

ANEJO 10:
CÁLCULO Y
DIMENSIONAMIENTO DEL
MUELLE

ÍNDICE

1	Objeto.....	5
2	Secciones tipo.....	5
3	Área de operación y almacenamiento.	7
4	Características de los materiales.....	7
5	Estado Límite Último (ELU)	8
5.1	Combinación de acciones.....	8
5.2	Coeficientes de ponderación parciales de las acciones	9
5.3	Coeficientes de compatibilidad.....	9
6	Acciones de cálculo	9
6.1	Metodología de cálculo.....	9
6.1.1	Verificación de la seguridad frente al deslizamiento	10
6.1.2	Verificación de seguridad frente al vuelco.....	11
6.2	Relación de cargas que se consideran en los cálculos	12
6.2.1	Cargas gravitatorias.....	13
6.2.2	Cargas hidrostáticas	13
6.2.3	Cargas terreno.....	14
6.2.4	Agentes de uso y explotación.....	17
6.3	Acciones resultantes	20

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 10.1. Sección tipo muelle zona servicios.....	5
Ilustración 10.2. Sección tipo muelle zona de amarres I	6
Ilustración 10.3. Sección tipo muelle zona de amarres II	6
Ilustración 10.4. Área de almacenamiento y operación portuaria. Fuente ROM 2.0-11.....	7
Ilustración 10.5. Coeficientes de ponderación parciales para la verificación de modos de fallo ELU. Tabla 3.3.2 de la ROM 0.5-05.....	9
Ilustración 10.6. Coeficiente de compatibilidad básico. Fuente ROM 0.0-01. Tabla 5.5	9
Ilustración 10.7. Modos de fallo. Fuente ROM 0.5-05	10
Ilustración 10.8. Comprobación de seguridad frente al vuelco	12
Ilustración 10.9. Representación del empuje hidrostático.	14
Ilustración 10.10. Empujes activos. Teoría de Coulomb	15
Ilustración 10.11. Esquema empujes del terreno.	17
Ilustración 10.12. Valores nominales mínimos de las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento en obras de atraque y amarre. ROM 2.0-11	18
Ilustración 10.13. Configuración y valores característicos de las cargas transmitidas por grúas portuarias móviles. Fuente ROM 2.0-11.	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 10.1. Coeficiente de seguridad mínimos frente al deslizamiento horizontal.....	11
Tabla 10.2. Coeficiente de seguridad mínimo frente al vuelco plástico.	12
Tabla 10.3. Cargas gravitatorias	13
Tabla 10.4. Cargas hidrostáticas.....	14
Tabla 10.5. Cargas del terreno	16
Tabla 10.6. Combinación de acciones del muelle de servicios	20
Tabla 10.7. Comprobación frente al deslizamiento del muelle de servicios.	20
Tabla 10.8. Combinación frente al vuelco del muelle de servicios.	20
Tabla 10.9. Combinación de acciones del muelle de amarres I	21
Tabla 10.10. Comprobación de estabilidad al deslizamiento y al vuelco del muelle de amarres I	21
Tabla 10.11. Combinación de acciones del muelle de amarres II.	22
Tabla 10.12. Comprobación de estabilidad al deslizamiento y al vuelco del muelle de amarres II	22

1 OBJETO

El objeto del siguiente anejo es el de realizar el dimensionamiento y el cálculo de los muelles del puerto de El Perelló frente al deslizamiento y el vuelco.

A partir de las características de los materiales y de las acciones existentes sobre el muelle, se comprueba la estabilidad de los muelles en las hipótesis más desfavorables, según los métodos de cálculo que indican las ROM 0.2-90 "Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias", ROM 2.0-11 "Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre" y ROM 0.5-05 "Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas y Portuarias".

2 SECCIONES TIPO

Debido a que tenemos diferentes calados alrededor del puerto, se van a diferencia tres secciones tipo de muelle. Los localizaremos mediante los siguientes nombres: *Muelle de servicios*, *Muelle de amarres I* y *Muelle de amarres II*. La sección que se plantea para todos los muelles es la misma, muelle de gravedad mediante tres bloques de hormigón, conteniendo los rellenos en su trasdós.

El *Muelle de servicios* está compuesto por tres bloques de hormigón con las siguientes dimensiones:

- Bloque 1: 3,00 x 1,20 metros
- Bloque 2: 4,00 x 1,50 metros
- Bloque 3: 5,00x 1,70 metros.

Los bloques se asientan sobre una capa de enrase a la cota -3,50 para nivelar el apoyo en la banqueta de escollera de 1 metro de profundidad. Los bloques coronan a la cota +0,90 metros y la superestructura del muelle corona a la cota +1,20 metros, como el resto de los muelles.

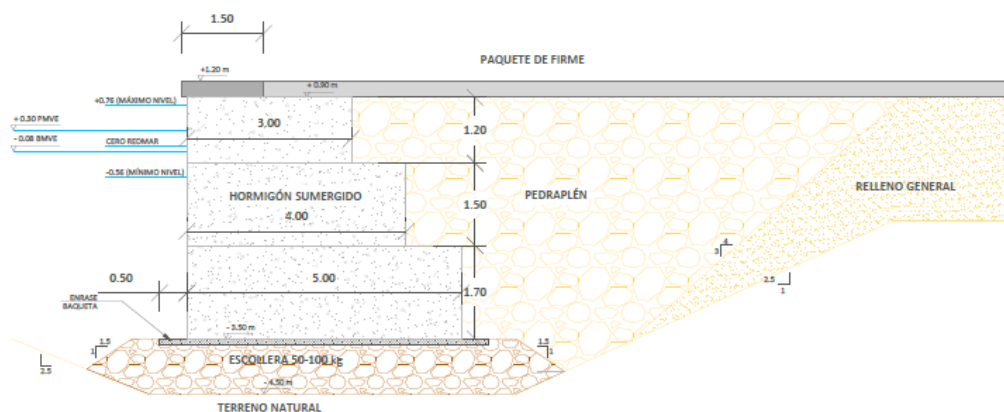


Ilustración 10.1. Sección tipo muelle zona servicios

El *Muelle de amarres I* está compuesto por tres bloques de hormigón con las siguientes dimensiones:

- Bloque 1: 3,00 x 1,20 metros
- Bloque 2: 4,00 x 1,20 metros
- Bloque 3: 5,00 x 1,50 metros

ANEJO 10: CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE

Los bloques se asientan sobre una capa de enrase a la cota -3,00 metros para nivelar el apoyo de la banqueta de escollera de 1 metro de profundidad. Al igual que la sección anterior, los bloques coronan a la cota +0,90 metro y el muelle a la +1,20 metros.

