

MILLORA DEL DISSENY DEL PROJECTE DE REFORÇ DEL DIC DE RECER DEL PORT D'ARENYS DE MAR

ANNEX 07 – DIMENSIONAMENT MARTELL

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
2. BASES DE CàLCUL	1
2.1. CARACTERÍSTIQUES GEOMÈTRIQUES	1
2.2. CONDICIONS D'ONATGE DE DISSENY	1
2.3. CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS	2
3. CàLCUL DE L'ESTABILITAT DEL MARTELL.....	2
3.1. DIMENSIONAMENT DE LA CAPA DE MANTELL	2
3.2. DIMENSIONAMENT DE LA CAPA DE FILTRE.....	5
3.3. VERIFICACIÓ SOTA CONDICIONS DE CANVI CLIMÀTIC	5

APÈNDIX 01 – CàLCUL REQUERIMENTS DE PES

1. INTRODUCCIÓ

En el present annex es documenten els càlculs realitzats per a verificar l'estabilitat de les peces que conformen el mantell exterior del martell.

D'altra banda, degut a que el present projecte es projecta una millora del dic actual i per tant, les característiques geotècniques de la zona d'actuació no es veuen modificades, l'anàlisi del mode de fallida "estabilitat global" proposada per les ROM 0.5-05 no és necessari.

2. BASES DE CàLCUL

Abans de realitzar les comprovacions estructurals en les seccions de càlcul, es defineixen els condicionants geomètrics, dades d'onatge i característiques dels materials que s'empren a la determinació de l'estabilitat dels diferents elements del martell.

2.1. CARACTERÍSTIQUES GEOMÈTRIQUES

Es projecta un martell de 48.40 m de llarg que conforma un angle de 121° amb la última alineació del dic de recer existent.

L'estructura està formada per un mantell d'escullera d'entre 3 a 5 tn, una capa de filtre d'escullera d'entre 300 a 500 kg i un nucli d'escullera sense classificar. El dic en talús presenta un ample de coronació de 7.59m i corona a la cota +4.36m. El nucli es dimensiona amb un ample de 6.00m a la cota +1.00m respecte el NMMA perquè la maquinaria pugui operar per via terrestre en avançada des del dic de recer.

El talús del martell es dimensiona amb una pendent 1V:2H i es fonamenta a la cota -6.00m, requerint d'una actuació de dragat prèvia per deixar el fons marí a aquesta cota.

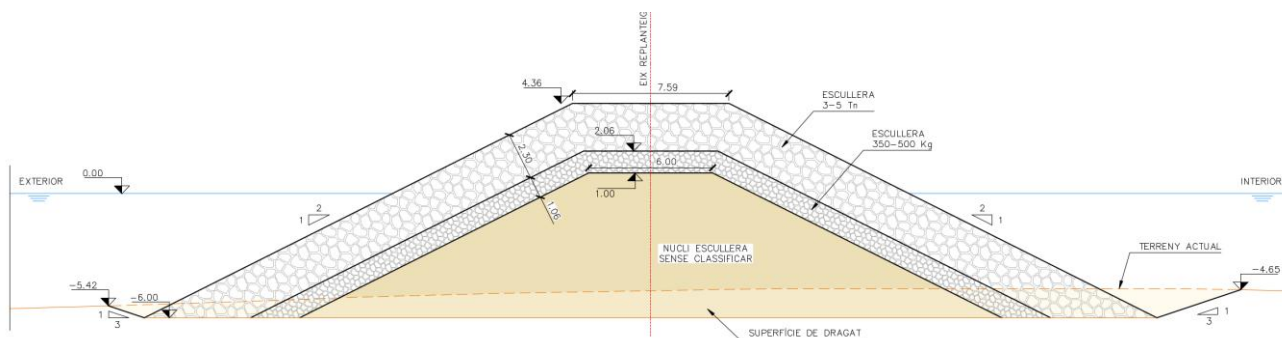


Figura 1 Secció tipus del nou martell

2.2. CONDICIONS D'ONATGE DE DISSENY

L'onatge de càlcul per a realitzar les verificacions d'obra marítima s'extreu de l'estudi de clima marítim i propagacions inclòs a l'Annex 05. *Clima marítim i propagacions* del present projecte. La verificació estructural del dimensionament del martell es realitza sota règim extremal amb un onatge associat a un període de retorn de 240 anys i banda de confiança del 90%. També s'analitzarà el disseny sota condicions de canvi climàtic.

