3) El proyectista considerará la eventual sustitución de los 0,04 m superiores por un pavimento percolado del mismo espesor.				
4) Mezclas bituminosas en caliente extendidas en dos capas, siendo 0,06 m el espesor de la capa superior.				
5) Mezclas bituminosas abiertas en frío extendidas en dos capas de 0,04 m cada una, y con un sellado posterior de lechada bituminosa.				

Figura 5: Tipos de firmes para la zona de estacionamiento

El tipo elegido para este caso es el Tipo V: Mezclas bituminosas en caliente con un espesor mínimo de 0,12 metros, en dos capas de 0,06 metros cada una. La ROM 4.1-94 indica que las curvas granulométricas de las mezclas bituminosas en caliente se ajustarán al huso S20 para la capa de rodadura y la intermedia. La capa base será de hormigón magro con un grosor de 15cm en lugar de los 25cm de zahorra.

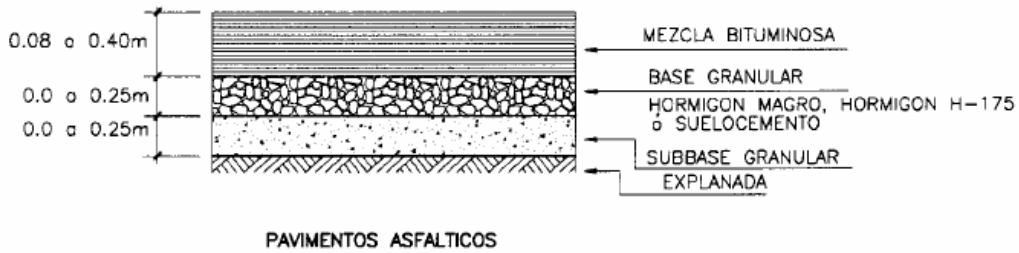


Figura 6: Sección tipo del pavimento asfáltico.

3.7 FIRMES ELEGIDOS

En base a la información y requerimientos que han sido expuestos en el presente anejo se considera justificada la utilización de los pavimentos que se listan a continuación, de los que se adjuntan unas imágenes y descripciones.

- **Pavimento de Mezcla Bituminosa** para la zona de Aparcamiento Exterior (Capa de Hormigón Plástico Aparcamiento Interior): El hormigón plástico de Pavipor está diseñado para la protección y reparación de superficies de hormigón, suelos, fratasados de cemento y toda clase de materiales de construcción. Ofrece extremada resistencia al desgaste y al ataque químico y está indicado para recubrimientos, rellenos, uniones y anclajes.



- **Pavimento de adoquines de hormigón:** Los adoquines de hormigón prefabricados, en sus distintas tonalidades (gris, rojo, negro, etc.) están previstos para uso peatonal (aceras, plazas,...), uso en áreas sometidas a tráfico de vehículos (aparcamientos, carriles de bicicletas,...) y cubiertas.



- **Pavimento de Madera para la Zona lúdica exterior**



- **Pavimento de goma para Zona deportiva**



- **Pavimento de Celosía Césped para viales:** La celosía césped o pavicésped es una pieza prefabricada de hormigón en masa, gris y en acabado monocapa, destinada a la realización de pavimentaciones de uso peatonal o en áreas sometidas a tráfico de vehículos ligeros donde se precise el crecimiento de vegetación dando lugar a un pavimento de menor impacto visual y, por tanto, más ecológico. Por ejemplo, zonas peatonales de acceso público como paseos, parques, jardines, centros comerciales, aparcamientos públicos y privados, etc... A su vez, pueden utilizarse en taludes de baja inclinación como muro decorativo para la sujeción del terreno.





UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. INSTALACIONES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	4
3.1 INTRODUCCIÓN.....	4
3.2 TRAZADO.....	4
3.3 SECCIÓN TIPO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	4
3.4 CAUDALES DE ABASTECIMIENTO DE LA RED	5
3.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED.....	6
3.6 CÁLCULO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO.....	7
4. RED DE DRENAJE	8
4.1 INTRODUCCIÓN.....	8
4.2 DISEÑO DE LA RED DE AGUA RESIDUALES.....	8
4.3 DISEÑO DE LA RED DE AGUAS PLUVIALES.....	13
4.4 DIMENSIONAMIENTO	14
5. RED ELÉCTRICA.....	17
5.1 INTRODUCCIÓN.....	18
5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y PREVISIÓN DE CARGAS.....	18
5.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	19

1. INTRODUCCIÓN

En el diseño de toda infraestructura es fundamental tener en cuenta todas aquellas redes que harán posible su explotación. En el caso de un puerto deportivo, las redes más importantes a tener en cuenta son la de evacuación de las aguas de lluvia, la evacuación de las aguas residuales, la de suministro de agua potable y la de suministro de electricidad.

De su correcto dimensionamiento dependerá la funcionalidad, durabilidad y seguridad de la futura instalación. Generalmente, estas redes son objeto de un proyecto aparte, por lo que a lo largo de este anejo sólo se hará un predimensionamiento con vistas a mejorar la precisión del presupuesto de la obra. Para la realización de este anejo se han seguido las indicaciones de la ROM 4.1-94.

2. OBJETO

El Objeto de este Anejo es el de realizar el predimensionamiento de las redes de agua potable, drenaje y electricidad, que estarán localizadas en el nuevo Puerto Deportivo de Cerbère.

3. INSTALACIONES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

3.3 INTRODUCCIÓN

En este anejo se realiza el cálculo y diseño de la red de abastecimiento de agua potable y riego necesaria para servir al conjunto de las instalaciones portuarias. Se pretende conseguir que el agua llegue a cada punto de consumo en unas condiciones de cantidad y calidad satisfactorias.

3.4 TRAZADO

En función de la configuración de las estructuras proyectadas y de los puntos de conexión a la red de abastecimiento del puerto disponibles, se establecen por separado las diferentes redes.

3.4.1 RED PANTALANES EMBARCACIONES

La primera red, que abastece a los pantalanes deportivos se conecta a un punto de suministro perteneciente a la red de abastecimiento del puerto, situado al inicio del muelle existente. Realiza el recorrido a lo largo del muelle a través de toda la extensión proyectada, hasta alcanzar en primer lugar la nueva zona de ocio y la zona de acceso de cada uno de los pantalanes deportivos, en donde la red se bifurca para dar suministro a las torretas en ellos instaladas.

La tubería de cada uno de los pantalanes baja por la pasarela para continuar su recorrido a lo largo del pantalán abasteciendo la torreta que da suministro a cuatro embarcaciones.

3.4.2 RED ZONAS VERDES

Esta red abastece a las jardineras que se encuentran en el muelle, la tubería discurre a lo largo para proporcionar el riego por goteo de las jardineras. En referente a la zona de césped en la que se ubicará la piscina, debido a su superficie de más de 500m² se ha instalado un depósito en el que se acumulará agua para su riego, una bomba permitirá el paso del agua desde el depósito hacia la red de aspersores.

3.4.3 NUEVA ZONA DE OCIO

La cuarta y última red servirá para abastecer todos los servicios de la nueva zona de ocio. Para ello se estimarán los diferentes usos que podrán darse en el área: inodoros, lavabos, duchas, cafetería y restaurante además del riego de las jardineras perimetrales a éste.

Las redes de abastecimiento se conectarán a las arquetas de agua potable existentes, que tal como se ha especificado se encuentra en la parte inicial del muelle existente.

3.5 SECCIÓN TIPO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de abastecimiento discurrirá siempre a nivel superior que la red de fecales que se encuentre en la zona. La red de tuberías discurrirá bajo las sendas peatonales, en la medida de lo posible, y seguirá la CTE Libro 9 Sección HS4, utilizándose tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), colocada sobre lecho de arena de 15 cm de

espesor. El tubo estará enterrado como mínimo 1 m, y cuando discorra bajo la vía pública tendrá un refuerzo de 30 cm de hormigón en masa.

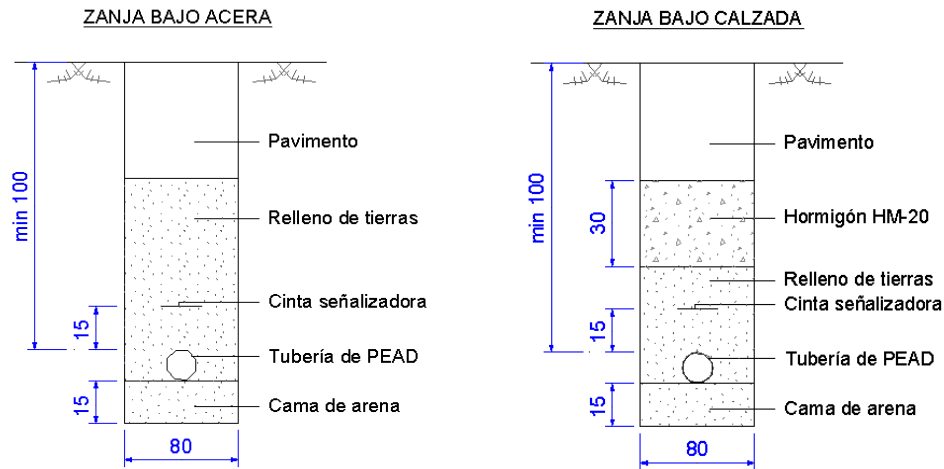


Figura 1: Tipos de zanjas a utilizar

La red de agua potable llegará a todos los amarres. En la red de distribución se hará una derivación para cada armario de servicio, instalado cada dos amarres, ramificándose a su vez cada derivación en dos, permitiendo una conexión simultánea de las cuatro embarcaciones. Cada conexión estará equipada con una llave de paso y una rosca universal para tubería.

La totalidad de la red estará dotada de las llaves de paso y válvulas necesarias que han de permitir aislarla por tramos, instaladas en arquetas con sus correspondientes anclajes y con tapas de fundición.