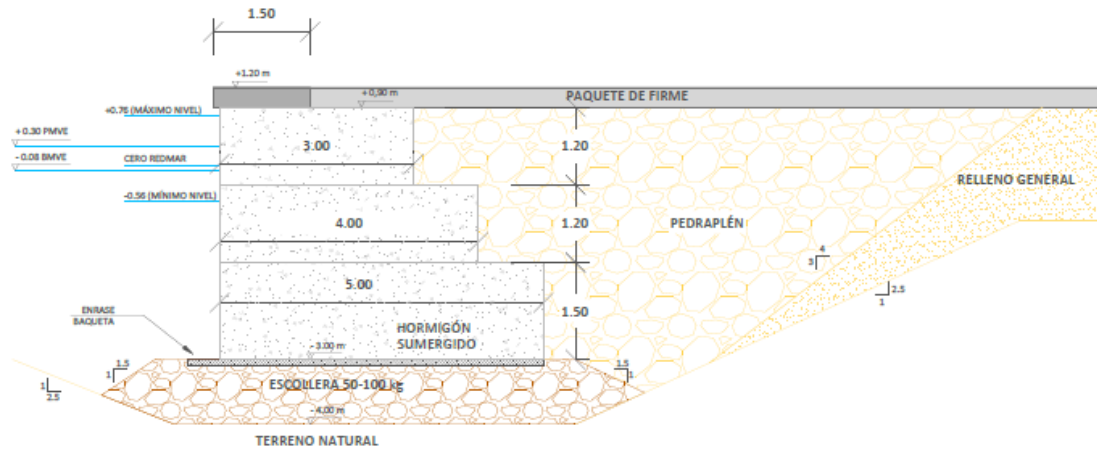


Ilustración 10.2. Sección tipo muelle zona de amarres I

El Muelle de amarres II está compuesto por tres bloques de hormigón con las siguientes dimensiones:

- Bloque 1: 2,00 x 1,00 metros
- Bloque 2: 2,50 x 1,20 metros
- Bloque 3: 3,00 x 1,20 metros

Los bloques se asientan sobre una capa de enrase a la cota -2,50 metros para nivelar el apoyo en la banqueta de escollera de 1 metro de profundidad.

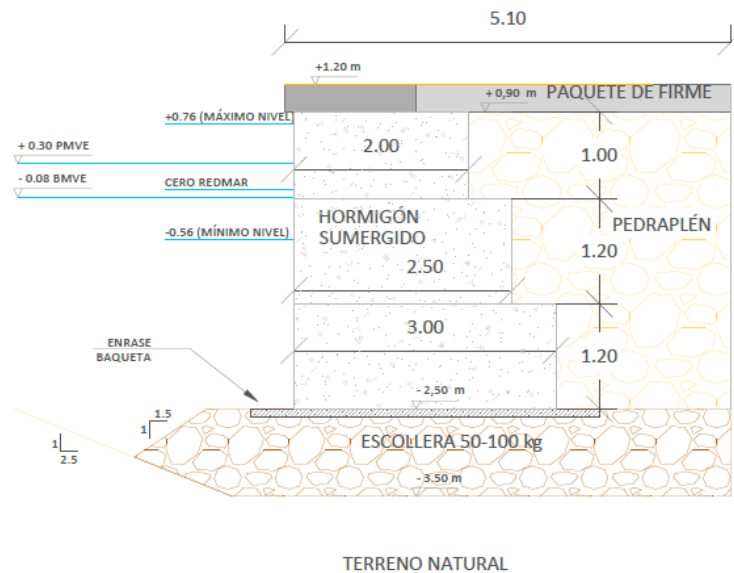


Ilustración 10.3. Sección tipo muelle zona de amarres II

3 ÁREA DE OPERACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

En un puerto náutico-deportivo no se necesita tanto espacio como el que se necesita en un puerto comercial para realizar las operaciones de carga y descarga de mercancía, tampoco existen grandes grúas que necesiten una anchura considerable. Por lo tanto, se adoptará una anchura de 15 metros para el área de operación en el muelle de servicios y el resto se destinará a área de almacenamiento, únicamente, en el muelle de servicios.

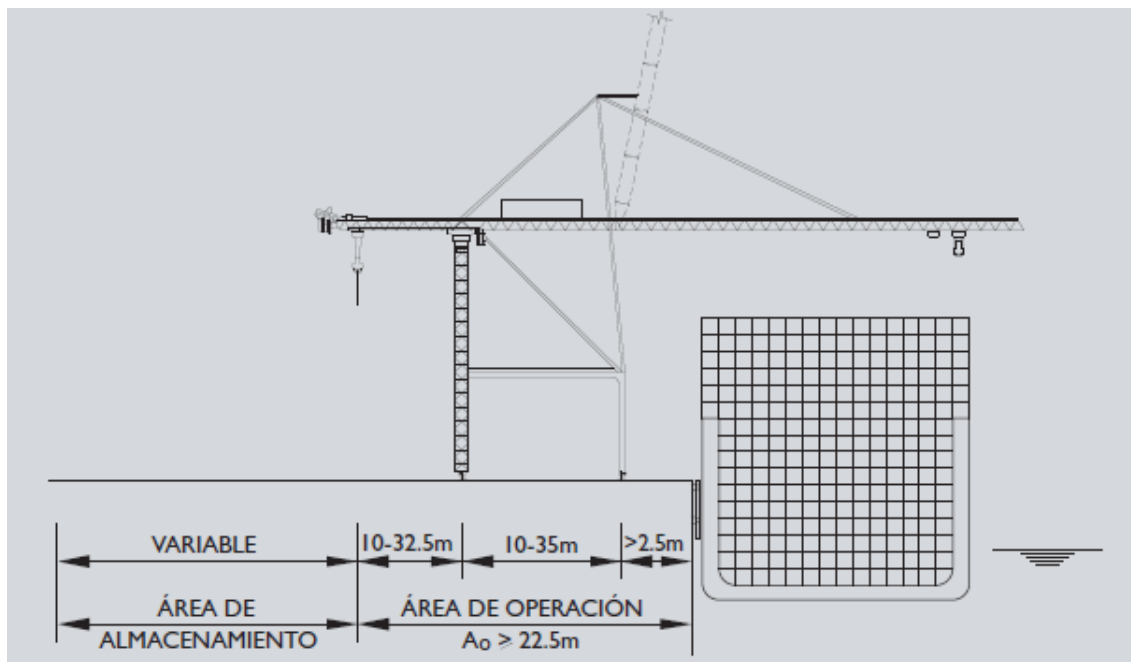


Ilustración 10.4. Área de almacenamiento y operación portuaria. Fuente ROM 2.0-11

En el resto del puerto, al tener los pantalanos como elementos de atraque de las embarcaciones deportivas, solo se necesita el ancho correspondiente para la circulación de las personas y no se considera el área de operación al uso.

