

ANEJO Nº5 : BASES DE CÁLCULO

TUTOR:

VICENTE CERDÁ GARCÍA DE LEONARDO

AUTORES:

ROBERTO ARZO MARTÍ

FECHA: JUNIO 2015



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ÍNDICE

ÍNDICE 1

1.OBJETO 2

2.VIDA ÚTIL 2

3.TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA 2

4.GEOTECNIA..... 2

5.CONDICIONES AMBIENTALES..... 3

 5.1 VIENTOS 3

 5.2 MAREAS..... 3

 5.3 CORRIENTES 3

 5.4 OLEAJE 3

 5.5 EFECTO SÍSMICO..... 4

6.BUQUE DE CÁLCULO 4

7.ESTRUCTURA DE CAJONES. VALORACIÓN DE ACCIONES 4

 7.1 CARGAS PERMANENTES 4

 7.2 CARGAS VARIABLES 4

 7.2.1 .CARGAS HIDRÁULICAS..... 4

 7.2.2.CARGAS DEL TERRENO 5

 7.2.3.CARGAS DE ESTACIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE MERCANCÍAS..... 5

 7.2.4.5 ACCIONES DE AMARRE..... 6

8.CRITERIOS DE MANIPULACIÓN DE ACCIONES 6

9. HIPÓTESIS DE CÁLCULO..... 6

 9.1 COMPROVACIÓN DE MUELLES DE GRAVEDAD 6

 9.1.1 CONDICIONES ORDINARIAS Y DE LARGO PLAZO..... 7

 9.1.2 CONDICIONES EXTRAORDINARIAS Y DE CORTO PLAZO 7

10. HORMIGONES 7

11. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES 8

 11.1. HORMIGÓN 8

 11.2. RELLENO DE CELDAS..... 8

 11.3. RELLENO GENERAL 8

 11.4. ESCOLLERA EN CIMIENTOS..... 8

12. NORMATIVA DE APLICACIÓN 8

1.OBJETO

En el presente Anejo se recogen las características y condicionantes considerados para el diseño y dimensionamiento de las obras del muelle de contenedores objeto del proyecto.

En primer lugar se establecen los criterios generales de proyecto, en los que se define la vida útil de la obra y los períodos de retorno a considerar.

A continuación, se fundamentan las condiciones derivadas del medio físico local:

- Topografía y batimetría.
- Otras condiciones ambientales (vientos, mareas, corrientes, oleaje y sismicidad).
- Geotecnia.

Posteriormente se tratan las condiciones relativas a la operación del muelle:

- Buque de cálculo.
- Sobrecargas (de estacionamiento y almacenamiento, de equipos de manipulación de mercancías y de tráfico).
- Cargas de atraque y amarre.

Finalmente se enumeran las principales normas y recomendaciones técnicas que se han utilizado para la redacción del proyecto.

2.VIDA ÚTIL

Según la *R.O.M. 0.2-90*, se define la vida útil para el proyecto de una estructura como el período que va desde su construcción hasta su inutilización, desmontaje o cambio de uso.

La *ROM 0.2-90* en su tabla 2.2.1.1. establece un valor mínimo para la **vida útil de 50 años** para infraestructuras de carácter general y nivel de seguridad 2, es decir, con riesgo moderado de pérdida de vidas humanas o daños medioambientales en caso de rotura.
Además recoge como Nivel 2 obras e instalaciones de interés general (Obras en grandes puertos).

Por lo tanto se tomará este valor para el cálculo del muelle en fase de servicio.

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

Tabla 1 : Tabla 2.2.1.1 de la ROM 0.-90

3.TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA

La topografía y batimetría que han servido de base para la elaboración del Proyecto quedan recogidas en el *Anejo nº 2 Batimetría y topografía*.

Todas las cotas altimétricas de los planos y cálculos que componen el proyecto han sido referidas a la de bajamar viva equinoccial (B.M.V.E.) del Puerto.

4.GEOTECNIA

La información geotécnica disponible para la realización de este Proyecto, se ha obtenido mediante un *informe geotécnico elaborado por la empresa ITC en Octubre de 2.005*.

