



ESTUDIOS VIABILIDAD DIQUE FLOTANTE

DE 85.000 t DE FUERZA ASCENSIONAL

INDICE

- 1.-Resumen
- 2.- Oportunidades para Ferrol
- 3.- Instalación y necesidad de dragado
- 4.- Botadura
- 5.- Unión de secciones del dique a flote
- 6.- Justificación básica de estabilidad
- 7.- Cálculo estructural
- 8.- Oportunidades



Apéndices

- 1.- Plano de disposición General
- 2.- Plano de capacidades
- 3.- Plano de cuaderna maestra y mamparo típico



1.- Resumen

Tras realizar un análisis de los requisitos técnicos impuestos para el diseño de un dique flotante para reparación naval y estudios del Estado del Arte de diques similares en operación actualmente, se ha procedido a realizar el dimensionamiento básico de uno conforme a la normativa "*Rules and Regulations for the Construction and Classification of Floating Docks, July 2003, incorporating Notice No. 1, 2, 3, 4, 5, 6 & 7*", cuyas características principales resultan:

- Nota de Clase LR +A Floating Dock for operation in protected waters
- Fuerza ascensional 85,000 t
- Aptopara VLCC 300,000 dwt, gaseros Q-Max y portacontenedores de 14000TEUs.
- L pontona =380 m (L Columnas = 360 m)
- B ext(abajo, arriba)= 76 m / 78 m
- B int = 65 m
- H = 27 m (Hpontona centro = 6.4 m, Hpontona costados = 6.0 m; brusca 400 mm)
- T proyecto = 14.5 m (T escantillonado= 16.5 m)
- Permite inmersión a 23 m para salvamento de buques con calado de 15 m (fuera de clase)
- Fuerza ascensional = aprox. 85.000t (VLCC 300,000 dwt)
- Bombas 16 x 4000 m³/h
- Reflotado en menos de 3 horas
- 6 chigres amarre buques y un chigre de alar sobre guías longitudinales
- Bitas amarre y equipo de amarre dique
- Grupo de emergencia para alumbrado y contra incendios 3000 kW
- Gruas 2 (25t @18 m y 14t @32.5 m. Altura gancho 23 m)
- Peso de acero = 36.671t
- Peso tubería = 950 t
- Metros cable = 200.000 m
- Pintura = 580.000 m² (esquema 20 años)
- No se han considerado necesidades de vapor para calefacción tanques buques, tanques de combustible y aceite sucio buques, etc.

Existen diques flotantes similares en operación en China en los astilleros de Dalian (350x76 m) y Co shipyard Shanghai (410x82 m) y en Korea Daewoo (362x72 m y 438 x 96 m) y Samsung (449 x 96 m). En Turquía cuentan con un dique flotante fabricado en hormigón reforzado con acero (350 x 80 m)

Debido a su dimensión en manga y eslora, la puesta en el agua del dique se realizaría mediante lanzamiento independiente de tres secciones (1 x 160m y 2 x 110m), en las gradas de Fene, deslizando la estructura del dique por la imada exterior de la grada 1 y 2. Sería preciso el desguace de una cuña de hormigón reforzado de 25x10x1.8 m

La unión de las secciones se realizará a flote en el Muelle 10 de Fene. Para facilitar esta actividad, el diseño del fondo del dique está elevado en la zona de cada unión, para así permitir la soldadura en seco.

La instalación del dique flotante se realizará mediante fondeo en duques de alba instalados en la mar. El dique flotante se instalaría orientado en disposición paralela al dique seco de reparaciones existente en la factoría de Navantia Ferrol, en una zona de profundidad existente 11.2 m, lo cual requeriría un dragado mínimo de 5.3 m.