4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Las características de los materiales considerados en los cálculos son:

- **Escollera de cimentación en banquetta**

Densidad seca	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Densidad saturada	$\gamma_s = 21 \text{ kN/m}^3$
Ángulo de rozamiento interno	$\phi = 40^\circ$
Coeficiente de rozamiento cajón-escollera	$\mu = 0,7$

- **Hormigones**

Densidad media del hormigón armado	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
------------------------------------	------------------------------

Densidad media del hormigón en masa $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$

- **Relleno en el trasdós del muelle**

Densidad seca $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Densidad saturada $\gamma_s = 21 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de rozamiento interno $\phi = 40^\circ (\delta = 2/3 \cdot \phi)$

- **Relleno general**

Densidad seca $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Densidad saturada $\gamma_s = 21 \text{ kN/m}^3$

Ángulo de rozamiento interno $\phi = 30^\circ$

5 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (ELU)

Los Estados Límite Últimos son aquellos estados que producen la ruina por rotura o colapso estructural de la obra o de parte de ella. A efecto de ordenar los cálculos geotécnicos, la *ROM 0.5-05* clasifica los posibles modos de fallo de la siguiente forma:

- EQU: Pérdida de equilibrio estático.
- STR: Agotamiento de algún elemento estructural de la cimentación
- GEO: Rotura del terreno
- UPL: Fallos debidos al exceso de presión de agua
- HYD: Fallos ocasionados por la filtración de agua en el terreno.

5.1 COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para la verificación de la seguridad a Estados Límite Últimos se va a emplear la combinación fundamental o característica que establece la *ROM 0.5-05*. Esta combinación toma en consideración la actuación simultánea de varias acciones variables con valores compatibles en la ocurrencia del modo de fallo y sus acciones directamente dependientes de la misma intervienen con su valor característico; y el resto de las acciones variables simultáneas y compatibles con sus valores de combinaciones fundamentales, que se obtienen multiplicando los valores nominales o característicos de las mismas por un factor de compatibilidad ψ_0 . Esta combinación se puede representar por la fórmula siguiente:

$$\gamma_g \cdot G + \gamma_{q,1} \cdot Q_1 + \sum \psi_{0,i} \cdot \gamma_{q,i} \cdot Q_i$$

Donde:

- G = acciones permanentes.
- Q_1 = acción variable principal o predominante en la ocurrencia del modo de fallo y acciones variables de actuación simultánea directamente dependiente de la predominante.
- Q_i = otras acciones variables de actuación simultánea.

- $\Psi_{0,i}$ = coeficiente de compatibilidad fundamental o característico.
- γ_g, γ_q = coeficientes de ponderación parcial.

5.2 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN PARCIALES DE LAS ACCIONES

Los coeficientes de ponderación parciales de las acciones para la verificación de modos de fallo adscritos a Estados Límite Últimos son:

Acción	Símbolo	Tipo de modo de fallo				
		EQU	STR	GEO	UPL	HYD
Permanente						
Desfavorable	γ_g	1,10	1,35	1,00	1,00	1,35
Favorable		0,90	1,00	1,00	0,90	0,90
Variable						
Desfavorable	γ_q	1,50	1,50	1,30	1,50	1,50
Favorable		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ilustración 10.5. Coeficientes de ponderación parciales para la verificación de modos de fallo ELU. Tabla 3.3.2 de la ROM 0.5-05

5.3 COEFICIENTES DE COMPATIBILIDAD

Según establece en la Tabla 5.5 de la ROM 0.0-01, los coeficientes de compatibilidad básico que se deben de emplear son los siguientes:

	fundamental		frecuente		cuasipermanente
Origen	Ψ_p^0	Ψ^0	Ψ_p^1	Ψ^2	Ψ^2
Gravitatorio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Medio físico	1.0	0.7	0.3	0.2-0.0	0.2-0.0*
Terreno	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Uso y Explotación	1.0	0.7	0.6	0.5-0.0	0.5-0.0*
del Material	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Construcción	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Ilustración 10.6. Coeficiente de compatibilidad básico. Fuente ROM 0.0-01. Tabla 5.5

6 ACCIONES DE CÁLCULO

6.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Las acciones de cálculo se determinan conforme a la metodología que se indica en la ROM 0.2-90 "Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias". También se emplean las indicaciones que se reflejan en la ROM 2.0-11 "Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre".

La estabilidad frente al deslizamiento superficial en el contacto hormigón-banqueta y la estabilidad frente al vuelco se comprueba según los métodos expuestos en la ROM 0.5-05 "Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias".

La metodología de cálculo utilizada y los coeficientes de seguridad requeridos para cada una de las comprobaciones son las que se reflejan en los siguientes apartados.