En el *Anejo nº3. Geotecnia*, se muestra la información relativa a los sondeos y ensayos geotécnicos realizados en la campaña llevada a cabo en Octubre de 2.005, de los que los sondeos SM-1, SM-2, SM-3 y SM-4 caracterizan los materiales a dragar y que constituirán el relleno hidráulico que materializa la explanada del muelle. Además se realizaron 3 sondeos en la prolongación del dique de cierre (SD-1, SD-2 y SD-3) y 1 sondeo complementario en la dársena comercial En el Anexo A del citado Anejo se muestra la ubicación de los sondeos.

Con los resultados obtenidos se puede apreciar que hasta la cota de dragado (-18,50) se trata de un material arenoso no plástico con un porcentaje de finos variable.

Como solución para la tipología estructural del muelle se adopta la construcción de cajones de hormigón

apoyados sobre una banqueta constituida por escollera. La banqueta se cimenta a la cota -18,50, asimismo sobre el estrato de un material arenoso no plástico con un porcentaje de finos variable.

La mayor parte del relleno estará situado bajo el nivel del mar y se encontrará bastante desagregado como consecuencia del procedimiento anteriormente descrito (dragado + impulsión + vertido) por lo que sus características resistentes iniciales serán muy bajas y su deformabilidad relativamente alta.

El relleno se conseguirá a partir de la sedimentación de partículas sólidas contenidas en un efluente que procede del dragado. Las características de los rellenos pueden variar en función del contenido de finos. No obstante en este mismo Puerto con dragados similares se ha obtenido un porcentaje de finos inferior al 10% correspondiendo por tanto a un buen relleno.

A pesar de la bondad inicialmente prevista del relleno, la necesidad de situar en explotación a la terminal de forma inmediata tras su construcción y el hecho de que se prevé la realización de un firme definitivo, hace imprescindible el planteamiento de un tratamiento de consolidación del relleno.

De acuerdo con la experiencia conseguida con otros dragados en materiales similares del Puerto de Castellón, se adopta un talud para el dragado en zanja de 3H:1V.