En los pantalanes, también se utilizarán tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) los cuales se instalarán en los huecos que tienen habilitados para tal fin los perfiles estructurales de aluminio/o. En las derivaciones hacia los pantalanes y otras instalaciones, se dispondrán válvulas de asiento para regular la presión de agua o, si hace falta, cortar el suministro.

Por otra parte con la normativa de incendios, se disponen hidrantes cada 200m como máximo, asegurando que cualquier punto de los edificios se encuentre a una distancia máxima de 100m uno de ellos.

También se dispondrán bocas de riego cada 100m como máximo, con la presión y el caudal suficientes para la limpieza de calles y pavimentos y para el mantenimiento de zonas verdes.

3.6 CAUDALES DE ABASTECIMIENTO DE LA RED

3.6.1 RIEGO

Para el caudal de riego se estiman 1.26 m³/día cada 1000 m² (NTE-IFR). Las bocas de riego se disponen cada 100m a lo largo del muelle, cuya longitud es de 300m por lo que se colocarán un total de tres bocas de riego. Dichos elementos tendrán la capacidad de regar una superficie total de 5600m²

La superficie total de riego es de: 137,55 m², lo que implica un caudal de 0.18 m³/día y 0,0072 m³/hora, que, a efectos de cálculo, se distribuirá de forma uniforme a lo largo de las tuberías donde se han instalado bocas de riego.

3.6.2 TORRETAS DE SERVICIO EN PANTALANES

Considerando un caudal por plaza de amarre de 0,020 l/s se puede calcular el caudal para abastecer las torretas de los pantalanes.

Pantalán nº	Embarcaciones	Caudal (l/s)
1	20	0.4
2	40	0.8
3	46	0.92
4	59	1.18

Tabla 1: Caudales de abastecimiento en los diferentes pantalanes.

3.6.3 ZONA DE OCIO

Como se ha comentado anteriormente hay que proyectar las redes de servicios necesarias para la construcción de nuevos espacios lúdicos en la explanada que se amplía. El procedimiento que se llevará a cabo es estimar el número de elementos o aparatos sanitarios y realizar el cálculo del consumo unitario. Para ello se utiliza:

- Inodoros: 0,10 l/s
- Lavabos: 0,10 l/s
- Duchas: 0,20 l/s
- Urinarios: 0,05 l/s
- Otros: 0,15 l/s

Para determinar el caudal punta de consumo no se supondrá que todos los aparatos funcionan al mismo tiempo, sino que es habitual usar coeficientes de simultaneidad K con los que el caudal de cálculo en cada ramal se obtiene del modo siguiente:

$$Q_{max} = K \cdot \sum q$$

Se suele adoptar un factor de simultaneidad de K=0.5. La siguiente tabla recoge el consumo máximo de cada aparato.

Servicio	Unidades	Consumo unitario (l/s)	Consumo total(l/s)
Inodoros	20	0,10	2
Lavabos	14	0,10	1,4
Duchas	12	0,20	2,4
Urinarios	10	0,05	0,5
Otros	4	0,15	0,6
TOTAL			6.9

Tabla 2: Caudales unitarios elementos sanitarios proyectados

Por lo tanto el caudal punta de consumo será de 3,5 l/s.

3.7 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

La red que nutre los pantalanes deportivos se caracteriza por una tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) de 75 mm de diámetro. Para dar servicio a los

pantalanés en cuestión, cuando se alcanzan las pasarelas que dan accesos a los pantalanés, se realiza la bifurcación, a partir de esta bifurcación las tuberías estarán formadas por tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD) de 63 mm de diámetro y discurrirán a lo largo de los pantalanés suministrando el agua a las torretas.

Para el dimensionamiento de la red de riego del aparcamiento y del club náutico, la red parte de los puntos de conexión a la red actual ya existente con una tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) de 63 mm de diámetro. A lo largo de esta red para distribuir y proporcionar el riego por goteo de las jardineras se realizará con tuberías de 16 mm de diámetro.

3.8 CÁLCULO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

El cálculo de la red de abastecimiento se realizará comprobando que las presiones están por encima de 10 m.c.a. en los puntos de suministro y que no exceden los 50 m.c.a. También se comprobará que los caudales de cálculo son los requeridos.

3.9 DETALLE DE LA RED DE ABASTECIMIENTO

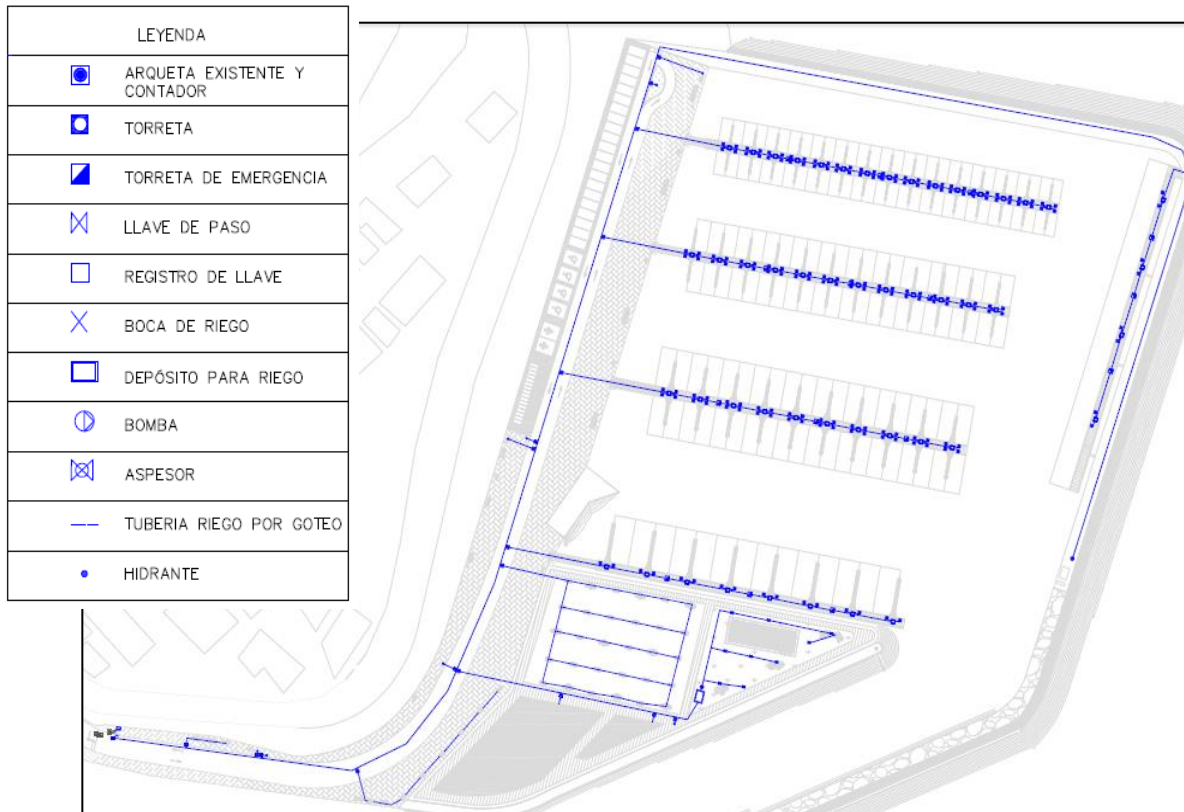


Figura 2: Esquema de la red de agua potable para el nuevo puerto deportivo.

4. RED DE DRENAJE

4.1 INTRODUCCIÓN

El drenaje del presente proyecto se refiere a la evacuación de las aguas pluviales de los nuevos muelles del puerto, del aparcamiento y de la zona de ocio, así como la evacuación de las aguas residuales de las embarcaciones y de la zona lúdica.

Las redes de saneamiento en general funcionan por gravedad. Se proyecta una red de sistema separativo en el que las aguas residuales y las pluviales se conducirán de manera separada. Es la opción más frecuente ya que los dos tipos de agua tienen naturalezas y volúmenes muy diferentes, además de ser un sistema más fácil de construir y gestionar.

Las tuberías de la red de saneamiento serán de polietileno de alta densidad, ya que para este material hay una gran cantidad de métodos y accesorios que facilitan el montaje. Además, es un material que ha demostrado un buen comportamiento para todo tipo de situaciones.

4.2 DISEÑO DE LA RED DE AGUA RESIDUALES

La red de saneamiento del nuevo Puerto Deportivo de Cerbère se ha diseñado contemplando las recomendaciones más exigentes sobre contaminación marítima. La directiva MARPOL aconseja recoger y tratar las aguas residuales de las embarcaciones.

De acuerdo con las recomendaciones MARPOL, la red de saneamiento proyectada llega hasta los amarres, a través de los pantalanes. Cada dos amarres se dispondrá una rejilla por donde los usuarios del puerto podrán verter las aguas residuales. Las canalizaciones de la red de saneamiento se han proyectado de tubo de hormigón prefabricado, rejuntado interiormente con mortero de cemento, colocado sobre una solera de hormigón y relleno hasta medio tubo con hormigón HM-20.

Dichas aguas, junto a las aguas vertidas por el edificio, serán bombeadas hacia dos estaciones depuradoras en las que se tratarán antes de ser conectadas a la red de aguas pluviales del municipio. Para ello se instalarán dos unidades de tratamiento de aguas cuyo objetivo es atrapar materias en suspensión (MES) contenidas en las aguas contaminadas antes de su conexión a la red pluvial existente del municipio.

La conexión a la red de pluviales se realizará por gravedad y para las embarcaciones se hace necesaria la colocación de equipos de bombeo, debido a las grandes longitudes que tienen las conducciones y a la falta de cota, de manera que no se pueden garantizar las pendientes mínimas necesarias para un correcto funcionamiento de la red por gravedad.