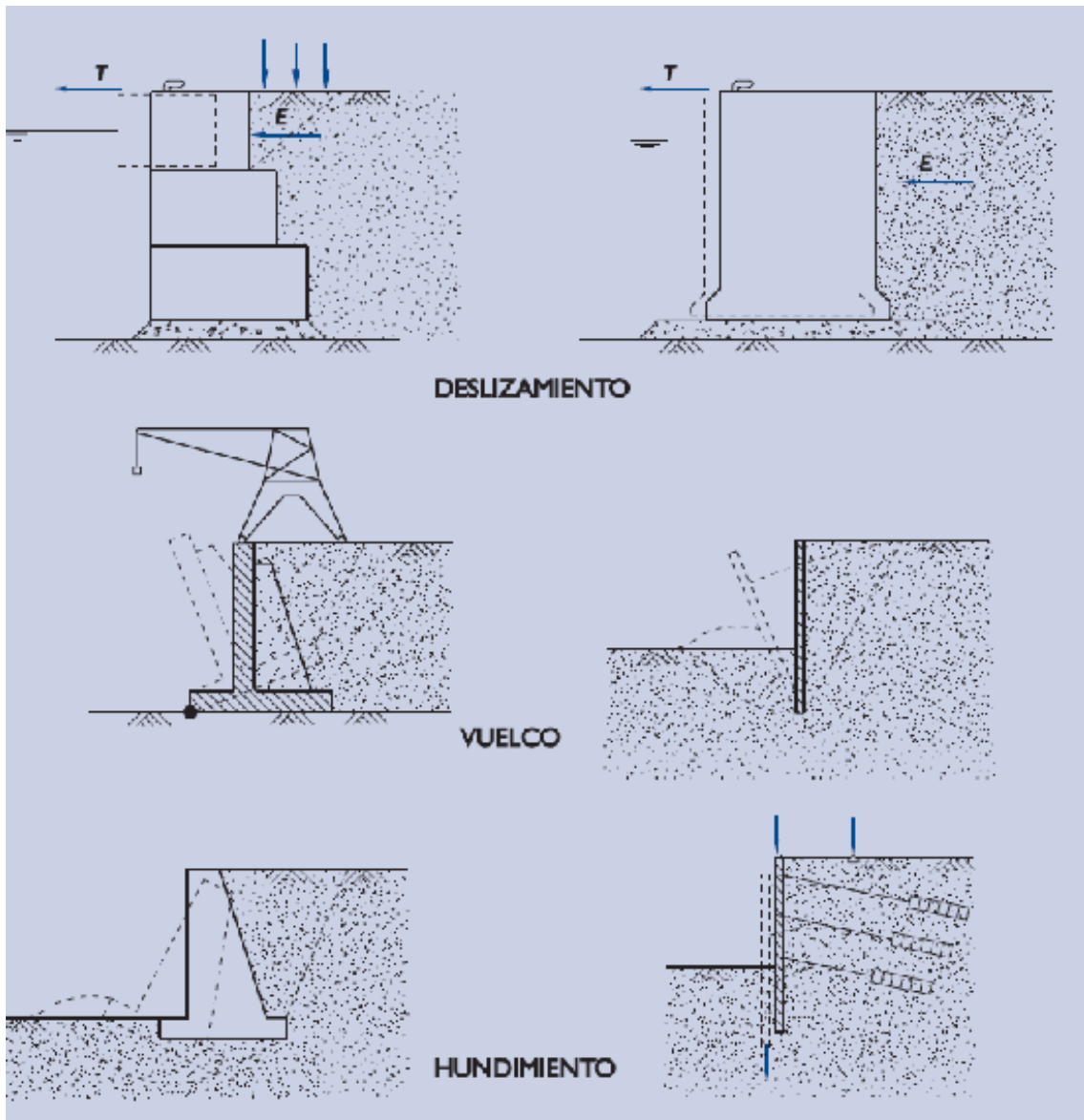


Ilustración 10.7. Modos de fallo. Fuente ROM 0.5-05

6.1.1 Verificación de la seguridad frente al deslizamiento

Según se establece en el apartado 3.5.5 “Verificación de la seguridad frente al deslizamiento” de la ROM 0.5-05, la seguridad frente al deslizamiento se considera suficiente cuando se verifica:

$$F \leq \frac{H_{rotura}}{H}$$

Donde:

- H = carga horizontal actuante
- H (rotura) = carga horizontal que produce la rotura
- F = coeficiente de seguridad

Los valores mínimos que recomienda la ROM 0.5-05 para el coeficiente de seguridad a deslizamiento de un muelle de gravedad son:

Tabla 10.1. Coeficiente de seguridad mínimos frente al deslizamiento horizontal.

Tipo de combinación	Coeficiente de seguridad al deslizamiento
Cuasi-Permanente, F_1	1,5
Fundamental, F_2	1,3
Accidental o Sísmica, F_3	1,1

La fuerza horizontal que es capaz de hacer deslizar el cimientto sobre su plano de contacto con el terreno se puede estimar mediante la expresión:

$$H_{rotura} = V \cdot \operatorname{tg} \phi + a \cdot S + (E_p - E_a) + R_c$$

Donde:

- V = carga vertical efectiva.
- ϕ = ángulo de rozamiento del contacto del elemento de cimentación con el terreno.
- a = adhesión cimientto-estructura.
- S = superficie de apoyo.
- E_p = empuje pasivo en la profundidad D (cara frontal que se opone al deslizamiento).
- E_a = empuje activo en la profundidad D (cara trasera).
- R_c = otras posibles resistencias del contorno de los alzados laterales del cimientto.

En este proyecto se va a omitir la presencia de otras posibles resistencias del contorno de los alzados laterales del cimientto, R_c

En las cimentaciones de hormigón in situ sobre escollera, se va a suponer, por falta de información $\phi = 40^\circ$ ($\mu = \operatorname{tg} \phi = 0,84$). Además, los términos de la adhesión cimientto estructura, la ROM la considera nula ante este caso.

Por lo tanto, la fuerza horizontal que es capaz de provocar el deslizamiento del cimientto sobre su plano de contacto con el terreno es:

$$H_{rotura} = 0,84 \cdot V + (E_p - E_a)$$

6.1.2 Verificación de seguridad frente al vuelco

Según se establece en el apartado 3.5.6 de la ROM 0.5-05, en las estructuras portuarias, cuando la resultante de las acciones sobre el terreno se acerca al borde del área de apoyo se puede producir una concentración de tensiones tal que provoque la rotura local (plastificación) en esa zona. El terreno cedería, la estructura se inclinaría e, incluso, si no hubiera otros elementos de sustentación que pudieran contener el movimiento, llegaría a producirse el vuelco con la consiguiente ruina de la obra.

El vuelco plástico recibe su adjetivo precisamente de la plastificación local que tiene lugar en el borde de la zona de apoyo cuando se produce este mecanismo de fallo.

El coeficiente de seguridad frente al vuelco plástico se define como:

$$F \leq \frac{M_{res}}{M_{vol}}$$

Donde:

- M_{res} = es el momento de la fuerza que provoca la rotura. Es el máximo momento resistente.
- M_{vol} = es el momento volcador de la fuerza horizontal

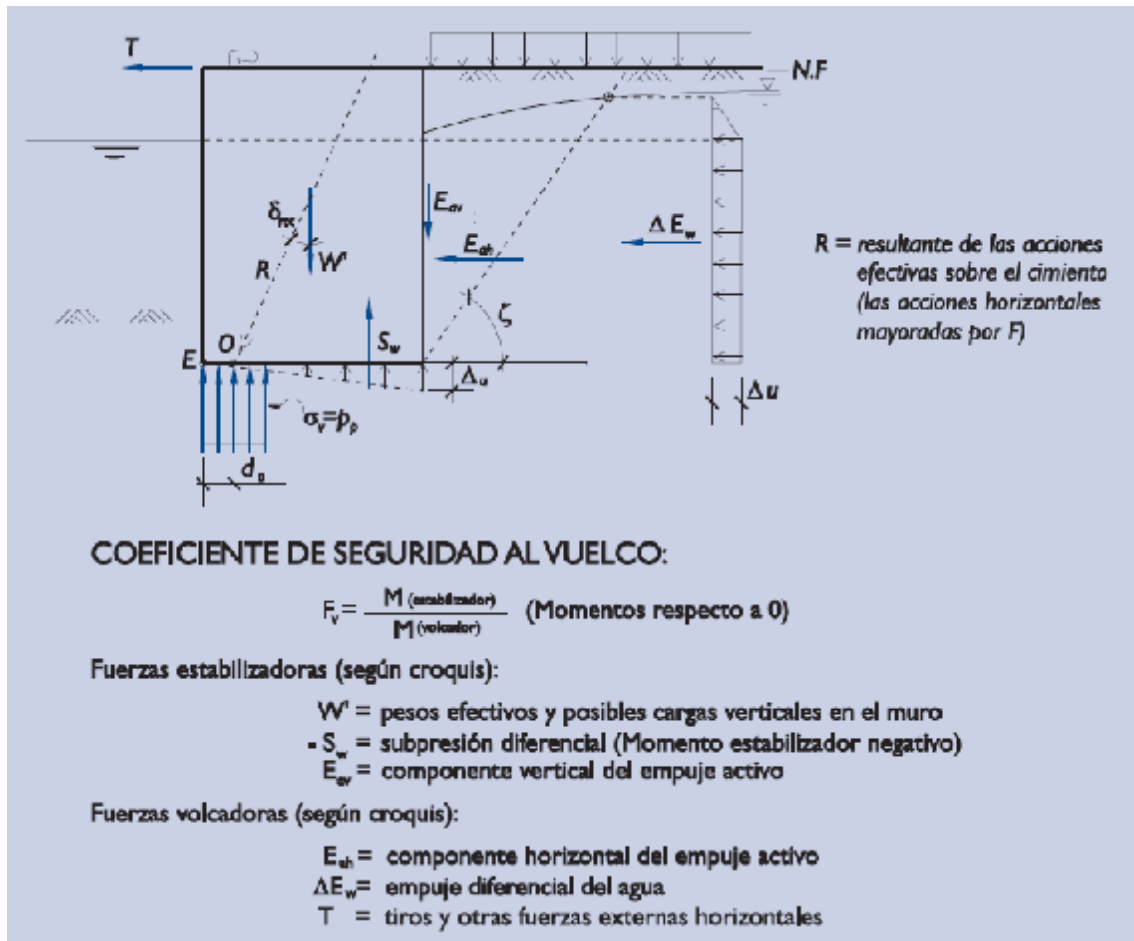


Ilustración 10.8. Comprobación de seguridad frente al vuelco

Los coeficientes de seguridad mínimos frente al vuelco plástico que establece la ROM 0.5-05 son:

Tabla 10.2. Coeficiente de seguridad mínimo frente al vuelco plástico.