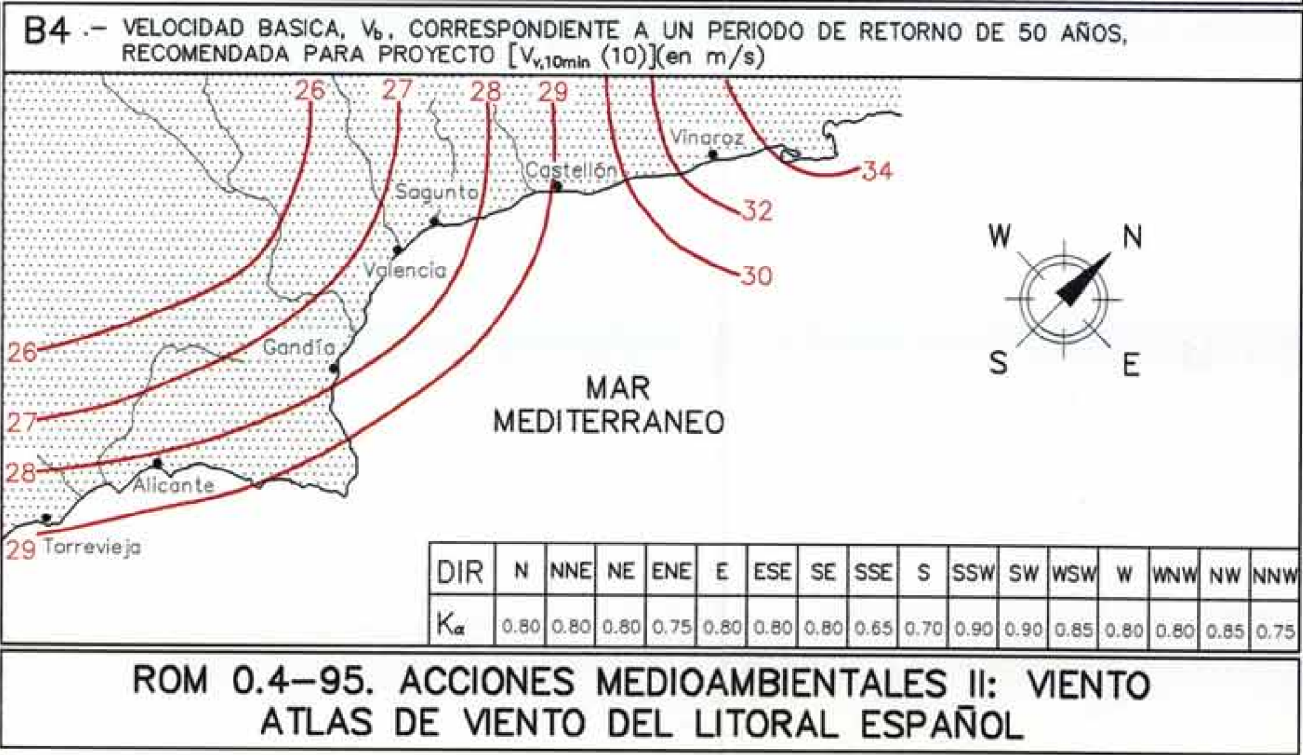


Tabla 2: Gráfica de atlas de viento del litoral español, ÁREA VII (ROM 04-95)

5.CONDICIONES AMBIENTALES

A continuación se tratan las condiciones ambientales consideradas en el Proyecto en relación a viento, mareas, oleaje, corriente y sismo.

5.1 VIENTOS

La ROM 0.4-95 sitúa el Puerto de Castellón dentro del área VII donde la dirección reinante y dominante del viento es la SW.

En condiciones extremas la velocidad básica del viento correspondiente a un periodo de retorno de 50 años resulta ser:

$V_{v,10min}(10) = 29\text{ m/s}$

5.2 MAREAS

El Puerto de Castellón se considera como no afectado por situaciones de marea astronómica significativa, debido a la escasa variación del nivel del mar en la zona.

5.3 CORRIENTES

Se considera inapreciable la afección de las corrientes para el diseño de la obra, ya que se trata de una obra abrigada.

5.4 OLAJE

El muelle objeto del proyecto se encuentra situado en una zona abrigada por lo que no se consideran los posibles efectos debidos al oleaje.

5.5 EFECTO SÍSMICO

Para la obra que se proyecta no resulta de obligado cumplimiento la aplicación de la *Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR- 02)*, puesto que se trata de una obra de normal importancia localizada en una zona con aceleración sísmica básica menor a 0,04g.

6.BUQUE DE CÁLCULO

Es necesario para realizar el dimensionamiento de las obras de atraque y amarre , así como para establecer las condiciones de utilización de la instalación , la definición de los parámetros representativos del buque de proyecto.

Los parámetros representativos son: la tipología del buque, sus parámetros geométricos de capacidad y características de operatividad y maniobrabilidad.

El buque de mayor capacidad que se espera atracará en este muelle de la *Dársena Sur del Puerto de Castellón* será un buque **Super Post PANAMAX**. Las características de este buque portacontenedores se muestran a continuación:

BUQUE SUPER POST PANAMAX	
Eslora Total (L)	350 m
Calado Máximo (D)	15 m
Manga (B)	42 m
Capacidad	9000 TEUs
Eslora entre perpendiculares (Lpp)	320 m
Desplazamiento	173.577 t
Puntal (T)	25,2 m
Francobordo (G)	10,2 m
Área frontal expuesta	1373,4 m2
Área lateral expuesta	7104 m2

Tabla 3: Dimensiones buque Super Post PANAMAX

7.ESTRUCTURA DE CAJONES. VALORACIÓN DE ACCIONES

7.1 CARGAS PERMANENTES

El valor característico se obtendrá aplicando a las dimensiones reales de los distintos elementos los pesos específicos correspondientes.

- Peso específico del hormigón:
 - Hormigón armado: $\gamma_s = 2,50 \text{ t/m}^3$
 - Hormigón en masa: $\gamma_s = 2,30 \text{ t/m}^3$

- Peso específico del relleno:

Se utilizará como relleno de celdas de cajones un material de peso específico de las partículas 2,65 t/m3 y porosidad 35%, bastante normal en un relleno vertido y sin compactar.