Como se ha comentado las aguas serán tratadas antes de ser impulsadas a la red pluvial existente mediante dos estaciones depuradoras cuyo objetivo es atrapar materias en suspensión (MES) contenidas en las aguas contaminada, ya que una fracción importante de contaminación (zinc, plomo, metales pesados...) se pega sobre las MES es importante retener dicha materia.

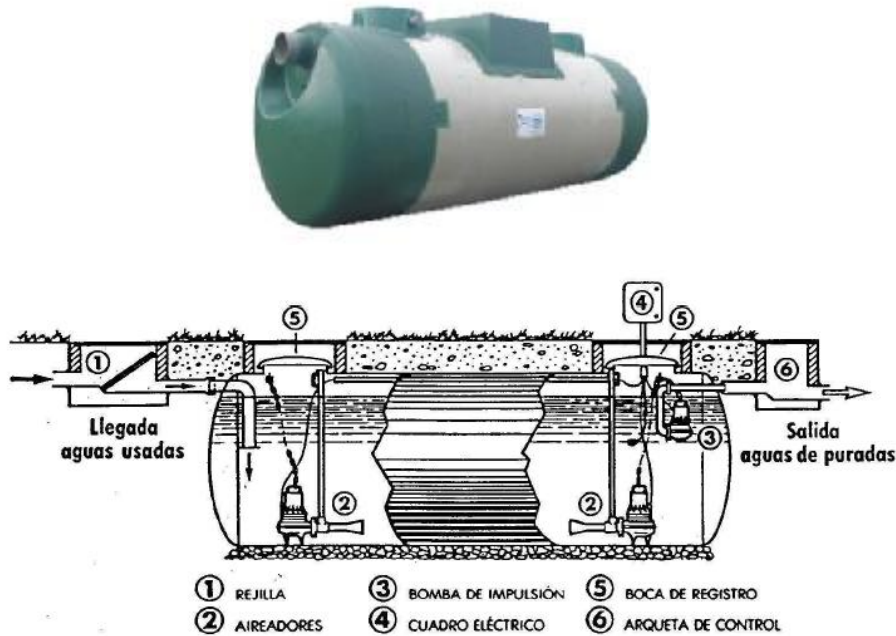


Figura 3: Esquema de la estación depuradora

Existen diversas empresas que se dedican a la fabricación e instalación de estas estaciones. Según estas empresas las ventajas de sus productos son principalmente:

- Economía
- Ausencia de olores y de ruidos
- Escasa obra civil

Con su diseño de fábrica se consigue que:

- No se vea afectado por los caudales punta
- No necesiten mantenimiento especializado
- No ocupen espacio en superficie
- No se vean

De hecho, la Ley de Costas contempla la posibilidad de verter aguas tratadas al mar, aunque también se habla de pagar un cierto canon. Antes de cada estación depuradora es necesario instalar una rejilla desbastadora y en los puntos donde llegue agua residual de los barcos una arqueta separadora de grasas. En los puntos donde existe una unión de ramales o un cambio de dirección de 90° o superior, se dispondrá una arqueta de paso de los malos olores. Las dimensiones de las arquetas se indican al final de este anejo (según NTE-ISS).

Para la red de gravedad la pendiente mínima de las cañerías es de 0.4% y tienen un diámetro de 300 mm, con pozos de registro cada 30 m aproximadamente. Para los tramos a presión la cañería será de 50 mm.

4.2.1 CÁLCULO DE LAS CANALIZACIONES

El dimensionamiento de las canalizaciones se hace siguiendo la normativa NTE-ISS (Saneamiento aplicado a la edificación). El diámetro de la tubería depende de varios factores:

- Zona pluviométrica.
- Pendiente de la tubería
- Superficie de cubierta que se desagua en la red: cero ya que las aguas superficiales (aguas pluviales) se lanzan al mar.
- Número de aparatos sanitarios, excepto inodoros, que evacua el tramo en cuestión.
- Número de inodoros que evacua el tramo en cuestión.

La zona pluviométrica se define por esta norma y depende de las coordenadas en las que se encuentre la zona del proyecto. El puerto de Cerbère se encuentra en la zona Y tal y como se observa en la figura 3. La justificación del número de aparatos sanitarios e inodoros se muestra en la Tabla 3.

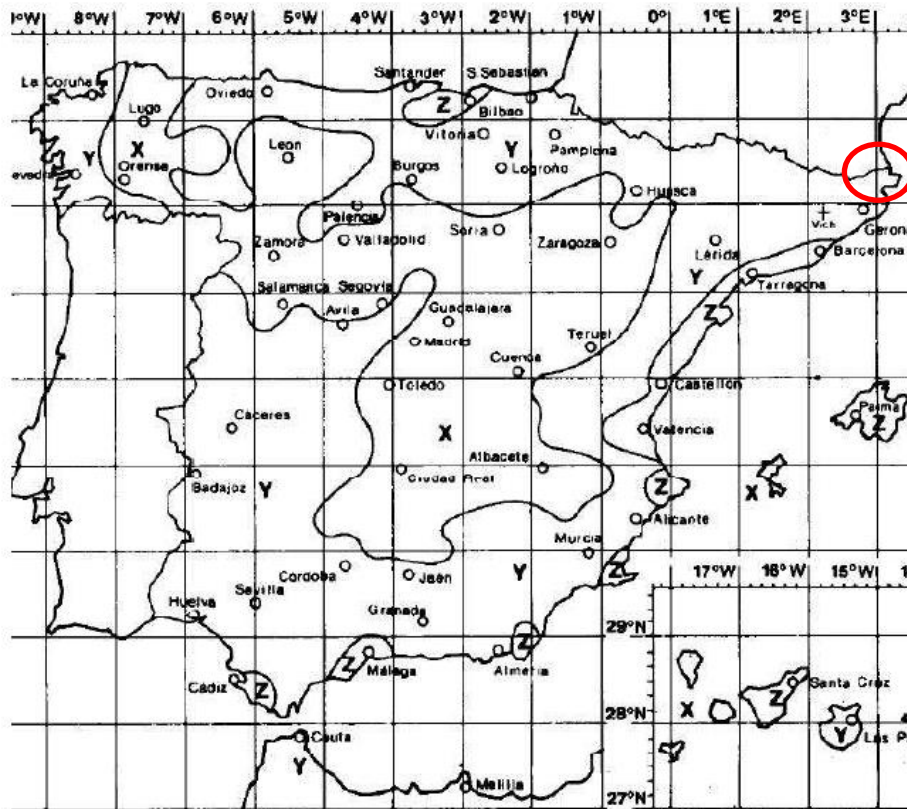


Figura 4: Zonas pluviométricas de España

Zonas pluviométricas (NTS-ISS)

Zona	Lavabos	Duchas	Urinaros
Lúdica	14	12	10

Tabla 2: Estimación equipos sanitarios de la zona de ocio.

El diámetro se extrae a partir de la tabla 3 en la que el número de aparatos sanitarios (excepto inodoros) determina la columna y la pendiente determina la fila adecuada, obteniendo el diámetro en [mm]. Se considera para cada tramo un diámetro constante, que, en cada caso, dependerá principalmente del número de servicios sanitarios evacuados.

4.2.2 CÁLCULO DE LAS ARQUETAS

En los puntos en que exista una unión de ramales o un cambio de dirección de 90° o superior, se dispondrá una arqueta de paso. Para el dimensionamiento de estas arquetas se ha empleado la Figura 4.

La Tabla 2 determina la longitud A y anchura B mínimas necesarias de una arqueta según el diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 2	Diámetro D en mm. del colector de salida.					
	100	125	150	200	250	300
Dimensiones AxB en cm de la arqueta	38x26	38x38	51x38	51x51	63x51	63x63

A cada lado de la arqueta sólo podrá acometer un colector.

Figura 5: Dimensión de las arquetas

Finalmente se opta, tal y como muestra la figura, por una arqueta de 63x51 cm de marco y tapa de fundición dúctil.