Tipo de combinación	Coeficiente de seguridad al vuelco plástico
Cuasi-Permanente, F_1	1,5
Fundamental, F_2	1,3
Accidental o Sísmica, F_3	1,1

6.2 RELACIÓN DE CARGAS QUE SE CONSIDERAN EN LOS CÁLCULOS

Las cargas que se van a considerar para realizar el cálculo de estabilidad del muelle son:

- Cargas gravitatorias
 - Pesos propios
 - Pesos muertos
- Cargas del medio físico

- Hidrostáticas
- Viento
- Subpresiones
- Cargas del terreno
- Cargas de uso y explotación

En los siguientes apartados se detallarán cada una de ellas.

6.2.1 Cargas gravitatorias

El agente gravitatorio está asociado a la existencia de la gravedad terrestre ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$), pudiendo, en general, distinguirse dos tipos de acciones:

- Peso propio: cargas producidas por los pesos de los diferentes elementos estructurales
- Pesos muertos: pesos de los elementos no resistentes en sentido estructural, pero soportados o incluidos en la obra, tales como pavimentos, defensas, instalaciones fijas, rellenos, etc.

En esta situación tenemos las siguientes cargas:

Tabla 10.3. Cargas gravitatorias

MURO DE GRAVEDAD			
Densidad del hormigón en masa	23	kN/m ³	
Manga 1	3	m	
Puntal 1	1.2	m	
Manga 2	4	m	
Puntal 2	1.5	m	
Manga 3	5	m	
Puntal 3	1.7	m	
Peso específico	82.8	kN/m	
Peso específico	138	kN/m	
Peso específico	195.5	kN/m	
SUPERESTRUCTURA			
Densidad hormigón armado	25	kN/m ³	
Densidad mezclas bituminosas	24.5	kN/m ³	
Canto viga	0.3	m	
Ancho viga	1.5	m	
Ancho pavimento	15	m	
Peso específico viga	11.25	kN/m	
Peso específico pavimento	110.25	kN/m	

6.2.2 Cargas hidrostáticas

Las estructuras que están afectadas por la filtración del agua están sometidas, en sus paredes, a empujes de valor diferente al hidrostático.

Se realizará el cálculo de las cargas hidrostáticas considerando dos situaciones, por un lado, cuando el nivel del mar se encuentra en pleamar y, por otro lado, cuando el nivel del mar se encuentra en bajamar.

El empuje debido a la subpresión estática considera que los valores de la columna de agua existentes a ambos lados del muro del muelle se mantienen a lo largo de la base del muro. Se considera que existe una variación entre el nivel de las aguas exteriores y el nivel de saturación en rellenos de quince centímetros. Por lo tanto, en la base del muro se producirá una variación lineal de las tensiones, tal y como se indica en la *Ilustración 10.9*.

En la siguiente ilustración se muestra una representación simplificada de los que serían los empujes hidrostáticos a ambos lados del muro y la subpresión que se genera en la base del muro.

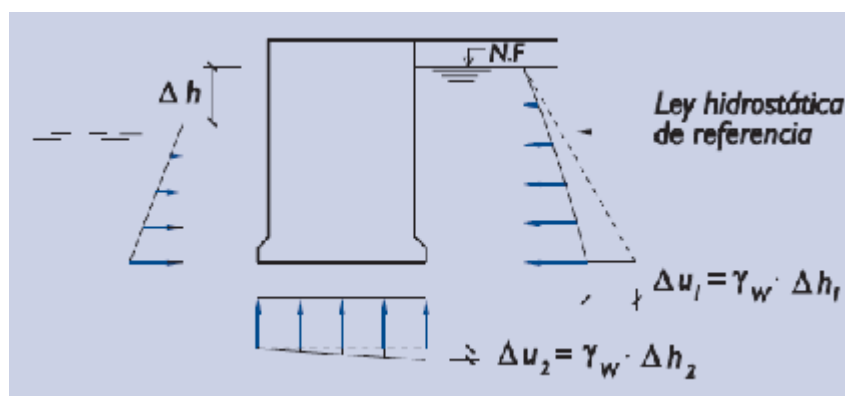


Ilustración 10.9. Representación del empuje hidrostático.

Con todas estas consideraciones, los valores de las cargas hidrostáticas que tenemos para ambas hipótesis son:

Tabla 10.4. Cargas hidrostáticas

HIDROSTÁTICAS					
Mínimo valor observado del agua	2.94	m	Densidad del agua	10.25	kN/m ³
Máximo valor observado	4.26	m	Desnivel	0.1	m
PLEAMAR					
Empuje agua libre	93.01	kN/m	Punto aplicación	1.42	m
Empuje agua trasdós	97.42	kN/m	Punto aplicación	1.45	m
Subpresión	218.33	kN/m	Punto aplicación	3.00	m
	2.56	kN/m	Punto aplicación	4.00	m
BAJAMAR					
Empuje agua libre	44.30	kN/m	Punto aplicación	0.98	m
Empuje agua trasdós	47.36	kN/m	Punto aplicación	1.01	m
Subpresión	186.96	kN/m	Punto aplicación	3.00	m
	3.08	kN/m	Punto aplicación	4.00	m

6.2.3 Cargas terreno

Se definen como Cargas del Terreno a las presiones, empujes y demás esfuerzos ejercidos por un relleno o terreno natural sobre los distintos elementos de una estructura resistente; o las reacciones que tales estructuras pueden originar en el terreno para lograr su equilibrio.

Según se establece en el apartado 3.7.5.4. de la ROM 0.5-05, el método simplificado basado en los coeficientes de empuje requiere el cálculo separado del efecto del agua, por lo tanto, en este punto, sólo se detallarán los empujes del terreno sobre el muro.

Se denomina empuje total a la acción (o reacción) del terreno sobre la superficie de una estructura resistente.

Si sobre una pared rígida indefinida sin posibilidad de desplazamiento lateral actúa un terreno, se considerará que actúa el empuje en reposo (P_0)

Los empujes activos corresponden a la condición de rotura del terreno en el que se ha movilizadado toda su capacidad de resistencia al corte para resistir fuerzas gravitatorias. La cuña de rotura producida por la expansión lateral del suelo avanza hacia la estructura y desciende, produciéndose el hundimiento de la superficie libre del terreno.