Sector	MARTELL														
	Tr=50a; BC					Tr=240a; BC					Tr=240a+CC; BC				
	Hs (m)	Tp (s)	Calat	η (m)	Dir(°)	Hs (m)	Tp (s)	Calat	η (m)	Dir(°)	Hs (m)	Tp (s)	Calat	η (m)	Dir(°)
NE	0,58	10,80	5,10	0,82	172,40	0,89	13,10	5,10	0,82	174,00	0,87	13,10	5,10	1,18	171,10
ENE	1,64	13,10	5,10	0,82	175,80	1,83	14,50	5,10	0,82	176,10	1,97	14,50	5,10	1,18	173,20
E	2,03	11,90	5,10	0,82	177,50	2,15	13,10	5,10	0,82	177,50	2,34	13,10	5,10	1,18	174,90
ESE	2,11	10,80	5,10	0,82	180,80	2,24	11,90	5,10	0,82	181,00	2,44	11,90	5,10	1,18	178,60
SE	2,15	9,80	5,10	0,82	185,60	2,31	10,80	5,10	0,82	185,90	2,50	10,80	5,10	1,18	183,70
SSE	2,13	8,80	5,10	0,82	192,60	2,32	10,50	5,10	0,82	192,80	2,47	9,80	5,10	1,18	190,80
S	2,09	8,80	5,56	0,82	191,60	2,36	9,80	5,56	0,82	190,90	2,40	9,80	5,56	1,18	190,20
SSW	2,70	10,80	5,54	0,82	196,80	2,93	10,80	5,54	0,82	196,70	3,06	10,80	5,54	1,18	196,30
SW	2,05	8,80	5,10	0,82	209,40	2,44	9,80	5,10	0,82	208,90	2,50	9,80	5,10	1,18	208,30

Taula 1 Onatge de càlcul propagat a peu d'estructura. Valors màxims absoluts al llarg de tota la alineació per a cada sector i amb una banda de confiança del 90%

2.3. CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS

Les característiques de les esculleres es mostren a continuació:

Material	Densitat seca	Porositat
Escullera sense classificar o tot-ú	2.65 t/m3	30%
Escullera classificada	2.65 t/m3	35%

Taula 2 Materials emprats en les obres marítimes proposades

3. CÀLCUL DE L'ESTABILITAT DEL MARTELL

3.1. DIMENSIONAMENT DE LA CAPA DE MARTELL

L'extracció de peces del mantell exterior és un dels modes de fallida més àmpliament estudiat en l'àmbit de l'enginyeria marítima, les principals formulacions de càlcul utilitzades són les d'Iribarren, Hudson, Van de Meer, etc. Per a aquest projecte es fa ús de la fórmula de Van der Meer (1988) degut a que la formulació està desenvolupada en base a assaigs realitzats amb onatge irregular, i on es modelitza el tipus de trencament que l'onada provoca sobre el talús.

Així, l'expressió de Van der Meer per a escullera natural, suposant que l'onatge arriba a l'estructura sense trencament és:

$$\frac{H_s}{\Delta \cdot Dn50} = 6.2 \cdot P^{0.10} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \cdot \xi_m^{-0.5} \quad \text{per a } \xi_m \leq \xi_{mc} \quad (1)$$

$$\frac{H_s}{\Delta \cdot Dn50} = 1.0 \cdot P^{-0.13} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \cdot \sqrt{\cot \alpha} \cdot \xi_m^P \quad \text{per a } \xi_m > \xi_{mc} \quad (2)$$

Amb

$$\xi_{mc} = \left[6.2 \cdot P^{0.31} \cdot \sqrt{\tan \alpha} \right]^{1/P+0.5} \quad (3)$$

i

$$\xi_m = \frac{\tan(\alpha)}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{g \cdot T_m}}} \quad (4)$$

On S defineix el nivell de danys considerat en l'estructura, P la permeabilitat del dic, N el nombre d'onades, Δ és la densitat relativa, $\tan \alpha$ el talús de la secció de dic, i ξ_m , és el nombre d'Iribarren avaluat en aigües profundes amb el període mig.