4.2.3 DETALLE DE LA RED DE SANEAMIENTO

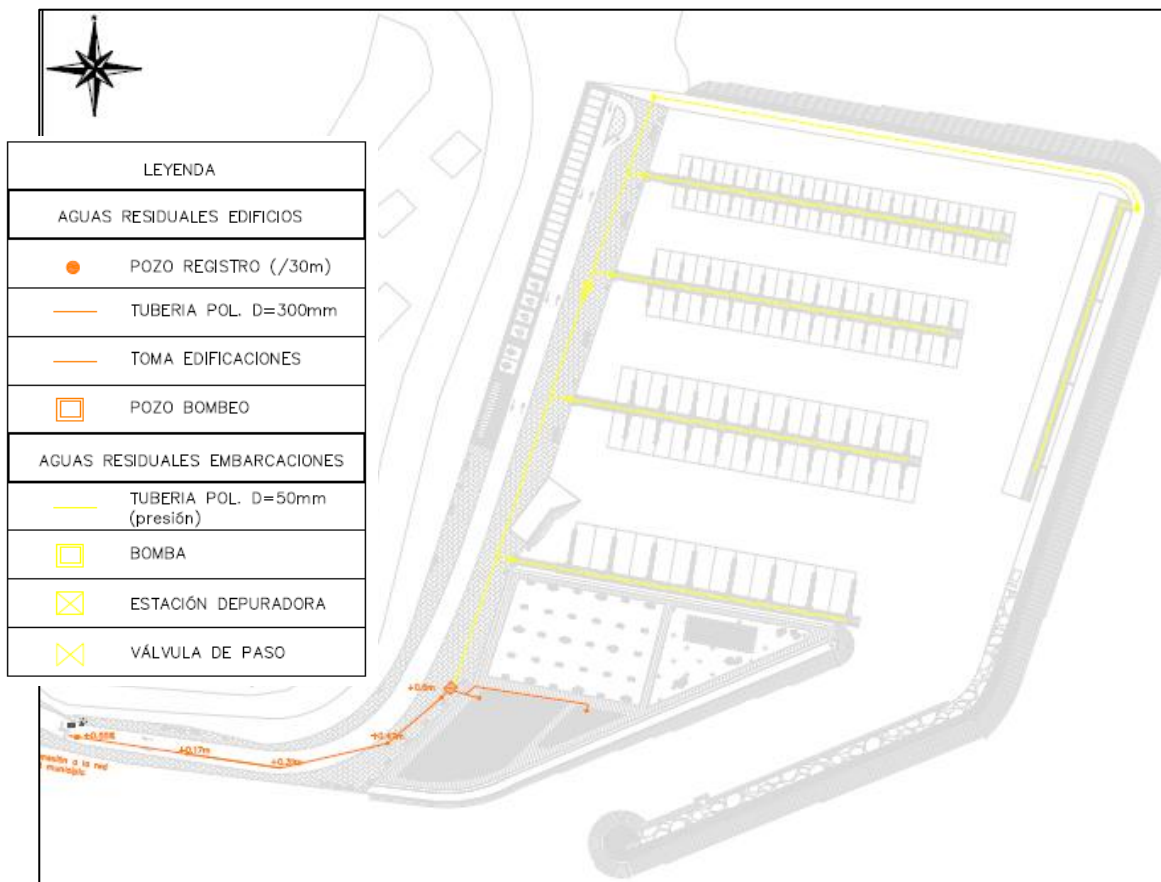


Figura 6: Esquema de la red de aguas residuales para el nuevo puerto deportivo.

4.3 DISEÑO DE LA RED DE AGUAS PLUVIALES

La red de aguas pluviales debe ser capaz de recoger y evacuar las aguas que provienen de la lluvia recogida en toda la superficie del puerto con un periodo mínimo de lluvia de 10 min.

El agua que proviene de la superficie del puerto será recogida mediante imbornales posteriormente conducida al mar. Previamente a ser lanzada al mar, se separarán posibles elementos flotantes y grasas mediante la utilización de desengrasadores ubicados en los puntos de vertido, Se establecen varios puntos de vertido en el puerto que figuran en el plano pertinente.

4.3.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Para el diseño del presente drenaje se han seguido los siguientes criterios de diseño:

- La separación máxima entre pozos de registro será de 30 m para facilitar labores de mantenimiento.
- La alineación de los tramos entre pozos será siempre recta.
- Los diámetros mínimos de los colectores serán de 315 mm para evitar obstrucciones y facilitar las labores de mantenimiento de la red.
- Emplear PVC hasta 800 mm de diámetro, y PRFV para diámetros mayores si fuera necesario.
- Mantener en la medida de lo posible los mismos diámetros por facilidad de ejecución.
- Emplear pozos de registro de 1 m de diámetro interior como mínimo, con bocas de acceso de 650 mm de diámetro
- Funcionamiento en lámina libre, con un calado máximo del 80%.
- Pendiente máxima del 8% y mínima del 0.5%
- Profundidad mínima de la red de 1.2 m. (medida desde la cota de rasante hasta la generatriz superior de la conducción).

Para el diseño se han empleado las recomendaciones de la *Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial"*, así como la *"Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje"*, del CEDEX.

4.3.2 DRENAJE DEL MUELLE

Al muelle que servirá como paseo para los viandantes se le da caída hacia el mar. En general se darán las pendientes pertinentes para que las aguas de lluvia sean recogidas y vertidas en tres puntos de vertido dotados de rejillas para la separación de aceites. En principio esto no debe causar ningún problema de contaminación importante, aunque se llevará a cabo una planificación estricta de limpieza del puerto, reforzada en la zona del aparcamiento exterior.

4.3.3 DRENAJE DE LA ZONA DE OCIO

Las aguas pluviales que caigan sobre la zona lúdica serán recogidas y encauzadas a la red existente de aguas pluviales del municipio por medio de sumideros que conducen las aguas de escorrentía hacia una tubería final, que conecta con un punto de la red de drenaje existente.

4.4 DIMENSIONAMIENTO

Los colectores de drenaje se diseñan como tuberías funcionando con flujo en gravedad.

4.4.1 PENDIENTES

Se hace referencia tanto a pendientes longitudinales (en paralelo al muelle) como a pendientes transversales (perpendiculares al muelle), debiendo por otra parte diferenciarse entre las superficies en las que puede haber depósito de mercancías y las destinadas exclusivamente a la circulación de los equipos. En este caso, no habrá ninguna zona destinada al depósito de mercancías, al tratarse del proyecto de un puerto deportivo.

Se procurará que las pendientes transversales no sean inferiores al 0,5 % en pavimentos definitivos y al 0,8 % en pavimentos provisionales. En la medida de lo posible estas pendientes serán a una sola agua en toda la superficie de que se trate, evitándose por tanto las limatesas paralelas al cantil del muelle. Las pendientes transversales máximas serán del 1,75 % en las zonas destinadas exclusivamente a la circulación. Las pendientes longitudinales obtenidas al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima no deben exceder del 1,25 % en las destinadas exclusivamente a la circulación.

En ningún punto la pendiente longitudinal puede exceder del 1,5 % en las zonas destinadas exclusivamente a la circulación. Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente longitudinal dicho cambio no debe exceder del 1%. En este caso se han elegido unas pendientes transversales del 1,8 % para pavimentación en explanadas, del 1,5 para el viario y del 2 % para la zona de aparcamientos. Las pendientes longitudinales serán variables pero siempre respetando las normas de la ROM 4.1-94.

4.4.2 CAUDALES DE DISEÑO

Para estimar los caudales de diseño se ha empleado la metodología de la *Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial"*, aplicando un período de retorno de 10 años. La precipitación máxima diaria se ha calculado a partir de la publicación *"Máximas precipitaciones diarias en la España peninsular"* del Ministerio de Fomento. Los valores se pueden ver en la Tabla

Periodo de retorno	Precipitación diaria
T(años)	P _d (mm/día)
5	61.00
10	81.00
25	95.00
50	115.00
100	130.00
500	147.00

Tabla 4: Caudales de diseño.

La precipitación máxima diaria adoptada para un período de retorno de 10 años es de 81 mm/día. Además se descartará la infiltración y se considera un terreno con un umbral de escorrentía de 1 mm.

4.4.3 CONDUCCIONES Y POZOS DE REGISTRO

El agua deberá poder circular libremente en superficie, sin barreras o resaltos, eliminándose las zonas en las que se pudieran producir remansos o acumulaciones permanentes. A tal fin se comprobará la continuidad de las pendientes, así como la ausencia de obstáculos y de zonas encharcables. Los caudales a desaguar se estimarán aplicando el procedimiento recogido en la Norma 5.1 IC Drenaje superficial de la Dirección General de Carreteras.

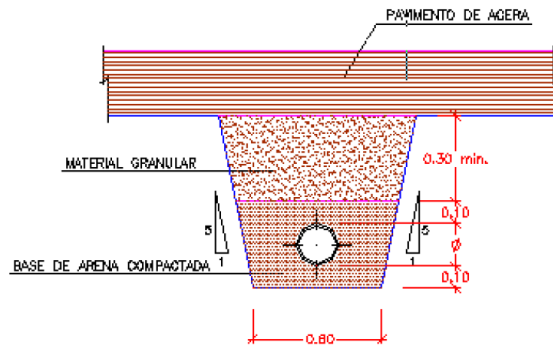
La recogida de las aguas de lluvia se llevará a cabo en avalares, protegidos por rejillas de acero pisables, de manera que en superficie no se produzcan irregularidades apreciables. Las distancias que las aguas de lluvia recorran en superficie no serán en ningún caso superiores a 35 m. Los sumideros estarán conectados a unos pozos de registro, que permiten la ventilación de la red, situados en las calzadas y en las explanadas. Dichos pozos se unirán entre sí mediante tuberías de polietileno, de una pendiente media del 5%, y diámetro variable entre 250 y 500 mm según el caudal previsto.

El desagüe al mar se realizará a través de tres vertederos, situados en el centro del muelle interior, al final de la alineación uno y en el extremo del dique junto a la gasolinera. Se ha intentado respetar que los vertederos estén lo más próximos posible a la bocana, favoreciendo así la renovación de la masa de agua abrigada, sin embargo no siempre ha sido posible.

En este proyecto no se prevé la infiltración de agua proveniente de las capas inferiores ni la sugerencia de las mismas. El agua que se infiltre desde la superficie bajo el pavimento podría dar lugar al lavado y expulsión de finos en las capas bajo el pavimento, lo que puede llegar a producir el descalce del mismo en alguna zona de modo que con el paso de vehículos se produzca la fisuración en dichos lugares. Además, el agua infiltrada puede helarse con los consiguientes problemas de hinchamiento y elevación del pavimento. De todas maneras, tal y como se vio en el *Anejo 2 Estudio del Medio* el riesgo de que se produzcan heladas en la zona de proyecto es casi inexistente, por lo que este fenómeno es muy improbable que ocurra. Para minimizar y retrasar la aparición de las patologías mencionadas, se prestará especial atención a la ejecución del pavimento de hormigón y en especial al correcto sellado de las juntas.

La subbase granular sobre la que se coloca el pavimento se ejecutará con una pendiente del 1% de modo que se evacúen las aguas infiltradas, evitando de este manera que queden estancadas bajo el pavimento. Todas las medidas adoptadas para el drenaje superficial del puerto quedan reflejadas en el correspondiente plano de evacuación de pluviales.