- $\gamma_s = 2,65 \text{ t/m}^3$
- $n = 35\%$
- $\gamma_d = 2,65 \times (1-0,35) = 1,72 \text{ t/m}^3$
- $e = 0,35/(1-0,35) = 0,54$
- $\gamma_{sat} = (2,65 + 0,54 \cdot 1,025) / (1 + 0,54) = 2,08 \text{ t/m}^3$
- $\gamma_{sum} = 2,08-1,025 = 1,06 \text{ t/m}^3$

7.2 CARGAS VARIABLES

7.2.1 .CARGAS HIDRÁULICAS

Tal como quedó reflejado en el punto anterior, se toman las siguientes situaciones del nivel de agua como valores de cálculo:

- Intradós: $\pm 0,00 \text{ m}$
- Trasdós: $\pm 0,00 \text{ m}$

7.2.2.CARGAS DEL TERRENO

Para el material del trasdós del muro de cajones se utilizará un relleno seleccionado con un ángulo de rozamiento interno $\varphi = 35,0^\circ$ y una cohesión $c = 0$, según valores obtenidos de la tabla 3.4.2.2.9. de la ROM 0.2-90.

El ángulo de rozamiento terreno-estructura, de acuerdo con la tabla 3.7.1. de la ROM 0.5-94,para el muro de cajones de hormigón:

$\delta = 2/3$

$\varphi = 23,33^\circ$

Por tanto el coeficiente de empuje activo para $\delta = 90^\circ$ y $\beta = 0^\circ$ (tabla 3.4.2.2.2. de la ROM 0.2-90) en el caso de cajones:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(90^\circ + 35^\circ)}{\text{sen}(90^\circ - 23,33^\circ) * \text{sen}^2(90^\circ) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(35^\circ + 23,33^\circ) * \text{sen}(35^\circ - 0^\circ)}{\text{sen}(90^\circ - 23,33^\circ) * \text{sen}(90^\circ - 0^\circ)}} \right]^2} = 0,244$$

Las densidades a considerar serán:

- $\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3$
- $\gamma_{sat} = 2,10 \text{ t/m}^3$
- $\gamma_{sum} = 1,10 \text{ t/m}^3$

7.2.3.CARGAS DE ESTACIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE MERCANCÍAS

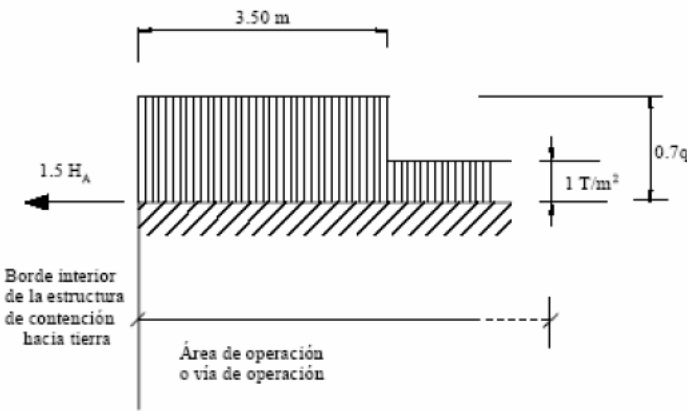
El muelle proyectado tendrá un uso de tráfico de contenedores con carga, descarga y almacenamiento y manipulación de mercancía general dispuesta en contenedores.

La superficie ganada al mar está previsto que sea utilizada como explanada de almacenamiento de mercancía contenerizada.

La ROM 0.2-90 en su tabla 3.4.2.3.1.3. establece una sobrecarga de 3,00 t/m2 para el área de operación en el caso de uso comercial de contenedores. Para el área de almacenamiento, la sobrecarga es de 6,00 t/m2

En cuanto a los equipos de manipulación, la ROM 0.2-90 observa unos trenes mínimos de carga que para el caso de contenedores es de A1, A2, A4, B2 y B5 (tabla 3.4.2.3.2.5). Los trenes A corresponden a rodadura de

equipos sobre carriles, mientras que los trenes B corresponden a rodadura de equipos sobre orugas o neumáticos.