El valor de S es troba tabulat en funció del nivell de danys considerat. En aquest cas s'ha considerat inici d'avaría, i per tant s'ha treballat amb un valor de S=2.

La permeabilitat del dic ve definida en funció de les capes que el formen, segons indica la Figura 2.

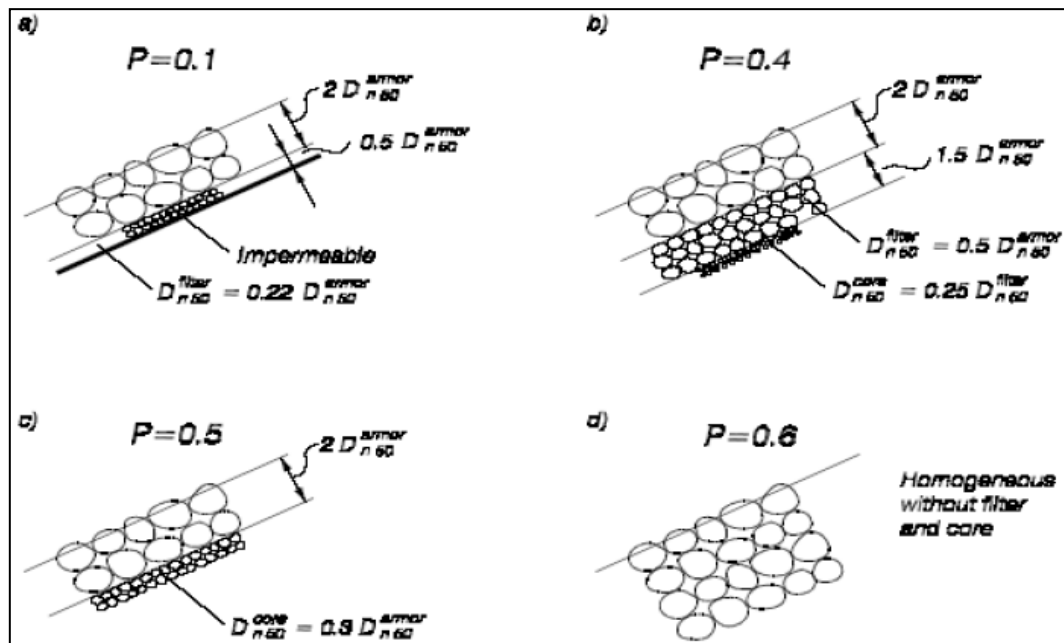


Figura 2 Valors de la permeabilitat P segons Van der Meer

En aquest cas s'ha considerat un valor de 0.50 per el martell.

La formulació de Van der Meer considera una incidència d'ona perpendicular a l'alineació del martell. Considerant que la incidència de l'ona de càlcul pot tenir una certa obliqüitat, s'utilitza la formulació de Van Gent (2014), la qual modifica el diàmetre D_{50} obtingut per la formulació de Van der Meer mitjançant un coeficient que depèn de l'angle d'incidència. La formulació és la següent:

$$\gamma_b = (1 - c_b) \cos^2 \beta + c_b \text{ per } c_b = 0,44 \text{ (ones de cresta llarga) o } 0,55 \text{ (ones de cresta curta)} \quad (8)$$

$$D_\beta = \gamma_b D_{n50} \quad (9)$$

En quant al número d'onades, s'ha considerat un valor de 2500, corresponent a una durada de temporal de l'ordre de 7 hores, per a un període mig proper a 10 segons. En el cas del mediterrani, els punts forts de temporals solen durar de l'ordre de 6 hores, tot i que en situació extremes es pot assumir temporals amb durades de l'ordre de 12 hores.

La Taula 3 resumeix els valors de càlcul per al mantell exterior del martell.