Zanja tipo bajo acera



Zanja tipo bajo calzada

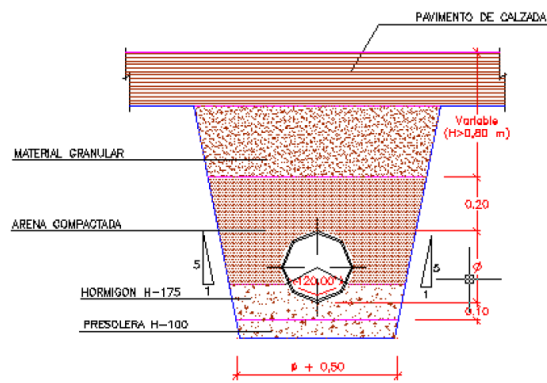


Figura 7: Secciones de zanjas drenantes.

4.4.4 DIMENSIONES DE LOS TUBOS

Para el colector se disponen tubos de PVC de 315 mm de diámetro, mientras que para las tuberías que conectan los sumideros con los pozos, se establece un diámetro de 200 mm.

4.4.5 DETALLE DE LA RED DE AGUAS PLUVIALES

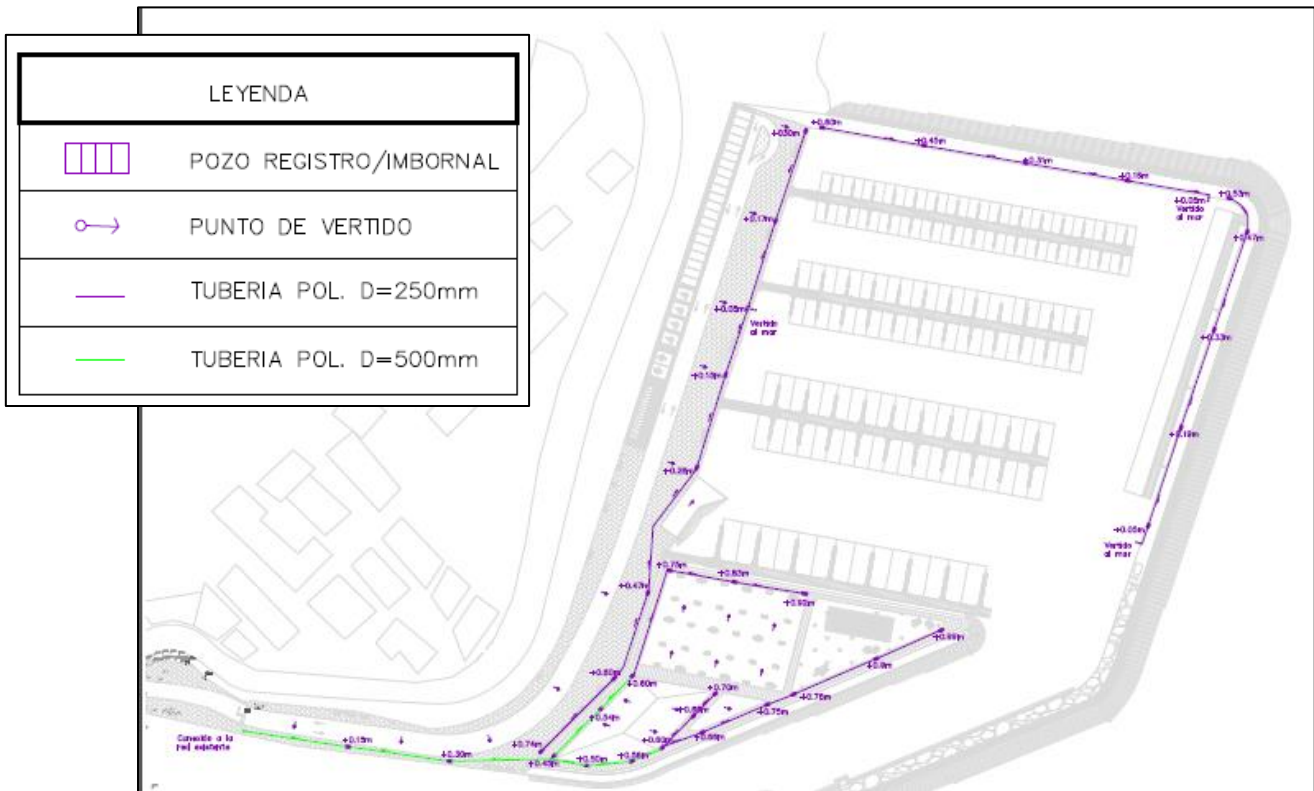


Figura 8: Esquema de la red de aguas pluviales para el nuevo puerto deportivo.

5. RED ELÉCTRICA

5.1 INTRODUCCIÓN

Se decide emplazar el Cuadro General de Protección en el interior del edificio para su mejor protección. De éste se dará servicio a la red para embarcaciones y espacios comunes de manera independiente. Cada uno de éstos bloques tendrá un cuadro de protección y mandos y un contador.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y PREVISIÓN DE CARGAS

La potencia total instalada es la suma aritmética de la potencia prevista para cada uno de los receptores del puerto. En los circuitos de alumbrado que contengan luminarias con lámparas o tubos de descarga se ha empleado un factor de corrección de 1,8 según la ITC-BT-44.

5.2.1 PREVISIÓN DE CARGAS PANTALANES

En el proyecto, además de la instalación de los pantalanes como elemento de amarre, será necesario realizar la iluminación de estos para su correcto funcionamiento cuando la luz solar sea insuficiente y también será necesario dotarles de puntos eléctricos, para que las embarcaciones puedan conectarse para cargar dispositivos de la embarcación.

PREVISIÓN DE CARGAS DE ALUMBRADO DE LOS PANTALANES					
DEPENDENCIA	RECEPTOR	UDS.	POT. UND.	FACT.CORREC.	POT.CALCULO
Pantalan1	Leds	59	5	1,8	531
Pantalan2	Leds	48	5	1,8	432
Pantalan3	Leds	40	5	1,8	360
Pantalan4	Leds	20	5	1,8	180
Coeficiente de simultaneidad					1
TOTAL POTENCIA DE ALUMBRADO (W)					1503

Se ha previsto un coeficiente de simultaneidad variable según el tipo de embarcación, que por la experiencia en otros puertos de las mismas características se sabe que son suficientes con un margen de seguridad considerable. La potencia de fuerza de las embarcaciones se puede ver en la tabla siguiente.

PREVISIÓN DE CARGAS DE FUERZA EN LOS PANTALANES.							
Pantalán	Eslora(m)	P.Max(KW)	Toma (A)	Nº embar	Potencia total (Kw)	Coef. Sim.	Potencia cálc. (Kw)
1	6	2	16	59	118	0,1	11.8
2	8	2	16	46	92	0,1	9.2
3	10	3	16	40	120	0,1	12
4	12	4	16	20	80	0,1	8
TOTAL				165	410		41

Por lo tanto la previsión de cargas en los pantalanes es:

- Potencia total de alumbrado: 1503 W
- Potencia total de fuerza de los pantalanes: 41000 W

Potencia Total de la instalación: 42503 W.

5.2.2 ILUMINACIÓN NUEVO MUELLE

El nuevo muelle principal deberá tener la iluminación suficiente para que se puedan desempeñar las funciones pertinentes durante todo el día. Por ello se deciden instalar luminarias de 10 metros de altura a lo largo de todo el muelle cada 20m de distancia, ascendiendo a un total de 13 luminarias. Las luminarias son DENVER POLE con una lámpara de 150 W de Vapor de sodio de alta presión.

Además para garantizar el acceso al pantalán colocado en el trasdós del dique de abrigo, se han colocado un total de 65 luminarias tipo DENVER BOLLAND de 70W a lo largo de la dársena transitable y un conjunto de leds empotrados alrededor de la zona de la gasolinera.

Potencia Total de la instalación: 6500 W

5.2.3 ILUMINACIÓN DEL APARCAMIENTO

El nuevo aparcamiento proyectado que ofrece plazas para 20 turismos, 16 motocicletas, 2 ambulancias y 4 plazas para minusválidos debe tener una correcta e intensa iluminación a lo largo de todo el aparcamiento. Para ello se colocan 3 luminarias DENVER BOLLAND de 0.75 metros de altura con una lámpara de 150 W de Vapor de Sodio de alta presión, que complementarán la iluminación ofrecida por las 13 luminarias citadas anteriormente.

Potencia Total de la instalación: 450 W

5.2.4 ILUMINACIÓN DE LA ZONA DE OCIO

La iluminación de esta zona se centra en el perímetro del edificio que será proyectado en la zona de ocio y la terraza. Con este objetivo se colocan 18 luminarias DENVER BOLLARD de 0,75 metros de altura con una lámpara de 70 W de vapor de mercurio y 69 leds empotrados de 5W cada uno.

POTENCIA INSTALACIÓN W: 1605 W

5.2.5 RESUMEN DE LA PREVISIÓN DE CARGAS

- Potencia de los pantalanes: 42503 W
- Potencia del muelles: 6500W
- Potencia del aparcamiento: 450 W
- Potencia de la zona del club náutico 1605 W

POTENCIA TOTAL 51058 W

5.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

5.3.1 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN (CGP)

Es la caja que aloja los elementos de protección de la línea de distribución privada. Cumplirá con la instrucción ITC-BT-13 y responderá a las características específicas de la Recomendación Unesa 1403 C.

Las C.G.P. a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora. Dentro de la misma se instalarán cortocircuitos fusibles en todos los conductores de fase, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El

neutro estará constituido por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases y dispondrá de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

En este caso, se utilizará una CGP-12 con fusibles tipo NH1 de 200 A para proteger la línea de distribución privada de los pantalanés y de 40 A para proteger la línea de distribución del alumbrado público.

5.3.2 LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PARTICULAR

Es la parte de la instalación de enlace que une la CGP con la caja de protección y medida (CPM) según la ITC-BT-14.