2.- Oportunidades para Ferrol

Ferrol se encuentra en la ruta de buques de tecnología avanzada, a cuya reparación y mantenimiento podría optar con un dique flotante. Entre ellos, se destacan los grandes gaseros Q-Max que se dirigen a la planta regasificadora de Bilbao, buques de crucero con escala en Ferrol, A Coruña y Vigo, y buques porta contenedores y petroleros VLCC en ruta hacia puertos europeos procedentes de China. Ciertos factores impiden este mercado en la actualidad, tales como:

- Las dimensiones del dique seco de Navantia en Ferrol (330 x 51 m), que son insuficientes para varada de estos buques
- El grado de saturación de las instalaciones en Ferrol, que no permite optar a un mercado más amplio y reparaciones de mayor duración



Buque gaseo tipo Q-Max 345x 53.8 m



Grandes buques crucero en el puerto de A Coruña

Asimismo, el dique flotante podría tener usos alternativos puntuales en zonas portuarias, habitualmente en el centro de las ciudades costeras, tales como plataforma auxiliar para proveer aparcamiento para +2.000 vehículos, plataforma para espectáculos y recinto ferial

Además, un dique flotante permitiría el acceso de los astilleros de Navantia al **mercado de las transformaciones navales y artefactos offshore**, las cuales requieren la conversión de un buque existente en otro, alargamiento de buques, reparación de unidades de geometría atípica , etc. Todas estas son operaciones de gran valor añadido que requieren la implicación de la industria local.



Accidente del buque 'Prestige' en Galicia en 2002

Por otra parte, el diseño del dique permitiría emplearlo excepcionalmente en el marco del **Salvamento marítimo y lucha contra la polución**, siendo remolcado al puerto de abrigo donde se encuentre el buque accidentado para proceder a su varada y transporte al astillero de reparación, confinando el derrame durante el transporte.

Finalmente, además de los **nuevos puestos de trabajo** que se generarán en su explotación, la construcción del dique en la comarca, aseguraría **carga de trabajo inmediata para los astilleros** de



Ferrol e industria auxiliar por plazo de 2 años, contribuyendo así al sostenimiento de este sector estratégico para la Galicia.

3.- Instalación y necesidades de dragado

Se ha dimensionado el dique para operación normal con buques de calado máximo 6 m, lo cual requiere sumergirse hasta una cota de 14.5 m para la operación de entrada, lo cual requiere dragado hasta una profundidad de 16.5 m. A continuación se realiza un desglose de las cotas que se han considerado para concluir la necesidad de dragado y calado del dique:

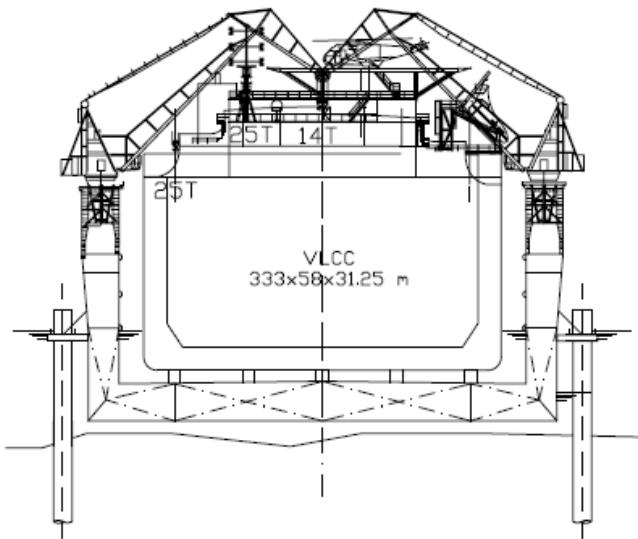
- Calado quilla nivel máx. buque entrada	6.0 m
- Margen agua entre picaderos y buque	0.3 m
- Altura picaderos	1.8 m
- Puntal pontona dique	6.4 m (calado dique 14.5 m)
- Margen de agua bajo dique hasta fondo	1.0 m
- Margen de dragado	1.0 m
TOTAL	16.5 m

La instalación se realizará en disposición paralela al Dique seco no.3 de Carenas Ferrol, en una zona de profundidad 9 m, por lo que sería necesario dragar unos 7.5 m para la entrada de buques con calado de 6 m. La instalación se realiza mediante enhebrado de 3 anillos fijos a la estructura del dique en el costado de estribor en sendos duques de alba instalados en la mar, dos duques de alba en la zona de babor y amarre al muelle en la zona de contacto.