Hs (m)	2.93	Alçada d'ona de càlcul
β (°)	56	Angle onatge-dic
Tm (s)	9.81	Període mig
Durada (h)	7	Durada del temporal
N	2500	Número d'ones
P	0.5	Permeabilitat
S	2	Factor representatiu del nivell de dany
c_b	0.54	Coefficient de tipus d'ona

Taula 3 Valors de càlcul per el mantell exterior del martell

Amb l'alçada d'ona màxima obtinguda de les propagacions de l'onatge de SSW es realitza un anàlisi de sensibilitat en funció del número d'ones i del període mig.

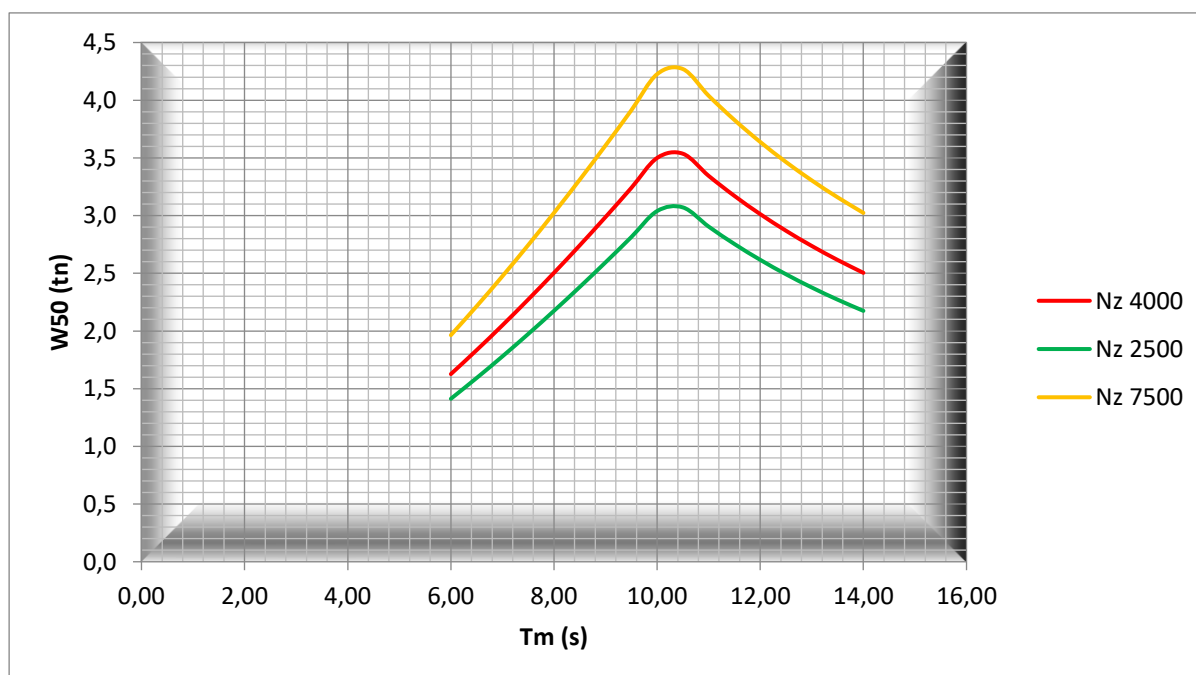


Figura 3 W50 (tn) vs Tm (s), per a peces d'escullera en el talús exterior, amb talús 2H:1V, segons formulació de Van der Meer per a diferents durades de temporal, per inici d'avaría.

Analitzant la informació del gràfic per a esculleres, el període mig de l'onada que presenta màxima sol·licitació es troba situat sobre els 10.5s. En el cas del Port d'Arenys de Mar, el període mig d'onada es troba sobre els 10s. Per tant, a mesura que augmenta el període, el requeriment de pes també augmenta fins a assolir els 10,5 s i a partir d'aquest valor els requeriments disminueixen.