- CONDUCTORES: La línea estará constituida por conductores aislados, bajo tubo, en instalación subterránea y cumplirán lo indicado en la ICT-BT-07. Los tubos y su instalación cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21. Los conductores a utilizar serán de cobre, unipolares, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo, siendo su tensión de aislamiento 0,6/1kV y su designación es RV-K según la norma UNE 21123-3.
- PROTECCIÓN DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PRIVADA DE LOS PANTALANES: La sección de la línea de distribución privada es de 4x70 mm² y el sistema de instalación empleado es subterráneo, la intensidad máxima admisible es de 216 A, por lo tanto se instalarán en la CPM tres fusibles de 160 A. Para proteger la línea, en la CGP se colocarán tres fusibles de 200 A, manteniendo protegida la línea y la selectividad amperimétrica entre los fusibles de la CGP y la CPM.
- PROTECCIÓN DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PRIVADA DEL ALUMBRADO PÚBLICO: Como la sección de la línea de distribución privada es de 4x10 mm² y el sistema de instalación empleado es subterráneo, la intensidad máxima admisible es de 75,2 A, por lo tanto se instalarán en la CPM tres fusibles de 32 A. Para proteger la línea, en la CGP se colocarán tres fusibles de 40 A, manteniendo protegida la línea y la selectividad amperimétrica entre los fusibles de la CGP y la CPM.
- CANALIZACIONES: Los cables aislados subterráneos de Baja Tensión se canalizarán entubados en zanja. Los tubos normalizados, según la Norma UNE-EN 50086, para estas canalizaciones serán de polietileno de alta densidad de color rojo, doble pared (corrugado el exterior y liso el interior) de color, de 6 metros de longitud y 160 mm de diámetro, con una resistencia a la compresión de 450 N y una resistencia al impacto de 40 J. Dichos tubos irán siempre acompañados de un tritubo de polietileno de alta densidad de color verde de 40 mm de diámetro, en los que se dejará una guía para la posterior canalización de los cables de telecomunicación y/o fibra óptica.

Los tubos irán alojados en general en zanjas bajo acera de 80 cm de profundidad y una anchura de 20 cm, de forma que en todo momento la profundidad mínima a la parte superior del tubo más próxima a la superficie del suelo no será de 60 cm en el caso de canalización bajo acera, ni de 80 cm bajo calzada. Los tubos se situarán sobre un lecho de arena de 4 cm de espesor. A continuación se realizará el compactado mecánico,

empleándose el tipo de tierra y las tongadas adecuadas para conseguir un próctor del 95%. Se situará una cinta de señalización, como aviso y para evitar el posible deterioro que se pueda ocasionar al realizar las excavaciones en las proximidades de la canalización, su distancia mínima a la cara inferior del pavimento será de 10 cm y a la parte superior del tubo de 25 cm.

La cinta de señalización será de color amarillo naranja vivo que advierta la existencia de los cables. El material empleado en la fabricación de la cinta para la señalización de cables enterrados será polietileno. La cinta será opaca, de color amarillo naranja vivo S 0580-Y20R de acuerdo con la Norma UNE 48103. El ancho de la cinta de polietileno será de 150 ± 5 mm y su espesor será de $0,1\pm 0,01$ mm. En los cruzamientos de calzadas los tubos irán hormigonados en todo su recorrido.

- **ARQUETAS DE REGISTRO:** En los puntos donde se produzcan cambios de dirección de los tubos y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalará arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro cada 40 m. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

Las arquetas de registro se construirán rectangulares de obra civil o prefabricada de hormigón con unas dimensiones interiores según planos, tamaño suficiente para poder practicar manipulaciones en los cables con comodidad. El fondo de las arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

- **PARALELISMO**

Cables de Baja tensión y Alta tensión:

Los cables de BT podrán instalarse paralelamente a otros de BT o AT, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 10 cm con los cables de BT y 25 cm con los cables de AT. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, el cable instalado más recientemente se instalará bajo tubo.

Cables de telecomunicación:

En el caso de paralelismos entre cables BT y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí. Siempre que los cables, tanto de telecomunicación como eléctricos, vayan directamente enterrados, la mínima distancia será de 20 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, el cable instalado más recientemente se instalará bajo tubo.

Agua, vapor, etc...

Los cables de BT se instalarán separados de las canalizaciones de agua a una distancia no inferior a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, la canalización instalada más recientemente se instalará bajo tubo. Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico. Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos.

Alcantarillado:

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado:

- a) Conducción de alcantarillado en galería: Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería. Se admitirá fijar tubos a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya incidido en su interior con la fijación. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo normalizado.
- b) Conducción de alcantarillado bajo tubo: Los cables de BT se instalarán separados de la conducción de alcantarillado bajo tubo a una distancia no inferior a 20 cm. La distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de la conducción de alcantarillado bajo tubo será de 1 metro. Cuando no pueda respetarse esta distancia, los cables se instalarán bajo tubo normalizado.
Se procurará mantener una distancia mínima de 20 cm en proyección horizontal y, también, que la conducción de alcantarillado bajo tubo quede por debajo del nivel del cable eléctrico.
Por otro lado, las arterias importantes de conducción de alcantarillado bajo tubo se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m. respecto a los cables eléctricos.

○ **CRUZAMIENTOS.**

Calzadas (calles y pavimentos):

En los cruzamientos con calles y carreteras los cables deberán ir entubados a una profundidad mínima de 80 cm. Los tubos o conductos serán resistentes, duraderos, estarán hormigonados en todo su recorrido. En todo caso deberá tenerse en cuenta lo especificado por las normas y ordenanzas vigentes, que correspondan. Siempre que sea posible, se hará perpendicular a la calzada.

Cables de Baja Tensión y Alta Tensión:

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de BT discurren por encima de los de AT. La distancia mínima entre un cable de BT otros cables de energía eléctrica será: 25 cm con los cables de AT y de 10 cm con los cables BT. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1m. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, el cable instalado más recientemente se instalará bajo tubo.

Con cables de telecomunicación:

La separación mínima entre los cables de BT y los de telecomunicación será de 20 cm. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable BT como del cable de telecomunicación será superior a 1m. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, el cable instalado más recientemente se instalará bajo tubo.

Agua, vapor, etc...:

En los cruzamientos de cables BT con conducciones de agua se guardará una distancia mínima de 20 cm.

Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de agua o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m. del cruce. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, la canalización instalada más recientemente se instalará bajo tubo.

Alcantarillado:

Se podrán distinguir dos tipos de conducciones de alcantarillado.

- a) Conducción de alcantarillado en galería: Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado en galería. Se admitirá fijar tubos

a la pared exterior de la galería siempre que se asegure que esta no ha quedado debilitada ni se haya

incidido en su interior con la fijación. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se instalarán bajo tubo.

b)Conducción de alcantarillado bajo tubo: En los cruzamientos de cables con conducciones de alcantarillado bajo tubo se guardará una distancia mínima de 20 cm. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de la conducción de alcantarillado bajo tubo o de los empalmes de los cables, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m. del cruce.

Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 1,5 m por cada extremo.

5.3.3 CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA (CPM)

La CPM es el conjunto de fusibles generales de protección, el contador multifunción y demás elementos necesarios para el control y medida de energía eléctrica de los pantalanos. En este caso, los fusibles de seguridad coinciden con los generales de protección.

Para la instalación de los pantalanos la medida será indirecta a través de transformadores de intensidad, debido a que la intensidad nominal de la instalación supera los 63 A. Para la instalación del alumbrado público la medida será directa.

Para su selección y dimensionamiento se seguirá todo lo especificado en las ITC-BT-13 e ITC-BT-16. Como el suministro es para un solo usuario, al no existir línea general de alimentación, podrá simplificarse la instalación colocando en un único elemento, la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida.

La caja de protección y medida deberá tener como mínimo un grado de protección IP65. La CPM será accesible desde la vía pública.

El equipo de medida será cableado antes de su colocación en obra y siguiendo las recomendaciones UNESA en relación a las características de cables y embornado.

El cableado se hará con conductores de cobre rígidos con aislamiento a base de mezclas termoestables o termoplásticas. Los cables serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida para 0,6/1 kV. Las secciones mínimas que se utilizarán serán de 6 mm².

Se utilizarán los siguientes colores: negro, marrón y gris para las fases, azul claro para el neutro, amarillo verde para el conductor de protección y rojo para los hilos de mando de cambio de tarifa. Este último tendrá una sección de 1,5 mm².

Se utilizará una C.P.M. homologada por la empresa suministradora

5.3.4 DERIVACIÓN INDIVIDUAL

Es la línea que conecta la CPM con el cuadro de protección y distribución interior en B.T. Para la selección y dimensionamiento se seguirá todo lo dispuesto en la ITC-BT-

15 así como las Normas Particulares para las Instalaciones de Enlace los Suministros de Energía en Baja Tensión de la compañía suministradora.

La derivación individual estará constituida por conductores aislados en el interior de tubos en instalación tipo B. Además incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas. Los tubos y su instalación cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21.

Los tubos tendrán una sección nominal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%.

Los conductores a utilizar serán de cobre, unipolares, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina, siendo su tensión de aislamiento 0,6/1kV y su designación es RZ1-K según la norma UNE 21123-4. Asimismo, los conductores serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

- DERIVACIÓN INDIVIDUAL PANTALANES: La derivación individual de los pantalanos estará formada por 4 conductores de cobre de sección 70 mm², en instalación tipo B bajo tubo de PVC de 90 mm de diámetro.
- DERIVACIÓN INDIVIDUAL ALUMBRADO PÚBLICO: La derivación individual del alumbrado público estará formada por 4 conductores de cobre de sección 6 mm², en instalación tipo B bajo tubo de PVC de 25 mm de diámetro.

