

CAPITULO XIV

LANZAMIENTO

GENERALIDADES

Puede definirse al lanzamiento como la operación de dejar destilizar libremente un buque luego de su construcción en tierra, en el plano inclinado de una grada, por efecto de la componente de su peso y el de sus accesorios en la circunstancia; hasta que quede a flote.

En virtud de esta definición pueden darse tres clases de lanzamiento:

- a) por la popa,
- b) por la proa,
- c) por el costado.

Sin embargo puede haber otros sistemas para poner un buque a flote, ya sea inmediatamente después de su construcción en grada, o bien luego de un carenado, tales como: diques secos o flotantes; sistemas elevadores y transferencias mecánicas (Synero-lift); plataformas articuladas; guinches y varaderos; varaduras en playas; etc.

En este Capítulo abordaremos solamente el tema de los lanzamientos, y en particular en los aspectos que conciernen a la Teoría del Buque en su parte estática; el lanzamiento es un hecho dinámico; pero que en las cuestiones que se verán se resuelve en general con conceptos de la geometría y la estática del buque.

Se tratarán, aunque con menor profundidad algunos otros aspectos de cálculo y operativos, que serán profundizados en otra disciplinas específicas de la Ingeniería Naval referente a las operaciones en astilleros.

LANZAMIENTOS POR POPA Y POR PROA

Sobre la base de la definición antes enunciada, el lanzamiento por popa es aquel en que el buque avanza hacia el agua en el sentido de la eslora, tomando primer contacto con ella la popa; es el más común.

La botadura por proa es similar a la anterior; pero el primer contacto con el agua lo hace la proa; es menor utilizado, y sólo para buques con popas muy finas, como pueden ser algunos buques militares.

La botadura por popa presenta las siguientes ventajas técnicas en relación a la por proa:

- a) La zona de proa del buque es de construcción más resistente para soportar la reacción "F".
- c) La zona de popa posee formas y elementos que posibilitan mejorar el frenado del buque al salir de la grada, evitando que realice un trayecto largo o inconveniente por las características del espejo de agua donde se bota.

Algunas además opinan que complementariamente con estas ventajas técnicas, la botadu-

ra por la popa es más estética para el público que la presencia, observando la proa del buque alejándose del lugar.

Para los lanzamientos por proa o popa se apoya al buque sobre una estructura que se hace solidaria al casco, anguileras, que a su vez distribuye el peso sobre correderas (una, dos, o más) denominadas imadas, por las cuales desliza en la circunstancia que se encuentra libre para ese fin.

La utilización de una o más imadas o correderas, depende fundamentalmente de la presión requerida entre éstas y las anguileras, dado que se interpone entre ellas grasa lubricante, que admite una limitada presión para actuar adecuadamente.

ESTUDIO DEL LANZAMIENTO POR POPA

El estudio se hará para el caso específico de lanzamiento por popa; y puede dividirse en dos etapas;

a) "Estudio estático", que cubre:

1) el período en que las imadas y anguileras están totalmente en contacto, sin que ni el buque ni la cama toquen el agua.

Este período cubre el instante de la liberación del buque-cama a su propio peso, y el del trayecto hasta el instante anterior a que comience a entrar en contacto con el agua.

2) el período en que la popa del buque y su cama, se introducen en el agua, hasta el momento en que se producen los giros denominados "pivoteo" o arfada".

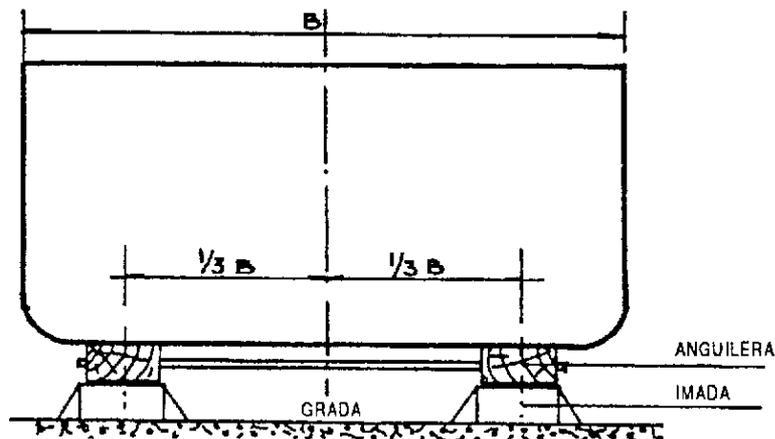


Figura 115

3) el período en que el buque y su cama se deslizan por las imadas, estando en contacto sólo en un "punto" de cada anguilera.

b) "Estudio dinámico"; que cubre:

1) desde el momento en que las anguileras dejan de estar en contacto con las imadas, hasta que comienzan a actuar los sistemas de retenida para frenar el movimiento del buque a flote,

2) el momento en que dejan de actuar los sistemas de retenida, y el buque a flote se detiene.