	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
q (t/m²)	14	12	3	4	2,5	1,5	1,5
H_A (T/m)	1	0,9	0,25	0,3	0,2	0,12	0,12

Tabla 4: tabla 3.4.2.3.2.5 de la ROM 0.2-90

7.2.4.3 CARGAS DE MANIPULACIÓN NO RESTRINGIDA

En el cálculo de orugas (trenes no restringidos) en muelles de cajones se utilizarán las simplificaciones reflejadas en la página 171 de la ROM 02-90 , las sobrecargas utilizadas para cada hipótesis se desarrollan en el Anejo nº6 Estabilidad del muelle.

7.2.4.4 CARGAS DE MANIPULACIÓN RESTRINGIDA

En el cálculo de los equipos de manipulación restringida (tipo A), se han tenido en cuenta las solicitaciones provocadas por la grúa cuyo tamaño corresponde a la del buque de diseño.

Para la carga y descarga de contenedores de los buques se toma como referencia la grúa de dimensiones Super Post PANAMAX de la table 4.6.4.2.1. de la ROM 2.0-11, cuyas características son las siguientes :

Carga mayor pata de la grúa	48,16 t/m
Distancia pata delantera al cantil	2,50 m
Carga menor pata de la grúa	28,90 t/m2
Distancia entre patas de grúa	32 m
Distancia pata trasera al trasdós del muelle	20,12 m
Componente horizontal de la grúa	7,22 t/m

7.2.4.5 ACCIONES DE AMARRE

Se consideran acciones de amarre según la ROM 2.0-11 las cargas transmitidas por el buque a la estructura de atraque y amarre cuando permanece en el puesto de atraque amarrado. Dicha transmisión de cargas se realiza a través del contacto directo entre el buque y e sistema de atraque (defensas y bolardos).

Para el cáculo de las cargas de amarre se han utilizado los resultados de la carga del bolardo obtenidos en el Anejo N°8 Defensas y bolardos :

Tiro de bolardo	5,92 t/m
Inclinación respecto de la horizontal del tiro del bolardo	0º
Distancia al al punto de vuelco del muelle	0,50 m

8.CRITERIOS DE MANIPULACIÓN DE ACCIONES

Para el cálculo de estabilidad de las distintas estructuras se atenderá a lo dispuesto en el punto 4.2. de la ROM 0.2-90. Los valores de ψ_i se tomarán igual a 1,00 de acuerdo con el punto 3.3.3.2. de la ROM 0.5-94. Los valores de ψ_i se tomarán del punto 3.2.3.2. de la ROM 0.2-90.

ACCIÓN	ψ_0
Q_H - Cargas Hidráulicas	1,00*
Q_T - Cargas del Terreno	1,00
Q_V - Cargas Variables de Uso o Explotación	0,70
Q_M - Cargas Medioambientales	0,70
Q_D - Cargas de Deformación	1,00
Q_C - Cargas de Construcción	1,00

Tabla 5: Tabla 3.2.3.2. de la ROM 0.2-90

9. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

9.1 COMPROVACIÓN DE MUELLES DE GRAVEDAD

Para la verificación de los distintos modos de fallo del muelle se han empleado los procedimientos que se incluyen en la ROM 05-94 , debido a que simplifican notablemente el proceso de cálculo de los mismos.

