

Proyecto y Construcción de Obras Marítimas
Práctica: Diseño de una obra de abrigo

RBM, AMF, MOS

Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, Universidad de Granada

Curso 2016-2017

PLANTEAMIENTO

Se está proyectando la construcción de 12 puertos en los siguientes emplazamientos:

Grupo 1: Bilbao (Puntos SIMAR 3153033 y 112074042)

Grupo 2: Cartagena (Puntos SIMAR 2071090 y 2073090)

Grupo 3: Palma de Mallorca (Puntos SIMAR 813141035 y 2116114)

Grupo 4: Algeciras (Puntos SIMAR 512041068 y 6065022)

Grupo 5: Valencia (Puntos SIMAR 622028053 y 2081113)

Grupo 6: Vigo (Puntos SIMAR 3014004 y 3014007)

Grupo 7: Gijón (Puntos SIMAR 3093038 y 121035009)

Grupo 8: Huelva (Puntos SIMAR 5031022 y 5032022)

Grupo 9: Castellón (Puntos SIMAR 2085119 y 2084119)

Grupo 10: Cádiz (Puntos SIMAR 6012050 y 6012046)

Grupo 11: Barcelona (Puntos SIMAR 712018020 y 2111136)

Grupo 12: Alicante (Puntos SIMAR 613023024 y 2079100)

Cada grupo de prácticas realizará un diseño del dique de abrigo más apropiado para cada caso, respondiendo a las cuestiones planteadas. Los datos y parámetros que se supongan o adopten deberán ser justificados. Se podrá usar información disponible en cualquier fuente bibliográfica que considere oportuna, citándola en todo caso.

CUESTIONES

Parte I: Criterios generales de proyecto.

1. Determinar los índices de repercusión económica (IRE) y de repercusión social y ambiental (ISA) de la obra. A partir de ellos, estimar vida útil, probabilidad conjunta de fallo y periodo de retorno del proyecto.

Parte II: Descripción conjunta de los agentes en el emplazamiento.

2. Realizar una simulación de las variables climáticas en profundidades indefinidas durante una duración igual a la vida útil. A partir de la serie simulada, caracterizar estadísticamente los agentes.

3. Determinar los parámetros de mejor ajuste de una distribución generalizada de valores extremos a la serie simulada de alturas de ola significantes en profundidades indefinidas. Calcular la altura de ola significativa para un periodo de retorno igual al de proyecto.

4. Considerando un coeficiente de propagación $\gamma = 0,8$, un coeficiente de reflexión $K_R = 1$ para dique vertical y $K_R = 0,5$ para dique en talud; estimar: altura de ola y periodo del tren de ondas incidente, y altura de ola a pie de dique en cada caso.

Parte III: Obras de abrigo.

5. Calcular los parámetros de diseño de un dique de abrigo en talud en el emplazamiento y realizar, en papel milimetrado y/o empleando un software de diseño, un boceto a escala de la sección proyectada.
6. Calcular los parámetros de diseño de un dique de abrigo vertical en el emplazamiento y realizar, en papel milimetrado y/o empleando un software de diseño, un boceto a escala de la sección proyectada.
7. Discutir las ventajas e inconvenientes de cada tipología considerando criterios económicos (costes), técnicos y ambientales de construcción, conservación, reparación y desmantelamiento. Elección de la alternativa que considere óptima.

Parte IV: Planificación de la obra.

8. Suponiendo una longitud de dique igual a 1.5 km y un avance medio de 5 m lineales por día; estimar el tiempo de ejecución de la obra. Consideración: si la altura de ola significativa en profundidades indefinidas es mayor que el percentil 95 de la serie simulada durante más de 12 horas al día, no se trabaja durante esa jornada; mientras que si es mayor que el percentil 95 durante menos de 12 horas al día, se avanza una longitud proporcional entre las horas operativas y las horas totales que se podría haber trabajado ese día (24).
9. Realizar un plan de obra que incluya el programa de trabajo de las principales tareas (Diagrama de Gantt).

Apéndice: criterios generales de proyecto

A. Carácter del tramo

Con frecuencia el proyecto de una obra marítima se decide a partir de estudios externos previos, en los que se analizan las repercusiones económicas, sociales y ambientales. En función de dichas repercusiones es posible definir los caracteres general y operativo de la obra marítima.

A.1. Carácter general. Índices IRE e ISA

Nota 1.

El carácter general de la obra sirve para caracterizar la importancia de un tramo de obra marítima, así como la repercusión económica, social y ambiental en caso de destrucción o pérdida de funcionalidad.

Nota 2.

El carácter general se determina considerando un modo principal de fallo adscrito a un estado límite último que proporcione el índice más alto, encontrándose asociado a la seguridad. No obstante, hay casos en los que el carácter se establece en base a un modo principal de fallo adscrito a un estado límite de servicio, y por tanto se encontrará asociado a la funcionalidad.