Los empujes pasivos corresponden a la condición de rotura del terreno en el que se ha movilizadado toda su capacidad de resistencia al corte para resistir fuerzas laterales. La cuña de rotura producida por una compresión lateral del suelo asciende empujada por la estructura resistente. En nuestro caso, no tendremos empujes pasivos provocados por los empujes del terreno sobre la estructura.

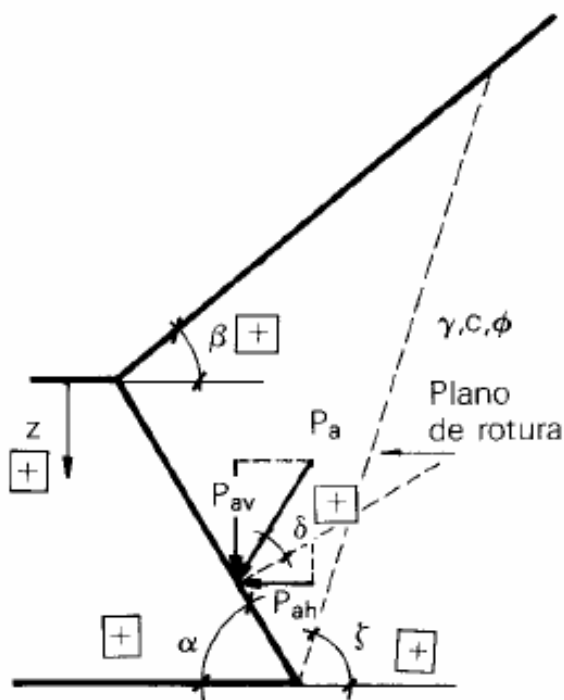


Ilustración 10.10. Empujes activos. Teoría de Coulomb

El coeficiente del empuje activo que efectúa el terreno sobre el paramento vertical del muro será calculado mediante la formulación de la teoría de Coulomb para un suelo homogéneo, tal y como se puede visualizar en la *tabla 3.4.2.2.2.* de la *ROM 0.2-90*:

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin^2 \alpha \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]}$$

Donde:

- ϕ = ángulo de rozamiento interno del relleno $\rightarrow \phi = 40^\circ$
- α = ángulo de inclinación del paramento del intradós $\rightarrow \alpha = 90^\circ$
- β = ángulo de inclinación de la coronación $\rightarrow \beta = 0^\circ$
- δ = ángulo de rozamiento entre el terreno y el trasdós $\rightarrow \delta = 2/3 \cdot \phi = 26,67^\circ$

De esta forma, el coeficiente de empuje activo en nuestro caso tiene el siguiente valor:

$$K_a = 0,1998$$

Que se descompone según las direcciones horizontales y verticales en:

$$K_{av} = K_a \cdot \cos(\alpha - \delta) = 0,0897$$

$$K_{ah} = K_a \cdot \sin(\alpha - \delta) = 0,1786$$

Todos los términos que presentan la cohesión en la teoría de Coulomb quedan descartados ya que el terreno que tenemos es un pedraplén y no presenta cohesión alguna.

La tensión efectiva que ejerce el terreno sobre las caras del muro, para $z > 0$ es:

$$\sigma' = \gamma \cdot z$$

Por lo que, el empuje unitario viene determinado por:

$$P_a = K_a \cdot \sigma'$$

Y, para cada dirección:

$$P_{ah} = K_{ah} \cdot \sigma'$$

$$P_{av} = K_{av} \cdot \sigma'$$

Y la resultante del empuje unitario es:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot P_{ah} \cdot z$$

Se ha considerado, al igual que en la situación de las cargas hidrostáticas, dos situaciones del mar debido a la marea astronómica. Los resultados son los que se reflejan a continuación:

Tabla 10.5. Cargas del terreno

TERRENO					
PLEAMAR					
TERRENO NO SATURADO					
g	18.00	kN/m ³	Pa	0.14	kN/m ²
z	0.04	m	Pah	0.13	kN/m ²
s	0.72	kN/m ²	Pav	0.06	kN/m ²
Ea1	0.00257	kN/m	Punto de aplicación	4.37	m
BAJAMAR					

necesarias para el embarque y desembarque de pasajeros y para la manipulación de las mercancías y su transferencia entre modos de transporte.

En el ámbito que nos afecta a nuestro proyecto tan solo tendremos las siguientes acciones:

- Estacionamiento y almacenamiento de mercancías.
- Manipulación de mercancías/embarcaciones.

6.2.4.1 Estacionamiento y almacenamiento de mercancías

El agente estacionamiento y almacenamiento de mercancías está asociado fundamentalmente a los pesos de las mercancías y suministros depositados en las áreas de operación y almacenamiento en las que se divide la obra de atraque y amarre en planta.

Según lo que se indica en la *Tabla 4.6.4.4* de la *ROM 2.0-11*, los valores nominales mínimos de las sobrecargas y almacenamiento en las obras de atraque y amarre para puertos náutico-deportivos es:

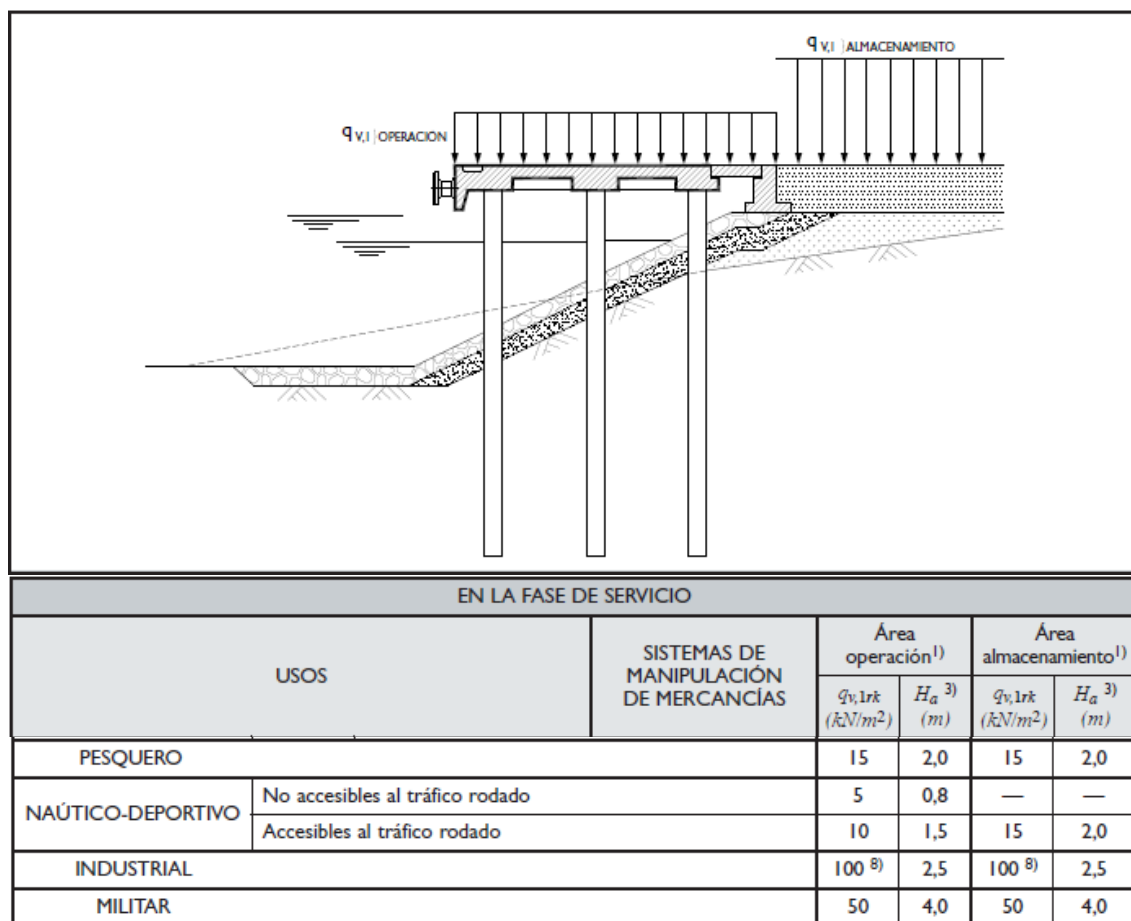


Ilustración 10.12. Valores nominales mínimos de las sobrecargas de estacionamiento y almacenamiento en obras de atraque y amarre. ROM 2.0-11

Como se estableció en el apartado 3 de este anejo, el área de operación en el muelle de servicios es de 15 metros, por lo tanto, tenemos 11 metros de área de operación en el trasdós del muro y las cargas son:

- Empuje resultante del área de operación:

$$E_{a,4} = K_a \cdot q_v \cdot (anchura_{operación} - anchura_{cajón}) = 0.1998 \cdot 10 \cdot 11 = 21,98 \text{ kN/m}$$

- Fuera vertical sobre el cajón:

$$R_v = q_v \cdot anchura_{cajón} = 10 \cdot 4 = 40 \text{ kN/m}$$

6.2.4.2 Manipulación de mercancías/embarcaciones

El agente de manipulación de embarcaciones deportivas y de recreo está asociado con las cargas transmitidas por los equipos e instalaciones que permiten la transferencia de dichas embarcaciones entre tierra y agua; es decir, su botadura o su puesta en seco para la realización de las necesarias operaciones de reparación mantenimiento, limpieza o invernada de estas, así como su transporte por vía terrestre por el interior del área portuaria.

En el puerto de El Perelló se empleará una grúa fija de pluma giratoria para los trabajos de transferencia de las embarcaciones del agua a tierra y viceversa. En cambio, a falta de datos, se utilizan los datos que se reflejan en la *tabla 4.6.4.14* de la *ROM 2.0-11* para una grúa móvil 100/25.

TIPO DE GRÚA MÓVIL						
Capacidad de carga bajo gancho (kN) con máximo alcance (m)	100/25	150/30	250/35	300/40	400/45	500/50
Capacidad de carga (kN) bajo gancho con mínimo alcance (m)	350/6	400/8	600/8	850/10	1.000/10	1.500/11
Tamaño buque máximo de proyecto ¹⁾	Feeder			Panamax	Post Panamax	Super Post Panamax
Tonelaje (TPM)	< 10.000	10.000-15.000	15.000-25.000	25.000-50.000	50.000-100.000	> 100.000
Manga del buque (m)	< 22,5	22,5-25	25-28,5	28,5-32,5	32,5-40	> 40
CARACTERÍSTICAS GRÚA						
Max. altura elevación sobre muelle (m)	18-22	18-25	25-30	30-32	30-35	35-38
Max. altura total de elevación (m)	30-33	33-35	40-45	45-47	45-50	50-53
Peso (kN)	800-1.200	1.100-1.500	1.800-2.400	2.500-3.000	3.000-4.000	4.000-4.500
CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA						
Nº calzos estabilizadores (N)	4	4	4	4	4	4
Disposición de los calzos	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular
Forma de los calzos	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular	rectangular
Tamaño (a x b) de los calzos ²⁾						
Dimensiones (S ₁ x S ₂) de la base soporte (m x m)	10 x 8	12 x 9	11 x 10	11 x 11	12 x 12	15 x 12
MÁXIMA CARGA POR CALZO (KN) ^{3) 4)}						
En condiciones de operación ⁵⁾	Vertical	550	750	1.200	1.500	2.000
	Horizontal	0,05 Vert	0,05 Vert	0,05 Vert	0,05 Vert	0,05 Vert

Ilustración 10.13. Configuración y valores característicos de las cargas transmitidas por grúas portuarias móviles.
Fuente ROM 2.0-11.

Tal y como se puede observar en la anterior ilustración, la grúa móvil 100/25 tiene una carga vertical máxima por cada calzo de 550 kN, las dimensiones entre los ejes de los calzos son de 10x8 metros y se ha supuesto que cada calzo es de 2 metros. Por lo que la carga transmitida por la grúa de forma lineal es de:

$$R_v = \frac{550 \cdot 2}{10 + 2} = 91,67 \text{ kN/m}$$

6.3 ACCIONES RESULTANTES

Según todos los criterios establecidos en los anteriores apartados para la aplicación de las acciones actuantes en el muelle, en la siguiente tabla se agrupan todas las acciones asignándoles sus coeficientes de ponderación y de compatibilidad correspondientes:

Tabla 10.6. Combinación de acciones del muelle de servicios

		Pleamar		Bajamar		Coef ψ	Coef γ	Pleamar		Bajamar	
CARGAS PERMANENTES	Viga	11.25	kN/m	11.25	kN/m	1	0.9	0.65	m	0.65	m
	Pavimento	110.25	kN/m	110.25	kN/m	1	0.9	8.9	m	8.9	m
	Bloque 1	82.8	kN/m	82.8	kN/m	1	0.9	1.5	m	2	m
	Bloque 2	138	kN/m	138	kN/m	1	0.9	0.6	m	0.6	m
	Bloque 3	195.5	kN/m	195.5	kN/m	1	0.9	2	m	2	m
HIDROSTÁTICO	Empuje agua libre	93.01	kN/m	44.30	kN/m	0.7	0.9	1.42	m	0.98	m
	Empuje en trasdós	97.42	kN/m	47.36	kN/m	0.7	1.1	1.45	m	1.01	m
	Subpresiones	218.33	kN/m	186.96	kN/m	0.7	1.1	3.00	m	3.00	m
		2.56	kN/m	3.08	kN/m	0.7	1.1	4.00	m	4.00	m
TERRENO	Terreno seco	0.0026	kN/m	2.97	kN/m	1	1.1	4.37	m	3.49	m
	Terreno sumergido	0.56	kN/m	13.29	kN/m	1	1.1	2.18	m	1.52	m
		35.93	kN/m	23.98	kN/m	1	1.1	1.45	m	1.01	m
USO Y EXPLOTACIÓN	Empuje en el trasdós del muro	23.98	kN/m	23.98	kN/m	0.7	1.5	2.2	m	1.1	m
	Empuje sobre el muro	30.00	kN/m	30.00	kN/m	0.7	0	1.5	m	1.5	m
	Carga grúa	91.67	kN/m	91.67	kN/m	0.7	0	1.5	m	1.5	m

Por lo tanto, la comprobación frente al deslizamiento del muelle es:

Tabla 10.7. Comprobación frente al deslizamiento del muelle de servicios.