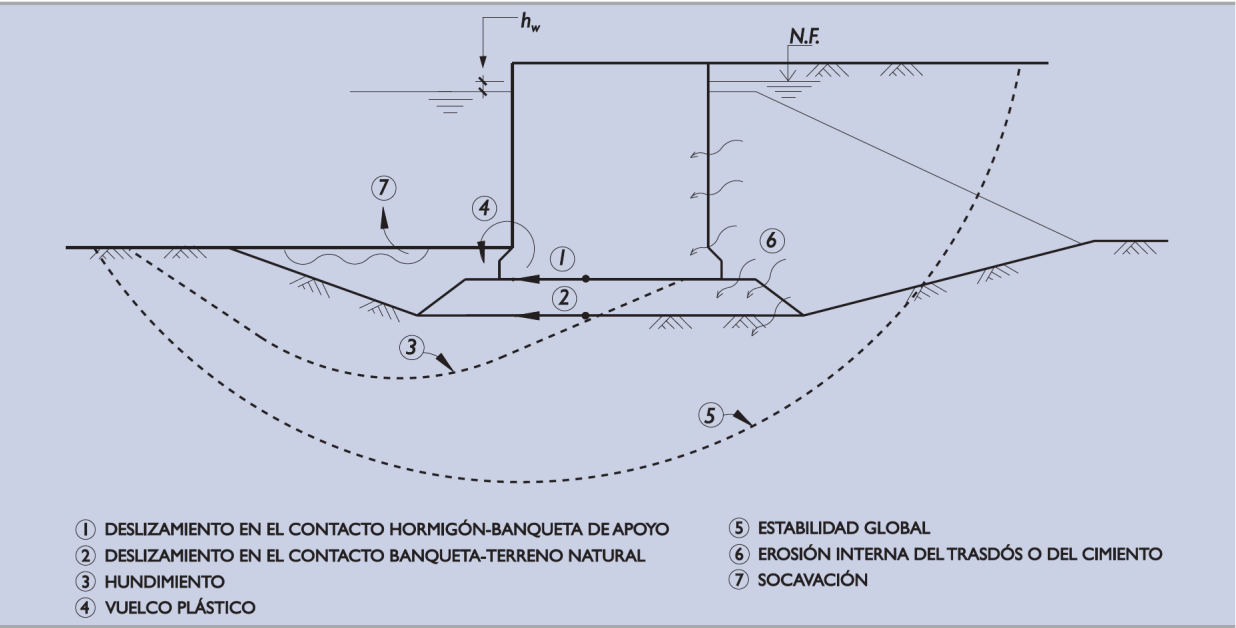


Tabla 6: tabla 4.2.3. de la ROM 0.5-94

9.1.1 CONDICIONES ORDINARIAS Y DE LARGO PLAZO

9.1.1.1.- Deslizamiento

- Hr: Carga horizontal de rotura
- H: Carga horizontal actuante
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento: $F_d \geq 1,5$

9.1.1.2.- Vuelco en arista exterior

- Me: Momento estabilizador
- Mv: Momento volcador
- Coeficiente de seguridad al vuelco en arista: $\eta \geq 1,5$

9.1.1.3.- Presiones sobre el cimiento y carga de hundimiento

Suponiendo una distribución trapezoidal o triangular en la base del muro .

Se comprobará que la cimentación tiene un **coeficiente de seguridad de 3,0** ó superior respecto al hundimiento, utilizando la fórmula de *Brinch-Hansen (ROM 0.5-94)*.

9.1.1.4.- Deslizamiento profundo

El cálculo de la estabilidad del muelle frente a deslizamiento profundo no se ha realizado, debido a que los otros 3 modos de fallos demuestran que la estructura cumple holgadamente las coeficientes mínimos y no se considera dentro del alcance del presente proyecto el cálculo del hundimiento profundo del muelle de la terminal.

9.1.2 CONDICIONES EXTRAORDINARIAS Y DE CORTO PLAZO

9.1.2.1.- Deslizamiento

- Hr: Carga horizontal de rotura
- H: Carga horizontal actuante
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento: $F_d \geq 1,5$

9.1.2.2.- Vuelco en arista exterior

- Me: Momento estabilizador
- Mv: Momento volcador
- Coeficiente de seguridad al vuelco en arista: $\eta \geq 1,5$

9.1.2.3.- Presiones sobre el cimiento y carga de hundimiento

Suponiendo una distribución trapezoidal o triangular en la base del muro .

Se comprobará que la cimentación tiene un **coeficiente de seguridad de 3,0** ó superior respecto al hundimiento, utilizando la fórmula de *Brinch-Hansen (ROM 0.5-94)*.

9.1.2.4.- Deslizamiento profundo

El cálculo de la estabilidad del muelle frente a deslizamiento profundo no se ha realizado, debido a que los otros 3 modos de fallos demuestran que la estructura cumple holgadamente las coeficientes mínimos y no se considera dentro del alcance del presente proyecto el cálculo del hundimiento profundo del muelle de la terminal.