El dique flotante se instalaría orientado en disposición paralela al dique seco de reparaciones existente en la factoría de Navantia Ferrol, sin interferir con las maniobras habituales de construcción y reparación naval de este astillero.

La instalación se ha previsto mediante una combinación de puntos de amarre a tierra y el enhebrado de anillos fijos a la estructura del dique en duques de alba dispuestos en la mar.





Sección transversal del dique fondeado mediante duques de alba

4.- Botadura

Si bien la construcción de los bloques puede compartirse entre los astilleros de Fene y Ferrol, debido a su dimensión en manga y eslora, la puesta en el agua del dique se realizaría mediante **lanzamiento independiente de tres secciones** (1 x 160m y 2 x 110m), en las gradas de Fene, deslizando la estructura del dique por la imada interior de la grada 1 y 2. Otras soluciones resultan en destrozos en la grada y el dique flotante, tal y como se señala en la tabla siguiente:

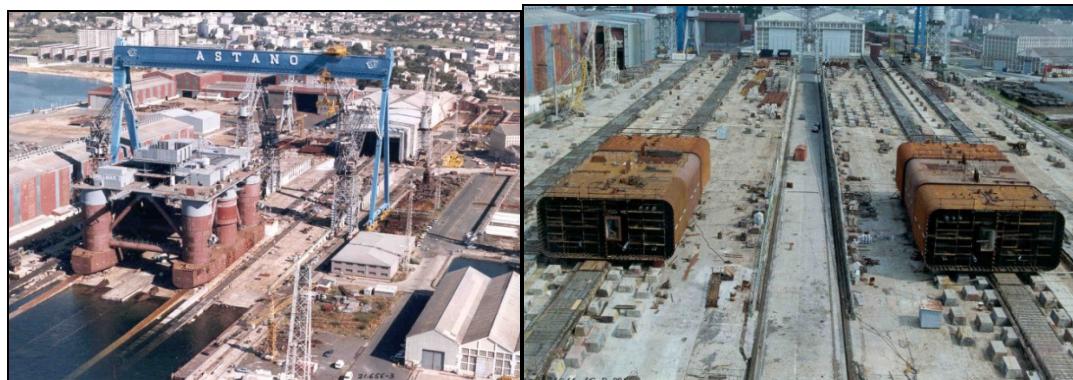
Opción	Descripción	Resultado
1	Dique completo (380 m)	NO ES VIABLE Grandes dificultades soportado en grada en zona grada extremo mar. Serios destrozos en la grada durante el lanzamiento en zona porticada e imadas lado mar. Reforzados necesarios en zona maciza
2	Lanzamiento en dos secciones (270 y 110 m)	NO ES VIABLE Necesario reforzado grada en transición imadas de zona maciza a lado mar.
3	Lanzamiento en tres secciones (1x160 y 2 x110)	VIABLE Lanzamiento sin complicaciones

La configuración seleccionada es la opción 3, ya que es la única que resulta viable con las instalaciones existentes. Si bien esta configuración presenta la desventaja de que es preciso realizar tres botaduras, tiene la ventaja de que solo se emplea una parte de la grada, con lo que las anguilas pueden reutilizarse y la zona de grada a resanar, caso de ser preciso, es más corta.

Los cálculos de botadura se han realizado con un software propio adaptado a las gradas de Fene. El máximo momento flector en botadura del tramo de 160 m es de 169476 t*m y el máximo esfuerzo