El carácter general de la obra se determina a través del índice de repercusión económica IRE, y del índice de repercusión social y ambiental ISA:

- El IRE valora cuantitativamente las repercusiones económicas C_{RD} por reconstrucción de la obra, y por cese o afección de las actividades económicas C_{RI} directamente relacionadas con ellas y previsibles en caso de producirse la destrucción o pérdida de la operatividad total de la misma. El IRE se calcula como:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} \quad (1)$$

siendo C_0 un parámetro económico de adimensionalización. En función del valor del IRE las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos R indicados en la tabla 1.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN ECONÓMICA	IRE
R_1	baja	$IRE \leq 5$
R_2	media	$5 < IRE \leq 20$
R_3	alta	$IRE > 20$

Tabla 1: Clasificación de obras marítimas en función del IRE.

- El ISA estima cualitativamente el impacto social y ambiental esperable en caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de la pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, y alarma social generada, toda vez que el fallo ocurre una vez que las actividades económicas directamente vinculadas a la obra se hallen consolidadas. El ISA se calcula como:

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i \quad (2)$$

en la cual ISA_1 valora la posibilidad y alcance de vidas humanas, ISA_2 valora los daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, e ISA_3 valora la alarma social. En función del ISA las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos S indicados en la tabla 2.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN SOCIAL	ISA
S_1	sin repercusión	$ISA < 5$
S_2	baja	$5 \leq ISA < 20$
S_3	media	$20 \leq ISA < 30$
S_4	alta	$ISA \geq 30$

Tabla 2: Clasificación de obras marítimas en función del ISA.

A.2. Carácter operativo. Índices IREO e ISAO

Nota 3.

El carácter operativo valora las repercusiones económicas y los impactos social y ambiental que se producen cuando una obra marítima deja de estar operativa o reduce el nivel de operatividad.

Nota 4.

El carácter operativo de la obra marítima se otorga a todos los tramos cuya reducción o cancelación de la explotación, dé lugar a repercusiones, económicas, sociales y ambientales similares. A los tramos de obra cuya parada operativa implique repercusiones diferentes, se les podrá asignar un carácter específico.

A falta de otra determinación más específica, el carácter operativo de una obra se establece a través del índice de repercusión económica operativo IREO, y del índice de repercusión social y ambiental operativo ISAO:

- El IREO valora cuantitativamente los costes asociados a la parada operativa de un tramo de obra. En función del valor del IREO las obras marítimas se clasifican según los subintervalos R_O indicados en la tabla 3.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN ECONÓMICA OPERATIVA	IREO
R_{O1}	baja	$IREO \leq 5$
R_{O2}	media	$5 < IREO \leq 20$
R_{O3}	alta	$IREO > 20$

Tabla 3: Clasificación de obras marítimas en función del IREO.

- El ISAO estima de manera cualitativa la repercusión social y ambiental esperable, en caso de producirse un modo de parada operativa de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de la pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, y alarma social generada. El ISAO se calcula como:

$$ISAO = \sum_{i=1}^3 ISAO_i \quad (3)$$

en la cual $ISAO_1$ valora la posibilidad y alcance de vidas humanas, $ISAO_2$ valora los daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, e $ISAO_3$ valora la alarma social. En función del ISAO las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos S_O indicados en la tabla 4.

Nota 5.

En la mayoría de obras marítimas el ISAO es nulo dado que si hubiese impacto ambiental, éste cesaría con la parada operativa. No obstante, en el caso de emisarios submarinos, centrales térmicas, plantas desaladoras, etc., la repercusión por parada operativa puede ser importante, en cuyo caso $ISAO \neq 0$.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN SOCIAL	ISAO
S_{O1}	sin repercusión	$ISAO < 5$
S_{O2}	baja	$5 \leq ISAO < 20$
S_{O3}	media	$20 \leq ISAO < 30$
S_{O4}	alta	$ISAO \geq 20$

Tabla 4: Clasificación de obras marítimas en función del ISAO.

B. Cálculo de los índices de repercusión

Corresponde al promotor de la obra marítima ---público o privado---, especificar el carácter del tramo de obra ---caracteres general y operativo de la obra. Cuando no se proporciona una definición específica, el carácter se determinará en función de índices de repercusión cuyos valores se calculan de manera aproximada.