A part, i tal com era d'esperar, a major durada del temporal dels requeriments de pes augmenten. Es recomana que el nombre d'onades màxim considerat en el càlcul no superi els 7.500, ja que a partir d'aquest valor es pot considerar que l'avaria està estabilitzada. En el cas del Mediterrani els punts forts de temporals solen durar de l'ordre de 6 hores (2.500 onades), tot i que en situació extremes es pot assumir temporals amb durades de l'ordre de 12 hores.

Per tot això, veient que la sensibilitat a la variació del període, s'ha estimat com a valor de càlcul, **un pes d'escullera W50 (tn) de 5,5 tn**, valor superior al màxim assolit per a $N_z = 7500$.

3.2. DIMENSIONAMENT DE LA CAPA DE FILTRE

Per el dimensionament de la capa de filtre s'utilitza el següent criteri:

$$\frac{W_{50,mantell}}{W_{50,filtre}} = 10 \sim 25 \quad (5)$$

Atès això, el pes mig de la capa de filtre és de 400 kg. Conseqüentment, es disposa d'**escullera d'entre 300 a 500 kg** amb un ample equivalent a dos diàmetres.

3.3. VERIFICACIÓ SOTA CONDICIONS DE CANVI CLIMÀTIC

Per a la verificació sota condicions de canvi climàtic s'han considerat els increments d'alçada d'ona definits a l'*Annex 05. Clima marítim i propagacions* i que es recullen a la Taula 1.

Aplicant aquests increments sobre les condicions extremals de disseny, s'observa un augment dels requeriments de pes del mantell exterior respecte la situació actual. La Figura 3 mostra l'anàlisi de sensibilitat del pes requerit de les peces d'escullera en funció del període mig i del nombre d'onades sota escenari de canvi climàtic.

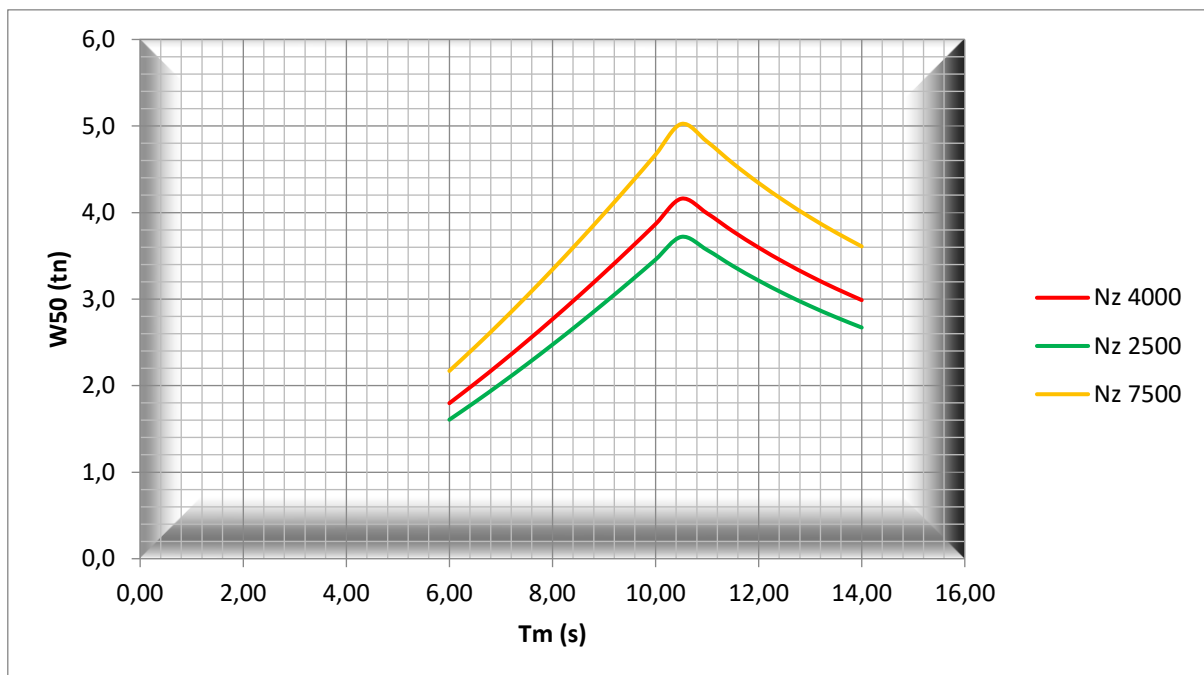


Figura 4 W50 (tn) vs Tm (s), per a peces d'escullera en el talús exterior, amb talús 2H:1V, segons formulació de Van der Meer per a diferents durades de temporal, per inici d'avaria, sota condicions de canvi climàtic