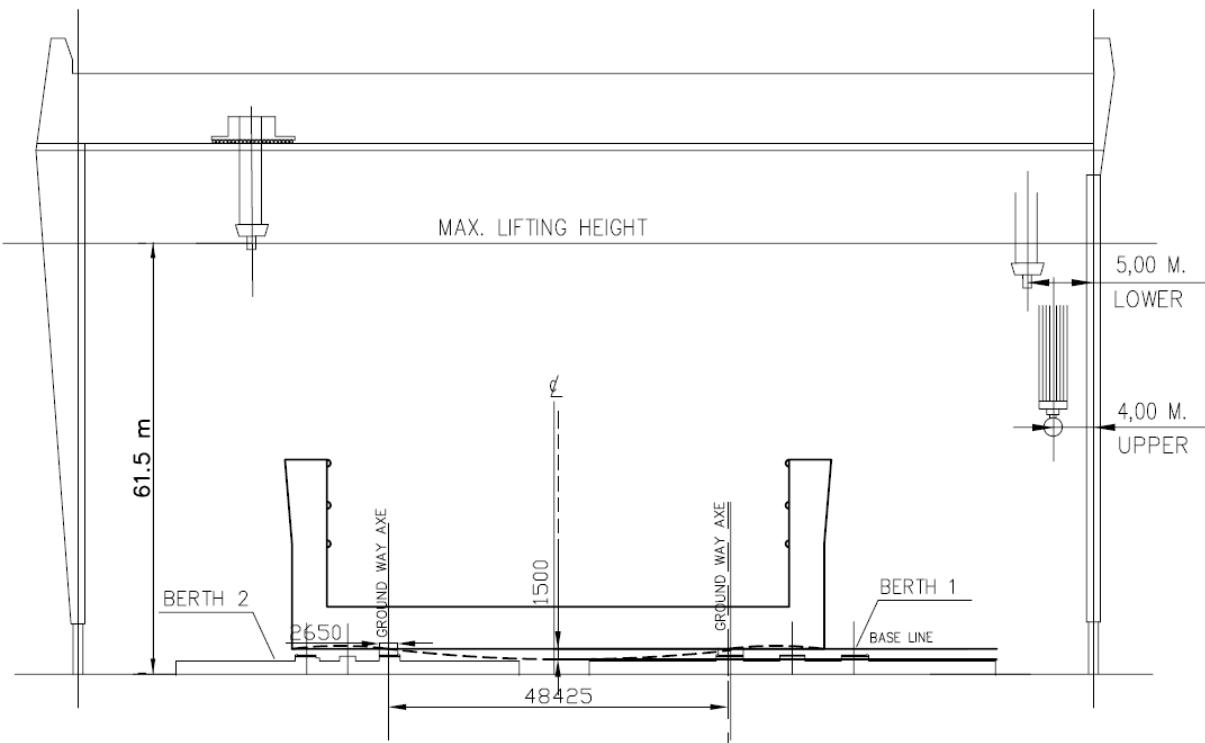
cortante de 4961 t. Las presiones durante el giro son inferiores a 10 kg/cm² y las estáticas inferiores a 2 kg/cm². Una botadura similar se realizó de manera parecida a lo que se hizo en la botadura de la semisumergible Drillmar