10. HORMIGONES

Se estará a lo dispuesto en la norma EHE-08.

Para el hormigón armado se considera un tipo de ambiente IIIb+Qb, de acuerdo con la nomenclatura reflejada en el artículo 8.2.3.de la EHE. Según la tabla 37.3.2.b. de la citada normativa la resistencia mínima compatible con los requisitos de durabilidad resulta ser de 30 N/mm² . Por tanto se adopta un hormigón armado tipo HA-30.

Para el hormigón en masa, excepto para el hormigón sumergido, se adopta un tipo de ambiente I+Qb, por lo que, según la citada tabla 37.3.2.b., se adopta también una resistencia mínima de 30N/mm², esto es, un hormigón HM-30.

Para el acero se dispone el denominado B 500 S, con un límite elástico no menor de 500N/mm² .

Los coeficientes parciales de seguridad de los materiales para estados límites últimos se toman de la tabla 15.3 de la EHE, y resultan ser los siguientes:

Hormigón (γ_c)	Acero (γ_s)
1,50	1,15

Así pues, se tomarán los siguientes valores para el cálculo:

- $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \approx 350 \text{ kg/cm}^2$
- $f_{cd} = 35 / 1,5 = 23,3 \text{ N/mm}^2 \approx 233 \text{ kg/cm}^2$
- $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 = 5000 \text{ kg/cm}^2$
- $f_{yd} = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 \approx 4350 \text{ kg/cm}^2$

11. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

A continuación se resumen las características de los materiales y terrenos que intervienen en las obras objeto de este proyecto.

11.1. HORMIGÓN

Densidad del hormigón armado	$\gamma_s = 2,50 \text{ t/m}^3$
Densidad del hormigón en masa	$\gamma_s = 2,50 \text{ t/m}^3$

11.2. RELLENO DE CELDAS

Densidad seca	$\gamma_d = 1,72 \text{ t/m}^3$
Densidad saturada	$\gamma_{sat} = 2,08 \text{ t/m}^3$
Densidad sumergida	$\gamma_{sum} = 1,06 \text{ t/m}^3$
Ángulo de rozamiento interno	30°

11.3. RELLENO GENERAL

Densidad seca	$\gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3$
Densidad saturada	$\gamma_{sat} = 2,10 \text{ t/m}^3$
Densidad sumergida	$\gamma_{sum} = 1,10 \text{ t/m}^3$
Ángulo de rozamiento interno	30°

11.4. ESCOLLERA EN CIMIENTOS

Densidad seca	$\gamma_d = 1,80 \text{ t/m}^3$
Densidad saturada	$\gamma_{sat} = 2,10 \text{ t/m}^3$
Densidad sumergida	$\gamma_{sum} = 1,10 \text{ t/m}^3$
Ángulo de rozamiento interno	45°
Coef. de rozamiento escollera-horm	0,7

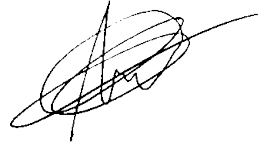
12. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para la redacción del presente Proyecto se han utilizado las siguientes Normas y Recomendaciones:

- R.O.M. 0.2-90* : Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias.
- R.O.M 0.5-94*: Recomendaciones geotécnicas para el proyecto de obras marítimas y portuarias.
- R.O.M. 4.1-94*: Recomendaciones para el proyecto de construcción de pavimentos portuarios.
- R.O.M. 3.1-99*: Proyecto de configuración marítima en puertos, canales de acceso y áreas de flotación.
- R.O.M. 0.4-95*: Acciones climáticas II
- ROM 2.0-11*: Recomendaciones para el Proyecto y Ejecución en Obras de Atraque y Amarre.
- EHE-08: Instrucción de hormigón estructural.
- AE-95: Norma de acciones en edificación.
- NTE: Normas tecnológicas de la edificación.
- NCSR-02: Norma de Construcción Sismorresistente.
- EFHE-2002: Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados .

Valencia, Junio 2.015

AUTOR DEL PROYECTO

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' followed by 'Arzo Martí'.

Fdo. Roberto Arzo Martí