B.1. Cálculo aproximado del IRE

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} \quad (4)$$

- C_{RD} → Valora las repercusiones económicas por reconstrucción de la obra. Coste de las obras de reconstrucción a su estado previo. A falta de otros datos se considerarán los costes de construcción inicial, debidamente actualizados.
- C_{RI} → Valora las repercusiones económicas por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra. Se estima en términos de la pérdida de Valor Añadido Bruto ---VAB---, el cual representa el balance entre entradas y salidas del proceso productivo asociado al conjunto de actividades de la obra, es decir, la diferencia entre la fuerza laboral empleada y los excedentes empresariales generados.
- C_0 → Parámetro de adimensionalización. Su valor depende de la estructura económica y nivel de desarrollo económico del país. En España puede considerarse $C_0 \simeq 3 \cdot 10^6 \text{€}$.
- A efectos prácticos:

$$\frac{C_{RI}}{C_0} = C(A + B) \quad (5)$$

- A → Cuantifica el ámbito del sistema productivo al cual sirve la obra. Valores: $A = 1$ para ámbito local; $A = 2$ para ámbito regional; $A = 5$ para ámbito nacional/internacional.
- B → Cuantifica la importancia estratégica del sistema económico y productivo al que sirve la obra. Valores: $B = 0$ para irrelevante; $B = 2$ para relevante; $B = 5$ para esencial.
- C → Cuantifica la importancia de la obra para el sistema económico y productivo. Valores: $C = 1$ para irrelevante; $C = 2$ para relevante; $A = 5$ para esencial.

B.2. Cálculo aproximado del ISA

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i \quad (6)$$

- $ISA_1 \rightarrow$ Posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas. Valores: $ISA_1 = 0$ para remota; $ISA_1 = 3$ para baja; $ISA_1 = 10$ para alta; $ISA_1 = 20$ para catastrófica.
- $ISA_2 \rightarrow$ Daños en el medio ambiente y en el patrimonio. Valores: $ISA_2 = 0$ para remoto; $ISA_2 = 2$ para bajo 3; $ISA_2 = 4$ para medio; $ISA_2 = 8$ para alto; $ISA_2 = 15$ para muy alto.
- $ISA_3 \rightarrow$ Alarma social. Valores: $ISA_3 = 0$ para baja; $ISA_3 = 5$ para media; $ISA_3 = 10$ para alta; $ISA_3 = 15$ para máxima.

B.3. Cálculo aproximado del IREO

$$IREO = F(D + E) \quad (7)$$

- $D \rightarrow$ Caracteriza la simultaneidad del periodo de demanda con el periodo de variación de reducción de operatividad. Valores: $D = 0$ para no simultáneo; $D = 5$ para simultáneo.
- $E \rightarrow$ Caracteriza la intensidad de uso de la demanda en el periodo considerado. Valores: $E = 0$ para poco intensivo; $E = 3$ para intensivo; $E = 5$ para muy intensivo.
- $F \rightarrow$ Caracteriza la adaptabilidad de la demanda y del entorno económico a la reducción de operatividad. Valores: $F = 0$ para alta; $F = 1$ para media; $F = 3$ para baja.

B.4. Cálculo aproximado del ISAO

$$ISAO = \sum_{i=1}^3 ISAO_i \quad (8)$$

- $ISAO_1 \rightarrow$ Posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas. Valores: $ISAO_1 = 0$ para remota; $ISAO_1 = 3$ para baja; $ISAO_1 = 10$ para alta; $ISAO_1 = 20$ para catastrófica.
- $ISAO_2 \rightarrow$ Daños en el medio ambiente y en el patrimonio. Valores: $ISAO_2 = 0$ para remoto; $ISAO_2 = 2$ para bajo 3; $ISAO_2 = 4$ para medio; $ISAO_2 = 8$ para alto; $ISAO_2 = 15$ para muy alto.

- $ISAO_3 \rightarrow$ Alarma social. Valores: $ISAO_3 = 0$ para baja; $ISAO_3 = 5$ para media; $ISAO_3 = 10$ para alta; $ISAO_3 = 15$ para máxima.

B.5. Valores recomendados

A continuación se proporcionan algunos valores recomendados para la vida útil, la probabilidad conjunta de fallo p_f frente a modos principales de fallo adscritos a ELU y ELS, la operatividad r_f y para el número de paradas operativas, todos ellos a partir de los caracteres general y operativo de la obra.

IRE	≤ 5	6 ~ 20	> 20
Vida útil	15	25	50

Tabla 5: Vida útil en años.

ISA	< 5	5 ~ 19	20 ~ 29	≥ 30
$p_{f\ ELU}$	0,20	0,10	0,01	0,0001

Tabla 6: Probabilidad conjunta de fallo frente a ELU.

IREO	≤ 5	6 ~ 20	> 20
Operatividad $r_{f\ ELO}$	0,85	0,95	0,99

Tabla 7: Operatividad.

ISAO	< 5	$5 \sim 19$	$20 \sim 29$	≥ 30
Número	10	5	2	0

Tabla 8: Número de paradas operativas.