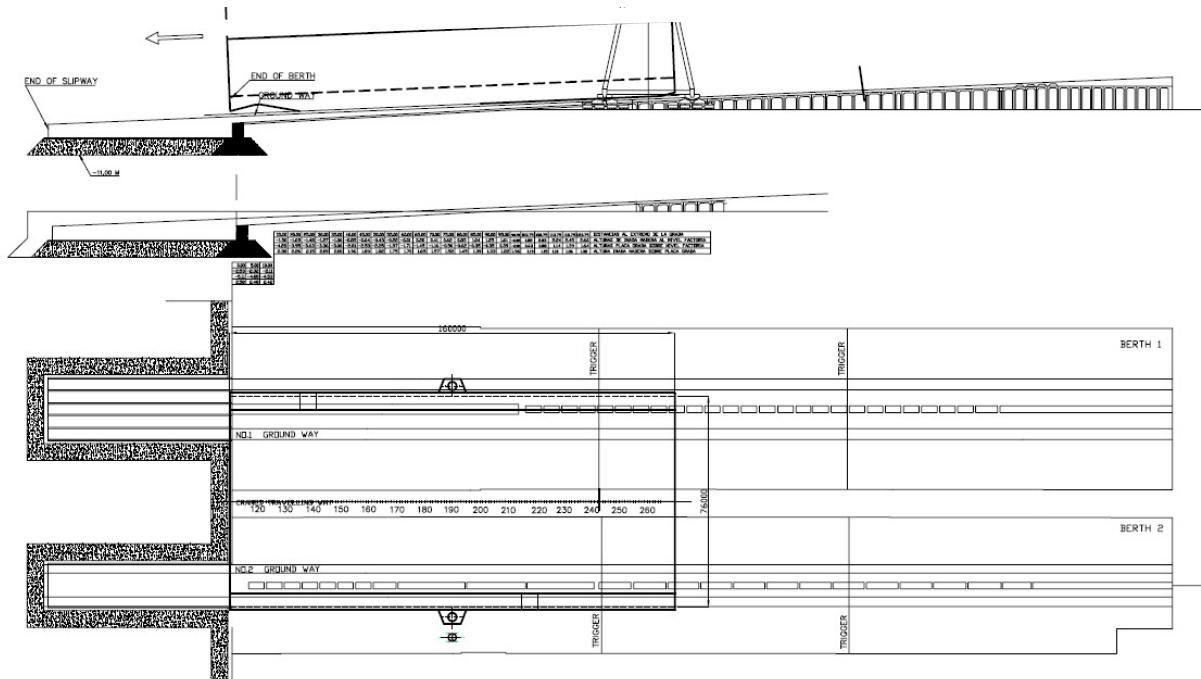
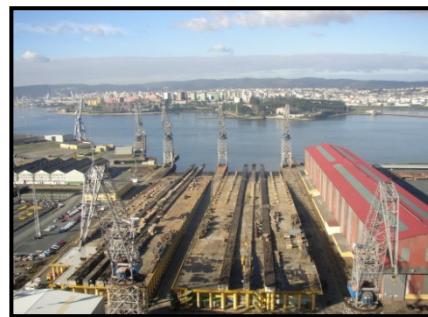
Disposición en grada plataforma Drillmar

Se ha realizado una inspección a las gradas y en general se encuentran en buen estado en su parte baja, pudiendo requerir la grada 2 el saneamiento de la madera en alguna zona. Habría que considerar el estado de conservación los patines y anguilas, lo cual no se ha podido comprobar.

En las siguientes imágenes se muestra la disposición idealizada en grada del dique flotante.



Vista transversal posición en grada en zona próxima a llaves



Vista longitudinal y en planta de posición en grada de trozo de 160 m

La flexibilidad de la estructura del dique hace que la estructura adquiera una flecha en su parte central tras las transferencia a imadas el día de la botadura. Esta se estima en 1500 mm, si bien la cifra es pesimista y requiere un cálculo más fino para mejor precisión.

Como se puede apreciar en la figura siguiente, la deflexión de la estructura está próxima a la interferencia en la zona "lado tierra", próxima a la llave, donde la altura de la imada es menor. En esta zona, las imadas tienen una altura de 890 mm sobre el plan de la grada 2 (que es algo más restrictivo que la grada 1). Asumiendo una altura de anguilas estándar de 900 mm, el gap entre el plan de la grada y el fondo plano con flecha de 1500 mm **en su zona central es de tan solo 290 mm**. Esta flecha tiene lugar en el momento de la transferencia a imadas, el día de la botadura, siendo más amplio durante la construcción, debido a que el buque está un poco más elevado y soportado en más puntos por los picaderos de construcción y tacadas de quilla, lo cual reduce la deflexión.

A medida que la imada avanza hacia el agua, se la altura de la imada sobre el plan de la grada aumenta, debido a que este adquiere cierta pendiente y no hay peligro de interferencia, excepto en una cuña de hormigón de 25 m en el lado mar de la grada, la cual habría que desguazar.