Els resultats indiquen que els pesos requerits passen a situar-se lleugerament per sobre dels obtinguts en condicions ELU associades a un període de retorn de 240 anys, assolint valors màxims propers a les 5,0 tn per als escenaris més desfavorables analitzats. Tot i això, cal tenir en compte que aquests valors corresponen a hipòtesis molt conservadores tant pel que fa a la durada del temporal com a l'evolució prevista del clima marítim.

Per tant, es conclou que la **secció projectada manté unes condicions d'estabilitat acceptables sota escenaris de canvi climàtic**, considerant-se suficient la disposició d'un mantell exterior format per escullera de 3–5 tn.

4. CONCLUSIONS

D'acord amb els càlculs d'estabilitat realitzats mitjançant la formulació de Van der Meer i les verificacions efectuades per a diferents durades de temporal i períodes mitjos d'onatge, es considera que la secció projectada del martell presenta unes condicions d'estabilitat adequades davant les accions marítimes de disseny.

El dimensionament adoptat contempla un mantell exterior format per escullera de 3–5 tn, una capa de filtre d'escullera de 300–500 kg i un nucli d'escullera sense classificar, amb talús 2H:1V, garantint la compatibilitat amb les condicions d'onatge extremal associades a un període de retorn de 240 anys.

Addicionalment, la verificació sota escenaris de canvi climàtic mostra un increment moderat de les sol·licitacions, mantenint-se, no obstant això, dins de valors compatibles amb la solució adoptada. Per tant, es conclou que el dimensionament proposat és suficient i tècnicament adequat per a garantir l'estabilitat del martell projectat.

APÈNDIX 01 – CÀLCUL REQUERIMENTS DE PES

ANÀlisi DIMENSIONAL - FORMULACIÓ VAN DER MEER - ESCULLERES - TR=240 ANYS																	
Hs (m)	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89
ps (tn/m3)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
pw (tn/m3)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
cot (α)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
P	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
S	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Nz	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00
Tm,o (s)	14,00	13,50	13,00	12,50	12,00	11,50	11,00	10,50	10,00	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00
Δ	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
L m,0 (m)	305,70	284,26	263,59	243,71	224,60	206,27	188,73	171,96	155,97	140,76	126,34	112,69	99,82	87,73	76,43	65,90	56,15
s m,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
ξm	5,14	4,96	4,78	4,59	4,41	4,22	4,04	3,86	3,67	3,49	3,31	3,12	2,94	2,75	2,57	2,39	2,20
ξmc	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Hs/Δ*Dn50	1,09	1,11	1,13	1,15	1,18	1,20	1,23	1,26	1,29	1,32	1,36	1,40	1,44	1,49	1,54	1,60	1,67
Hs/Δ*Dn50	1,44	1,42	1,40	1,38	1,36	1,33	1,31	1,29	1,26	1,24	1,21	1,18	1,15	1,12	1,09	1,06	1,03
Dn 50 (m)	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,38	1,40	1,43	1,42	1,39	1,35	1,31	1,27	1,23	1,19	1,15	1,10
β(º)	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61
cβ	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
γβ	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Dn 50* (m)	1,04	1,06	1,08	1,09	1,11	1,13	1,15	1,17	1,17	1,14	1,11	1,08	1,04	1,01	0,98	0,94	0,90
W 50 (tn)	3,02	3,16	3,30	3,46	3,64	3,83	4,04	4,27	4,23	3,91	3,61	3,31	3,02	2,74	2,47	2,21	1,96