5.3.5 INSTALACIÓN EN LOS PANTALANES

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, ITC-BT-30, los pantalanos se considerarán como locales mojados al estar las instalaciones a la intemperie. Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, ITC-BT-42, los pantalanos es una instalación en puerto y marina para barcos de recreo. Para el diseño de la instalación eléctrica se tendrán en cuenta estas dos ICT del RBT.

Para dar suministro eléctrico a los barcos, se instalarán varias torretas de tomas de corriente situadas en los pantalanos, el suministro eléctrico de estas torretas se realizará a través de líneas eléctricas trifásicas que parten de un cuadro general de protecciones situado en tierra firme lo más cerca posible de los pantalanos.

Estas líneas se distribuirán por unas bandejas aislantes con tapa, empotradas en los pantalanos. No se instalarán más de 2 circuitos de fuerza por bandeja. Para pasar los cables de tierra firme a los pantalanos se utilizará la rampa de acceso a los pantalanos bajo tubos en superficie, desde el cuadro general hasta la rampa la canalización será subterránea.

Los tubos serán flexibles de 90 mm de diámetro y con protección mecánica.

Las torretas están compuestas de lo siguiente:

- Cuadro de protecciones eléctricas para las tomas de corriente.
- Un receptor de alumbrado, no serán de clase 0, protegido con cartucho fusible de cápsula cilíndrica tamaño UTE 10x38 mm para una intensidad hasta 10 A. Se instalará un fusible de 10 A que permite el corte de la fase y desconecta automáticamente el receptor de alumbrado, los fusibles serán de alto poder de

ruptura (APR). La conexión será por la parte inferior de la torreta y la salida de alimentación de la luminaria por la parte superior, con lo que se evita el forzado de los conductores en la salida. La sección mínima será de 2,5 mm².

- Caja de conexiones.
- Las bases de tomas de corriente tendrán un grado de protección IPX6, tal como indica la norma UNE EN 60309. Cada base de toma de corriente estará protegida con un dispositivo individual contra sobrecargas e intensidades mayores o iguales a 16 A. También estará protegida por un dispositivo de corriente diferencial-residual no mayor de 30 mA. Ningún dispositivo podrá proteger a más de una base de toma de corriente.

5.3.6 CUADROS DE PROTECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN B.T.

El cuadro general de protección y distribución de los pantalanos estará situado lo más cerca posible de los amarres a alimentar, en tierra firme. El cuadro se instalará dentro del armario de obra civil, situado al lado la puerta de acceso a los pantalanos, a una altura aproximada de 1,2 m.

Alberga los dispositivos de protección y mando principales. Tendrá un grado de protección mínimo de IP65. Serán de material aislante y auto extinguido. En caso de ser metálico se conectará a tierra. Sobre la tapa se colocará una placa con el nombre del instalador, fecha de instalación y grado de electrificación.

Deberán tomarse las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección del cuadro general no sean accesibles al público en general, al estar este situado en zona pública. El cuadro general dispondrá de un 20% de espacio libre para posibles ampliaciones.

5.3.7 INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

- CAJAS DE DERIVACIÓN: Serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio, material aislante, auto extinguido, con cuatro bornes para la conexión de cables con una sección de hasta 10 mm², protegidas con cartucho fusible de cápsula cilíndrica tamaño UTE 10x38 mm para una intensidad hasta 20 A y grado de estanqueidad IP-44, según la norma DIN 40.050.

Estarán dotadas de 3 fusibles de 6 A que permite el corte de la fase y desconecta automáticamente el punto de luz, los fusibles serán de alto poder de ruptura (APR). La conexión será por la parte inferior y la salida de alimentación de la luminaria por la parte superior, con lo que se evita el forzado de los conductores en la salida. La tapa deberá ser practicable y estará preparada para poder ser precintada mediante un tornillo de cierre.

- LUMINARIAS: Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes la norma UNE-EN 60.598 -2-3 y la UNE EN 60.598 -2-5 en el caso de proyectores de exterior. Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior deben tener como mínimo el grado de protección IP 65 y ser anti vandálicas.

Las luminarias serán de Clase I o de Clase II. Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto

de puesta a tierra del soporte, mediante cable unipolar aislado de tensión asignada 450/750V con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm² en cobre.

Los equipos irán alojados en el interior de las luminarias y serán de alto factor de potencia, con un valor nunca inferior a 0,9.

- COLUMNA SOPORTE: Los soportes de las luminarias de alumbrado exterior, se ajustarán a la normativa vigente (UNE-EN 40- 5:2003 y EN 40-5: 2002). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación.

Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las sollicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte. En este caso se utilizará columnas de 10 m de altura, modelo PECHINA COLUMNA de CARANDINI, fabricada en acero galvanizado, acabado base pintura Oxiron negro forja.

5.3.8 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Toma de tierra de pantalanés: La toma de tierra estará formada por 4 picas de cobre-acero $\varnothing \geq 14,2$ mm y 2 m de longitud. Estas picas estarán unidas entre sí y al borne de puesta a tierra mediante un conductor de cobre desnudo de 35 mm². La separación entre picas será de 4 m.

Toma de tierra alumbrado público: La toma de tierra estará formada por 2 picas de cobre-acero $\varnothing \geq 14,2$ mm y 2 m de longitud. Estas picas estarán unidas entre sí y al borne de puesta a tierra mediante un conductor de cobre desnudo de 35 mm². La separación entre picas será de 4 m.

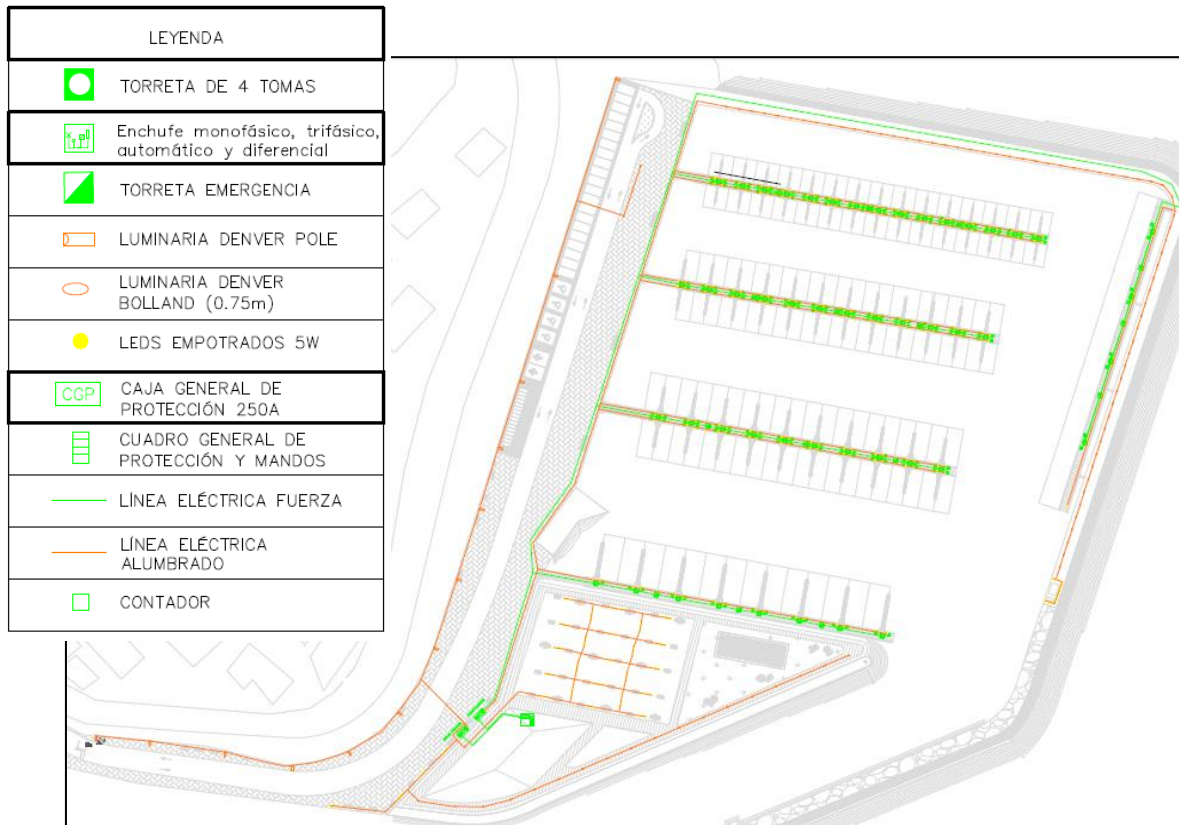


Figura 9: Esquema de la red eléctrica para el nuevo puerto deportivo.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



TITULO DEL PROYECTO
PROYECTO FINAL DE CARRERA
PROYECTO DE UN NUEVO PUERTO EN CERBÈRE

PUERTO
PUERTO DE CERBÈRE, FRANCIA

ANEJO 13: MOBILIARIO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETO.....	3
3. MOBILIARIO URBANO	3
3.1 FAROLAS PARA LOS APARCAMIENTOS Y EL MUELLE.....	4
3.2 FAROLAS DE LUZ AMBIENTE PARA LA ZONA PERIMETRAL DE LA NUEVA ZONA DE OCIO.....	4
3.3 BALIZAS	5
3.4 BANCOS.....	5
3.5 PAPELERAS	6
3.6 JARDINERAS	6
3.7 ARMARIOS DE SERVICIO.TORRETAS.....	7
3.8 EQUIPAMIENTO PARA EMERGENCIAS.....	8
4. JARDINERIA. PLANTACIONES.....	8

1. INTRODUCCIÓN

El mobiliario urbano y la jardinería son dos elementos muy importantes en cualquier obra, tanto a nivel de diseño y estética como nivel de funcionalidad. Se debe tener en cuenta que el nuevo Puerto Deportivo de Cerbère da respuesta a objetivos como la construcción de un puerto deportivo fijo, creando por otro lado un área de ocio con lo que impulsa el desarrollo económico del municipio, lo expande y cose su actividad al mar. Así pues, el mobiliario escogido contribuirá a la creación de una zona agradable para la vista de los usuarios, al mismo tiempo siendo práctico y funcional e integrándose perfectamente con el entorno.