COLEGIO OFICIAL DE
INGENIEROS NAVALES Y OCEÁNICOS

GALICIA

El proceso de puesta en grada y botadura debe contemplar:

- Antes de la puesta en grada de los bloques,
 - Retirar las dos grúas de cigüeña de 80 y 60 t que corren por el medio de las gradas hacia su cabecera.
 - desmontaje de los servicios de ambas gradas próximos a la línea central (tuberías de agua y gas, luminarias, cuadros eléctricos, etc) y parte superior de estructura para gatos de empuje, cuya posición habría que llevar al extremo lado tierra.
- Antes de la botadura:
 - Proceder a la retirada del tramo desmontable de 35 m de longitud que da continuidad al plano de la factoría entre ambas gradas y sirve de camino de rodadura de las grúas de cigüeña entre gradas en zona lado mar.
 - **Desguace de una cuña de hormigón reforzado de 25x10x1.8m** de altura que sirve de conexión entre el camino de rodadura desmontable.

Tras la botadura, salvo reparación, el camino de rodadura de las grúas de cigüeñas entre gradas se vería disminuido en 60 m en el lado mar de las gradas, salvo reconstrucción posterior de la cuña de hormigón desguazada.

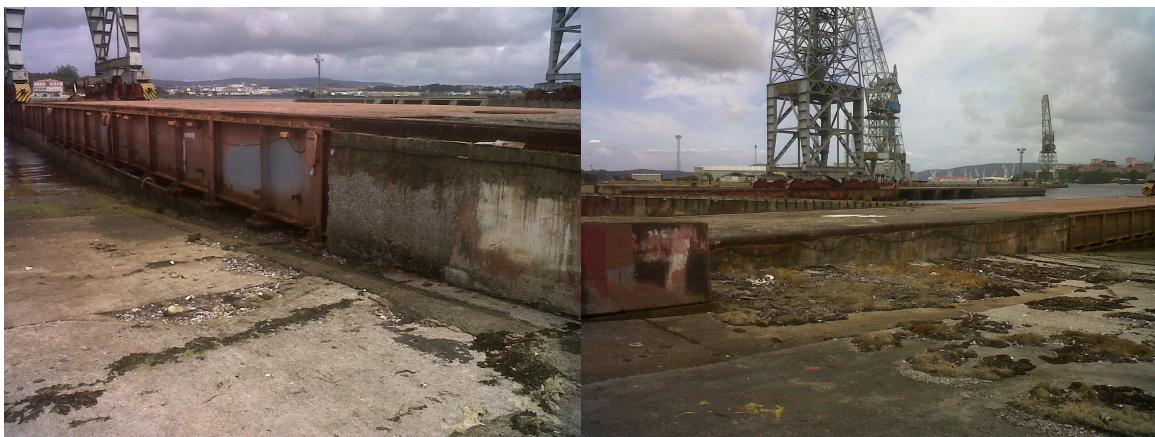
En las imágenes siguientes se muestran los elementos desmontables para evitar interferencias, así como la cuña de hormigón que requiere desguace:



Servicios de la grada a desmontar



Estructura de gatos a desmontar

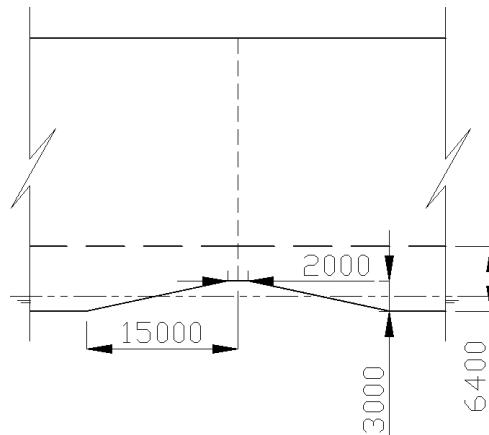


Tramo desmontable rodadura grúa cigüeña

Tramo de hormigón reforzado a desguazar

6.- Unión de sección del fique a flote

La unión de las secciones se realizaría a flote en el Muelle 10 de Fene. Para facilitar esta actividad, el diseño del fondo del dique está elevado en la zona de cada unión, para así permitir la soldadura en seco.