Hs (m)	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89
ps (tn/m3)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
pw (tn/m3)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
cot (α)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
P	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
S	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Nz	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00
Tm,o (s)	14,00	13,50	13,00	12,50	12,00	11,50	11,00	10,50	10,00	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00
Δ	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
L m,0 (m)	305,70	284,26	263,59	243,71	224,60	206,27	188,73	171,96	155,97	140,76	126,34	112,69	99,82	87,73	76,43	65,90	56,15
s m,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
ξm	5,14	4,96	4,78	4,59	4,41	4,22	4,04	3,86	3,67	3,49	3,31	3,12	2,94	2,75	2,57	2,39	2,20
ξmc	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Hs/Δ*Dn50	1,16	1,18	1,21	1,23	1,26	1,28	1,31	1,34	1,37	1,41	1,45	1,49	1,54	1,59	1,64	1,71	1,77
Hs/Δ*Dn50	1,54	1,51	1,49	1,47	1,45	1,42	1,40	1,37	1,34	1,32	1,29	1,26	1,23	1,20	1,16	1,13	1,10
Dn 50 (m)	1,20	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,32	1,34	1,34	1,30	1,27	1,23	1,20	1,16	1,12	1,08	1,04
β(º)	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61
cβ	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
γβ	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Dn 50* (m)	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,08	1,10	1,10	1,07	1,04	1,01	0,98	0,95	0,92	0,88	0,85
W 50 (tn)	2,50	2,62	2,74	2,87	3,01	3,17	3,34	3,54	3,50	3,24	2,99	2,74	2,50	2,27	2,05	1,83	1,63

Hs (m)	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89
ps (tn/m3)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
pw (tn/m3)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
cot (α)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
P	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
S	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Nz	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00
Tm,o (s)	14,00	13,50	13,00	12,50	12,00	11,50	11,00	10,50	10,00	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00
Δ	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
L m,0 (m)	305,70	284,26	263,59	243,71	224,60	206,27	188,73	171,96	155,97	140,76	126,34	112,69	99,82	87,73	76,43	65,90	56,15
s m,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
ξm	5,14	4,96	4,78	4,59	4,41	4,22	4,04	3,86	3,67	3,49	3,31	3,12	2,94	2,75	2,57	2,39	2,20
ξmc	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Hs/Δ*Dn50	1,22	1,24	1,26	1,29	1,32	1,34	1,37	1,41	1,44	1,48	1,52	1,56	1,61	1,66	1,72	1,79	1,86
Hs/Δ*Dn50	1,61	1,59	1,56	1,54	1,51	1,49	1,46	1,44	1,41	1,38	1,35	1,32	1,29	1,26	1,22	1,19	1,15
Dn 50 (m)	1,14	1,16	1,17	1,19	1,21	1,23	1,26	1,28	1,28	1,24	1,21	1,18	1,14	1,10	1,07	1,03	0,99
β(º)	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61
cβ	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
γβ	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Dn 50* (m)	0,94	0,95	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,05	1,05	1,02	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,84	0,81
W 50 (tn)	2,17	2,27	2,38	2,49	2,62	2,75	2,90	3,07	3,04	2,81	2,60	2,38	2,17	1,97	1,78	1,59	1,41

ANÀlisi DIMENSIONAL - FORMULACIÓ VAN DER MEER - ESCULLERES - TR=240 ANYS AMB CANVI CLIMÀTIC																	
Hs (m)	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06
ps (tn/m3)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
pw (tn/m3)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
cot (α)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
P	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
S	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Nz	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00	7500,00
Tm,o (s)	14,00	13,50	13,00	12,50	12,00	11,50	11,00	10,50	10,00	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00
Δ	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
L m,0 (m)	305,70	284,26	263,59	243,71	224,60	206,27	188,73	171,96	155,97	140,76	126,34	112,69	99,82	87,73	76,43	65,90	56,15
s m,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
ξm	5,00	4,82	4,64	4,46	4,28	4,11	3,93	3,75	3,57	3,39	3,21	3,03	2,86	2,68	2,50	2,32	2,14
ξmc	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Hs/Δ*Dn50	1,11	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	1,25	1,28	1,31	1,34	1,38	1,42	1,46	1,51	1,57	1,62	1,69
Hs/Δ*Dn50	1,43	1,41	1,39	1,36	1,34	1,32	1,30	1,27	1,25	1,22	1,20	1,17	1,14	1,11	1,08	1,05	1,02
Dn 50 (m)	1,36	1,38	1,40	1,43	1,45	1,47	1,50	1,52	1,49	1,45	1,41	1,37	1,33	1,29	1,24	1,20	1,15
β(º)	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61
cβ	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
γβ	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Dn 50* (m)	1,11	1,12	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,21	1,18	1,15	1,11	1,08	1,05	1,01	0,97	0,94
W 50 (tn)	3,61	3,77	3,94	4,13	4,34	4,57	4,82	5,02	4,67	4,32	3,99	3,66	3,34	3,03	2,73	2,45	2,17