COMPROBACIÓN DESLIZAMIENTO	Fg	484.02	kN/m	484.02	kN/m
	Fb	242.98	kN/m	209.04	kN/m
	Ff	-88.78	kN/m	-81.67	kN/m
	FS	1.90		2.36	

Y para la comprobación frente al vuelco del muelle, tenemos:

Tabla 10.8. Combinación frente al vuelco del muelle de servicios.

COMPROBACIÓN VUELCO	Momentos estabilizadores	1546.75	kN·m/m	1504.21	kN·m/m
	Momentos desestabilizadores	982.78	kN·m/m	770.73	kN·m/m
	FS	1.57		1.95	

Del mismo modo, las acciones resultantes para el muelle de amarres l es de:

ANEJO 10: CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE

Tabla 10.9. Combinación de acciones del muelle de amarres I

		Pleamar		Bajamar		Coef ψ	Coef γ	Pleamar		Bajamar	
CARGAS PERMANENTES	Viga	11.25	kN/m	11.25	kN/m	1	0.9	0.65	m	0.65	m
	Pavimento	110.25	kN/m	110.25	kN/m	1	0.9	8.9	m	8.9	m
	Bloque 1	82.8	kN/m	82.8	kN/m	1	0.9	1.5	m	2	m
	Bloque 2	110.4	kN/m	110.4	kN/m	1	0.9	0.6	m	0.6	m
	Bloque 3	172.5	kN/m	172.5	kN/m	1	0.9	2	m	2	m
HIDROSTÁTICO	Empuje agua libre	72.46	kN/m	30.51	kN/m	0.7	0.9	1.25	m	0.81	m
	Empuje en trasdós	76.36	kN/m	33.06	kN/m	0.7	1.1	1.29	m	0.85	m
	Subpresiones	192.70	kN/m	156.21	kN/m	0.7	1.1	3.00	m	3.00	m
		2.56	kN/m	3.08	kN/m	0.7	1.1	4.00	m	4.00	m
TERRENO	Terreno seco	0.0026	kN/m	2.97	kN/m	1	1.1	3.87	m	2.99	m
	Terreno sumergido	0.50	kN/m	11.10	kN/m	1	1.1	1.93	m	1.27	m
		28.19	kN/m	17.65	kN/m	1	1.1	1.29	m	0.85	m
USO Y EXPLOTACIÓN	Empuje en el trasdós del muro	23.98	kN/m	23.98	kN/m	0.7	1.5	1.95	m	1.1	m
	Empuje sobre el muro	30.00	kN/m	30.00	kN/m	0.7	0	1.5	m	1.5	m
	Carga grúa	91.67	kN/m	91.67	kN/m	0.7	0	1.5	m	1.5	m

Y las comprobaciones de estabilidad frente al deslizamiento y el vuelco son:

Tabla 10.10. Comprobación de estabilidad al deslizamiento y al vuelco del muelle de amarres I

COMPROBACIÓN DESLIZAMIENTO	Fg	438.48	kN/m	438.48	kN/m
	Fb	214.79	kN/m	175.21	kN/m
	Ff	-75.52	kN/m	-68.99	kN/m
	FS	2.07		2.67	
COMPROBACIÓN VUELCO	Momentos estabilizadores	1453.31	kN·m/m	1431.17	kN·m/m
	Momentos desestabilizadores	836.03	kN·m/m	632.40	kN·m/m
	FS	1.74		2.26	

ANEJO 10: CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE

Y para el muelle de amarres II es:

Tabla 10.11. Combinación de acciones del muelle de amarres II.

		Pleamar		Bajamar		Coef ψ		Coef γ		Pleamar		Bajamar	
CARGAS PERMANENTES	Viga	11.25	kN/m	11.25	kN/m	1	0.9	0.65	m	0.65	m		
	Pavimento	110.25	kN/m	110.25	kN/m	1	0.9	8.9	m	8.9	m		
	Bloque 1	46	kN/m	46	kN/m	1	0.9	1	m	1.5	m		
	Bloque 2	69	kN/m	69	kN/m	1	0.9	0.5	m	0.5	m		
	Bloque 3	82.8	kN/m	82.8	kN/m	1	0.9	1.25	m	1.25	m		
HIDROSTÁTICO	Empuje agua libre	54.47	kN/m	19.29	kN/m	0.7	0.9	1.09	m	0.65	m		
	Empuje en trasdós	57.86	kN/m	21.33	kN/m	0.7	1.1	1.12	m	0.68	m		
	Subpresiones	100.25	kN/m	83.64	kN/m	0.7	1.1	2.00	m	2.00	m		
		1.54	kN/m	2.05	kN/m	0.7	1.1	2.67	m	2.67	m		
TERRENO	Terreno seco	0.0026	kN/m	2.97	kN/m	1	1.1	3.37	m	2.49	m		
	Terreno sumergido	0.43	kN/m	8.92	kN/m	1	1.1	1.68	m	1.02	m		
		21.39	kN/m	12.26	kN/m	1	1.1	1.12	m	0.68	m		
USO Y EXPLOTACIÓN	Empuje en el trasdós del muro	25.98	kN/m	25.98	kN/m	0.7	1.5	1.7	m	1	m		
	Empuje sobre el muro	20.00	kN/m	20.00	kN/m	0.7	0	1	m	1	m		
	Carga grúa	91.67	kN/m	91.67	kN/m	0.7	0	1	m	1	m		

Tabla 10.12. Comprobación de estabilidad al deslizamiento y al vuelco del muelle de amarres II

COMPROBACIÓN DESLIZAMIENTO	Fg	287.37	kN/m	287.37	kN/m
	Fb	111.96	kN/m	94.26	kN/m
	Ff	-65.91	kN/m	-59.95	kN/m
	FS	1.86		2.25	
COMPROBACIÓN VUELCO	Momentos estabilizadores	1108.55	kN·m/m	1087.21	kN·m/m
	Momentos desestabilizadores	367.13	kN·m/m	265.43	kN·m/m
	FS	3.02		4.10	

Como se puede observar, en todas las comprobaciones de estabilidad frente al deslizamiento y al vuelco de todos los muelles que tenemos en el puerto de El Perelló, a falta del cálculo del muelle antirreflejante, los factores de seguridad están por encima del valor que establece la ROM 0.5-05 que es de 1.5 para ambos casos.