Geometría del fondo plano en la zona de unión de secciones de 160 y 110 m

La propuesta anterior de soldadura a flote es bastante habitual en offshore. En la imagen inferior, se aprecia como en un astillero de Aker en Corpus Christi (Golfo de México), están haciendo la soldadura a flote de dos secciones de cilindro de 40 m de diámetro y 115 m de eslora cada uno. Le van dando la vuelta con remolcadores a medida que sueldan. Y con calidad suficiente para estar 20 años en operación continua



Soldadura a flote de secciones de DDCV en Aker – Golfo de México

Sería posible el remolque a Puerto Real para hacer una reparación importante. También podría considerarse volver a cortar las secciones de 110 m ó 160 m y enviar a reparar solo el trozo que lo requiera, quedando las partes restantes a flote en Ferrol

Para reparaciones de relevancia en el dique que requieran carenado, sería preciso el remolque a Puerto Real de dimensiones 100 x 500 m. No se prevén problemas de entrada/salida por el Canal de Ferrol entre castillos, el cual tiene un ancho útil de 160 m, permitiendo así los movimientos del dique fuera de la Ria.

7.- Justificación básica de estabilidad

Se ha considerado como carga de proyecto 85,000 t con centro de gravedad a 17 m sobre la quilla del buque que va a ser varado, lo cual implica 25.2 m sobre la línea base del dique, teniendo en cuenta una altura de picaderos de 1.8 m.

Algunos ejemplos de buques que podrían vararse son:

- VLCC de dimensiones LOA/LppxBx D: 333/318 x 58 x 31 m
- Gasero Q-Flex, de dimensiones LOA/Lppx BxD: 345/332 x 53 x 27 m
- Buque portacontenedores LOAxBxD: 360 x 51 x 30

Los requisitos de estabilidad se han verificado para las siguientes condiciones, según requerido por las Reglas del LR para diques flotante:

- 1) Francobordo mínimo según LR Sect.1.8.1.- Se requieren 300 mm en la línea central y 75 mm a la altura de las columnas, y se dispone de 1.84 m y 1.44 m respectivamente, por lo que existe un amplio margen.
- 2) Estabilidad del dique inundado en máxima carga según LR Sect.1.9.1.a.- Se dispone de un GM corregido de 20.69 m, siendo el requisito mínimo 1 m, por lo que existe amplio margen



- 3) Estabilidad del dique ascendiendo con calado a parte alta picaderos y máxima carga varada según LR Sect.1.9.1.b.- Se dispone de un GM corregido de 11.73 m, siendo el requisito mínimo 1 m, por lo que existe amplio margen

Los detalles del cálculo se incluyen a continuación

Desglose peso rosca	Peso	VCG
Aceros	36.500	7,0
Equipos	2.000	7,0
Tubería	950	3,0
Cable	200	7,0
Otros (pintura, etc)	1.000	7,0
Lastre no bombeable	5.161	0,2
Fluidos en tuberías	1.000	3,0
Grúas	1.800	37,0
Rosca	48.611	-
Margen (3%)	1.389	-
TOTAL	50.000	7,2

Desglose peso rosca	Peso	VCG*
VLCC	85.000	25,2

*17 m sobre picaderos

1) Cálculo Francobordo (LR Sect.1.8.1)				
Desplazamiento trabajo	135.000	(Rosca + Fza.Ascensional)		
Calado	4,56			
Francobordo (columnas)	1,44	>0.3 m requerido LR Sect.1.8.1 --> Ok!	margen=	1,14
Francobordo (centro)	1,84	>0.75 m requerido LR Sect.1.8.1 --> Ok!	margen=	1,09

**2) Cálculo estabilidad dique sumergido (LR Sect.1.9.1.a)**

$$GM_t = KM - KG = (KB - BM_t) - KG \text{ total}$$

$$BM_t = I / Vol = [2 \cdot (1/12 lb^3 + lbd^2)] / Vol$$

$$KG \text{ total} = KG - \text{correc.sup.libres}$$

Corre.sup.libres = tanques con sup libre * (1/12 Itanque * b³ tanque) / VOL (Información: 1 tanque al 50% --> 0.25 m)

T.....	16,50 m
--------	----------------

Vol carena al calado T.....	216.856,00 m ³
-----------------------------	---------------------------