Hs (m)	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06
ps (tn/m3)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
pw (tn/m3)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
cot (α)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
P	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
S	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Nz	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00
Tm,o (s)	14,00	13,50	13,00	12,50	12,00	11,50	11,00	10,50	10,00	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00
Δ	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
L m,0 (m)	305,70	284,26	263,59	243,71	224,60	206,27	188,73	171,96	155,97	140,76	126,34	112,69	99,82	87,73	76,43	65,90	56,15
s m,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
ξm	5,00	4,82	4,64	4,46	4,28	4,11	3,93	3,75	3,57	3,39	3,21	3,03	2,86	2,68	2,50	2,32	2,14
ξmc	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Hs/Δ*Dn50	1,18	1,20	1,22	1,25	1,27	1,30	1,33	1,36	1,39	1,43	1,47	1,51	1,56	1,61	1,67	1,73	1,80
Hs/Δ*Dn50	1,52	1,50	1,48	1,45	1,43	1,40	1,38	1,35	1,33	1,30	1,27	1,24	1,21	1,18	1,15	1,12	1,08
Dn 50 (m)	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36	1,39	1,41	1,43	1,40	1,36	1,32	1,29	1,25	1,21	1,17	1,12	1,08
β(º)	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61	39,61
cβ	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
γβ	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Dn 50* (m)	1,04	1,06	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15	1,16	1,13	1,11	1,08	1,05	1,01	0,98	0,95	0,91	0,88
W 50 (tn)	2,99	3,12	3,27	3,42	3,60	3,78	3,99	4,16	3,87	3,58	3,30	3,03	2,77	2,51	2,26	2,03	1,80

Hs (m)	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06	3,06
ps (tn/m3)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
pw (tn/m3)	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
cot (α)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
P	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
S	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Nz	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00	2500,00
Tm,o (s)	14,00	13,50	13,00	12,50	12,00	11,50	11,00	10,50	10,00	9,50	9,00	8,50	8,00	7,50	7,00	6,50	6,00
Δ	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
L m,0 (m)	305,70	284,26	263,59	243,71	224,60	206,27	188,73	171,96	155,97	140,76	126,34	112,69	99,82	87,73	76,43	65,90	56,15
s m,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
ξm	5,00	4,82	4,64	4,46	4,28	4,11	3,93	3,75	3,57	3,39	3,21	3,03	2,86	2,68	2,50	2,32	2,14
ξmc	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77	3,77
Hs/Δ*Dn50	1,24	1,26	1,28	1,31	1,33	1,36	1,39	1,43	1,46	1,50	1,54	1,59	1,63	1,69	1,75	1,81	1,89
Hs/Δ*Dn50	1,59	1,57	1,55	1,52	1,50	1,47	1,45	1,42	1,39	1,36	1,33	1,30	1,27	1,24	1,21	1,17	1,13
Dn 50 (m)	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,35	1,36	1,33	1,30	1,26	1,23	1,19	1,15	1,11	1,07	1,03
β(º)	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61	38,61
cβ	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
γβ	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Dn 50* (m)	1,00	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08	1,10	1,12	1,09	1,06	1,04	1,01	0,98	0,95	0,91	0,88	0,85
W 50 (tn)	2,67	2,79	2,92	3,06	3,21	3,38	3,57	3,72	3,46	3,20	2,95	2,71	2,47	2,25	2,02	1,81	1,61