2. OBJETO

El objeto de este anejo es presentar los elementos de mobiliario urbano que se dispondrán en el entorno de nuevo Puerto Deportivo de Cerbère.

3. MOBILIARIO URBANO

De cara a la elección de los elementos de mobiliario urbano, se tendrán en cuenta dos criterios básicos, como se ha citado en la introducción, no sólo se debe tener presente la funcionalidad de cara al usuario sino también de cara a los técnicos de mantenimiento, con el fin de disminuir los costes derivados de su mantenimiento.

A continuación se muestran los principales elementos del mobiliario urbano, algunos de los cuales constan en el plano correspondiente.

3.1 FAROLAS PARA LOS APARCAMIENTOS Y EL MUELLE

Las farolas escogidas son el modelo PECHINA COLUMNA, de la casa C&G. CARANDINI Constan de una base de fundición de hierro, con fuste y brazos de acero galvanizado, un adorno de chapa de acero galvanizado con una acabado de pintura base Oxiron negro forja.

La luminaria es la DENVER POLE, también de la casa C&G. CARANDINI en donde se utilizarán lámparas de Vapor de Sodio de Alta presión de 150 W y Lámparas de vapor de mercurio de 100 W. La armadura es de fundición inyectada de aluminio. El cierre de policarbonato y el reflector de aluminio de una sola pieza, anodizado y sellado.

Su disposición es la que se refleja en los planos de la red de servicio de alumbrado.



Figura 1: Farola Pechina Columna y luminaria DENVER POLE

3.2 FAROLAS DE LUZ AMBIENTE PARA LA ZONA PERIMETRAL DE LA NUEVA ZONA DE OCIO

El objetivo principal ha sido conseguir una iluminación ambiente en la que los usuarios se sientan cómodos mientras hacen uso de las nuevas instalaciones, por lo tanto las farolas de luz ambientes crean una atmosfera ideal en la que sentirán relajados y podrán gozar del paisaje.

Se elige el modelo DENVER BOLLARD, altamente utilizado para espacios exteriores. Dicho modelo tiene 0,75m de altura y consta de una armadura de aluminio extrusionado, un cierre de fundición inyectada de aluminio, difusor de policarbonato transparente y con un acabado en negro texturado RAL 9005 texturado. Las lámparas son de 70 W de vapor de mercurio.



Figura 2: Farola de exterior DENVER BOLLARD.

3.3 BALIZAS

En el extremo de los pantalanes se colocará una baliza modelo RAMA de la casa SANTA & COLE. Consta de una base de fundición de aluminio acabada granallada con protección antioxidante y una luminaria de 740x190x65 mm de aluminio extrusionado acabado anodizado, reflector del mismo material y difusor de policarbonato traslúcido.

Incorpora equipo electrónico para lámpara de fluorescencia compacta de 36 W, con un buen rendimiento lumínico y larga vida con consumos reducidos. Los tornillos de fijación son de acero inoxidable y las reposiciones y mantenimiento son los habituales en este tipo de equipos. Tiene un peso de 12 kg.



Figura 3: Baliza Rama

3.4 BANCOS

Se escogen dos modelos de bancos para crear un ambiente lo más agradable posible y en concordancia con el entorno. El Banco Modelo "Lineal" (Figura 3, izquierda) o similar de 210 cms de longitud y 45 cms de altura de asiento, formado por piezas de acero galvanizado acabado en pintura color gris metalizada para los pies, apoyabrazos, larguero inferior y fleje de respaldo, y asiento y respaldo en piezas de madera de pino tratada y barnizada para su exposición al exterior. Este banco se situara en la nueva zona de ocio, ya que se dispondrá una tarima de madera.

Banco monolítico modular de piedra artificial acabado en granito, modelo "Pleamar Gr" (Figura 3, derecha) o similar, de dimensiones 2000x770x400 mm, con un peso de 1525 kg, Este banco se usará a lo largo del muelle.



Figura 3: Banco modelo "Lineal" y Banco modelo "Pleamar Gr"

3.5 PAPELERAS

Las papeleras que se colocan a lo largo de todo el puerto son papeleras de acero modelo "OCEAN" de Fundiciones Rey o similar, de altura 0,80 m y Ø 0.45 m, compuesta por láminas de acero y cubeta interior galvanizada extraíble, con capacidad para 65 litros.



Figura 4: Papelera Ocean

3.6 JARDINERAS

En la ampliación del puerto, se colocarán gran cantidad de jardineras, unas de ellas se colocaran en la zona del aparcamiento, otras el perímetro de la zona de ocio y algunas en el nuevo muelle. La mayoría de estas irán intercaladas en las zonas donde se colocan los bancos. Se trata de una estructura de perfiles de acero con protección antioxidante y pintura en polvo color negro forja.



Figura 6: Jardineras PLAZA de la casa SANTA & COLE

La estructura soporta los plafones realizados en materiales resistentes a la humedad y a los impactos. El fondo de la jardinera es de malla metálica galvanizada en caliente, capaz de soportar pesos de hasta 1000 Kg. La cubeta interior es de fibra de vidrio. Se coloca simplemente apoyado sobre cuatro patas de acero inoxidable regulables para

su correcta nivelación. Es de planta cuadrada y se realiza en diferentes medidas, de gran capacidad, permitiendo plantar árboles y arbustos.

Es posible escoger el material de los frontales, de manera que se adapte a las necesidades estéticas del espacio, ya sea madera laminada o resina con diferentes acabados. Por su forma y concepción se convierte en una jardinera de fácil transporte y reposición sencilla. No necesita mantenimiento.

3.7 ARMARIOS DE SERVICIO.TORRETAS

A lo largo de los muelles y pantalanes se instalarán armarios de servicios para cada dos embarcaciones. Se trata de elementos fabricados de aluminio marino anodizado con una excepcional resistencia al ambiente, con un atornillado y accesorios inoxidable. Con certificado CEE, cumple la normativa CEI-7.709 sobre cuadros de distribución y tomas de corriente en marinas, y el reglamento de baja tensión ITCBT-42, estanqueidad IP66. Están equipados con toma eléctrica y de agua y con una baliza de bajo consumo de 11W.

Uno de los posibles modelos, es el CLASSIC de la empresa ROLEC, ya que ofrece una gran flexibilidad y por eso es uno de los modelos más vendidos en todo el mundo.



Figura 7: Torreta CLASSIC de la empresa ROLEC

3.8 EQUIPAMIENTO PARA EMERGENCIAS

Un aspecto muy importante que se debe tener en cuenta a la hora de garantizar la seguridad de los usuarios del nuevo puerto, es incluir un buen equipamiento para emergencias. Para este proyecto se colocarán tres columnas de equipamiento que incluirán salvavidas y extintores, dos en la zona de embarcaciones y una en la zona del muelle que es necesario transcurrir hasta llegar a la nueva zona.



Figura 8: Columnas de equipamiento de emergencia, MARINAS&SPORTS Y ROLEC.

4. JARDINERIA. PLANTACIONES.

La vegetación es un elemento con grandes posibilidades estéticas que contribuye de una manera muy importante a la mejora del entorno y puede crear un ambiente agradable que sea atractivo a los usuarios de las diferentes instalaciones del puerto. De cara a la selección de las diferentes especies vegetales para ajardinar las diversas zonas del puerto se ha tenido en cuenta el mantenimiento de cada una, así como el hecho de que sean adecuadas al ambiente agresivo marino que las rodeará.

Todas estas plantaciones irán colocadas en las jardineras. A continuación se nombran las especies escogidas.

- Hebe Topiaria: Características: Arbusto perenne de hojas verde claro grisáceas de forma redondeada y aplastada. Se usa en borduras por su crecimiento globoso compacto, que no necesita poda, le hace ser una interesante alternativa al boj. En macizos, su forma y color combinan perfectamente con otros hebes. Aunque no es una variedad refloreciente, las plantas adultas florecen abundantemente en cortas y densas espigas blancas, que contribuyen a aumentar su gran atractivo.



Figura 9: Hebe Topiaria

- Teucrium fruticans: Arbusto de 50-150, y hasta 200 cm, muy ramificado, voluminoso, frecuentemente ginodioico (plantas con flores [hermafroditas](#) y plantas con flores unisexuales femeninas). Los tallos son erectos, foliosos, cuadrangulares; los jóvenes herbáceos, gris-blanquecinos, a veces pardo-rojizos, con pelos acintados, largos; los viejos leñosos, glabros, redondeados. Es una especie protegida en Francia y se encuentra en los Pirineos Orientales.



Figura 10: Teucrium fruticans

- Aucuba: Es un arbusto de 1 a 5 m de altura originario de los bosques de valles y montañas de Japón y China. Aucuba japonica es dioico, es decir, presenta diferentes plantas para el sexo masculino y femenino. Son plantas de jardín muy populares en el Reino Unido y en el resto de Europa occidental. Este arbusto es también muy popular en Estados Unidos, donde es comúnmente conocido como Gold Dust Plant (planta de polvo dorado).



Figura 11: Aucuba Japónica

- Photinia fraseri 'Red Robin': El follaje alterno es alargado y consistente, durante el año va sufriendo una metamorfosis de color: rojo en primavera, violáceo en verano y verde en invierno. Es de los pocos arbustos de hoja perenne de color rojo. Utilizado con más frecuencia para formar setos de menos de 2m. También plantado en grupos. Luz: exposición soleada para intensificar el colorido o de media sombra.



Figura 12: "Red Robin"