Desplazamiento carga...	0 t
-------------------------	-----

Lastre necesario	168.075,51 m ³	< lastre disponible --> Ok!
------------------------	---------------------------	-----------------------------

KB.....	4,44 m
---------	--------

KG lastre	3,98 m
-----------------	---------------

KG combinado.....	4,71 m
-------------------	--------

Corr.Sup.libres.....	0 m
----------------------	-----

KG total.....	4,71 m
---------------	--------

BM t	20,96 m
------------	---------

GMt	20,69 m	> 1 m requerido LR Sect.1.9.2 --> Ok!
-----------	---------	---------------------------------------

3) Cálculo estabilidad a calado parte alta picaderos y carga máxima buque (LR Sect.1.9.1.b)

* Condición ascensión

$$GM_t = KM - KG = (KB - BM_t) - KG \text{ total}$$

$$BM_t = I / Vol = [2 \cdot (1/12 lb^3 + lbd^2)] / Vol$$

$$KG \text{ total} = KG - \text{correc.sup.libres}$$

Corre.sup.libres = tanques con sup libre * (1/12 Itanque * b³ tanque) / VOL

T.....	8,20 m
--------	---------------

Vol carena al calado T.....	186.976,00 m ³
-----------------------------	---------------------------

Desplazamiento carga...	85.000,00 t	KG carga ..	25,2 m
-------------------------	-------------	-------------	--------

Lastre necesario	55.268,68 m ³	< lastre disponible --> Ok!
------------------------	--------------------------	-----------------------------

KB.....	3,35 m
---------	--------

KG lastre	3,00 m
-----------------	---------------

KG combinado.....	13,93 m
-------------------	---------

Corr.Sup.libres.....	2 m	(se asumen 8 tanques con llenado parcial)
----------------------	-----	---

KG total.....	15,93 m
---------------	---------

BM t	24,30 m
------------	---------

GMt	11,73 m	> 1 m requerido LR Sect.1.9.2 --> Ok!
-----------	---------	---------------------------------------



8.- Cálculo estructural

Se ha realizado un dimensionamiento básico del dique empleando el programa de cálculo MARS de la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas, si bien se han empleado los criterios de LR en cuanto a Momentos admisibles de aguas tranquilas y ola.

Del cálculo realizado se derivan los siguientes pesos de la estructura:

Peso total Estructura Longitudinal :	28.031 t
Peso total bulárcamas :	5.637 t
Peso total mamparos :	898 t
Peso Total Estimado Estructura	<i>34.566 t</i>
Soldadura 3%	1.037 t
Margen Diseño 3%	1.068 t
<i>Total</i>	<i>36.671 t</i>

8.- Oportunidades

- Se constata un exceso de estabilidad con respecto a lo requerido por la reglamentación. Esto implica que el dique está sobredimensionado, y permitiría:

- 1) Si se mantienen las características de los buques para los que ha sido diseñado (VLCC 300,dwt, gasero Q-Max y portacontenedores 8000 TEUs):
 - Reducir sus dimensiones en eslora al menos 40 m
 - Reducir su dimensión en manga, teniendo en cuenta los amplios márgenes existentes en relación a las dimensiones de los buques para los que está contemplado
 - 2) Si se opta a un buque de mayor tamaño ChinaMax : Incrementar la manga total unos 4 m, pasando de 76 a 80 m.
- Se podría reducir el puntal de la estructura del orden de 5 m en función de la disponibilidad en el mercado de las grúas con altura suficiente para los buques a operar.
- Sería conveniente reducir la manga útil interior a 64 m en lugar de 65 m. Esto permitiría mayor holgura en la disposición de chigres de posicionamiento del buque y chigre de alar, con sus guías. También para mayor comodidad en la disposición de los servicios perimetrales del dique. Esto no parece un problema, teniendo en cuenta la holgura existente con los buques para los que está prevista la operación.
- En el caso de realizarse transformaciones que requieran mayor capacidad de izado, se pueden instalar grúas adicionales y/o reemplazar las existentes por otras de mayor porte.