ESTUDIO ESTÁTICO

Como ya se adelantó, la denominación de estudio estático es relativa en este caso, pues

existe movimiento de avance del buque, tanto en tierra como parcialmente introducido en el agua.

Para el análisis correspondiente se definen específicamente:

ΔB = peso del buque en la condición del lanzamiento, compuesto por el peso propio (desplazamiento en rosca) más el peso de la cama o anguileras solidarias a él; este peso se considera aplicado en el centro de gravedad del conjunto buque-cama.

Para el caso más común de doble imada, el peso de la cama puede admitirse que incrementa al desplazamiento en rosca " Δr " entre el 5 y el 6% aproximadamente.

$$\Delta B = \Delta r \cdot (1,05 \text{ a } 1,06)$$

E = empuje debido a la zona de la carena y cama que ingresa al agua, y que pasa por el centro instantáneo de ese volumen variable,

F = reacción de las imadas al peso " ΔB ", descontando en cada instante el efecto del " E " que se genera cuando la carena-cama ingresa al agua; $F = 0$, cuando el buque está totalmente a flote.

El conjunto de fuerza " ΔB "; y " F ", influyen en cada instante en el equilibrio, dado que:

$$F = \Delta B - E$$

H = "punto" ideal, fijo a los extremos de proa de las anguileras, es decir fijo al sistema buque-cama; y por lo tanto se mueve con él.

K = "punto", ideal de las imadas, fijo al extremo proxima al agua; y que por lo tanto no se mueve con el buque-cama.

α = ángulo de la pendiente de las imadas por donde deslizan las camas fijas el buque. Si las imadas tienen generatriz curva, α es variable en cada punto.

β = ángulo entre la línea de quilla del buque y la prolongación ficticia de la superficie de deslizamiento.

f_e = coeficiente de rozamiento estático entre anguileras e imadas, separadas por la grasa lubricante.

f_d = coeficiente de rozamiento dinámico entre anguileras e imadas, separadas por la grasa lubricante.

1º Período

En el buque-cama, cuando se encuentra apoyado sobre las imadas, su peso " ΔB " se descompone en dos fuerza:

$P_1 = \Delta B \cdot \cos \alpha$; que es normal al plano de deslizamiento de las imadas; y

$P_2 = \Delta B \cdot \sin \alpha$; que es paralela al plano de deslizamiento.

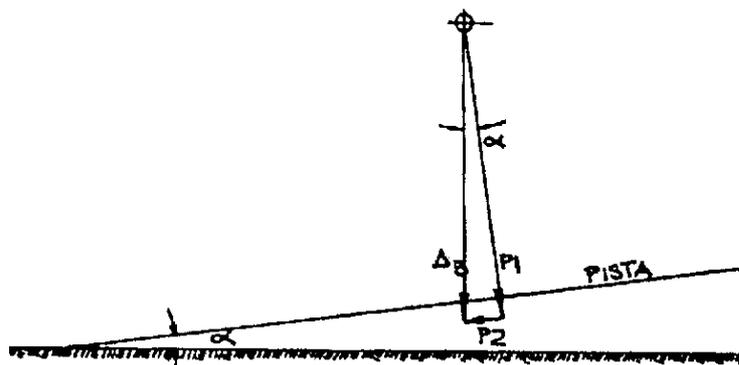


Figura 116

La fuerza "P2" es la que permite que el buque deslice naturalmente por el plano inclinado de las superficies de las imadas.

Para que ese movimiento se inicie es necesario que el buque-cama se encuentre liberado de los sistemas de retenidas; y que:

$$\Delta B \cdot \text{sen } \alpha > f_e \cdot \Delta B \cdot \text{cos } \alpha;$$

es decir:

$$\text{tg } \alpha > f_e$$

El buque comienza a deslizar teóricamente cuando la pendiente de la pista "tg α " es mayor que el coeficiente de rozamiento estático "f_e".

Para evitar que α sea de valor elevado, lo que complica la estructura de la grada y las operaciones de construcción de los buques en ella, se disminuye "f_e", utilizando grasas lubricantes especiales.

Los valores de "f" varían con las presiones entre anguileras e imadas, y con las temperaturas; además con las características de las grasas específicas.

Para la determinación de los valores "f_e" y "f_d" se han realizado muchos ensayos, pero en cada caso particular es conveniente verificarlos, dado la influencia de estos coeficientes en los lanzamientos, y considerando las características específicas de cada uno de ellos.

Existen valores dados por Tobin, que se indican en el gráfico Fig. 117 como valores medios, dado que como se aclaró varían con las temperaturas y presiones. Estos valores son para "f_d", por lo tanto se encuentran en función del recorrido del buque en la grada.

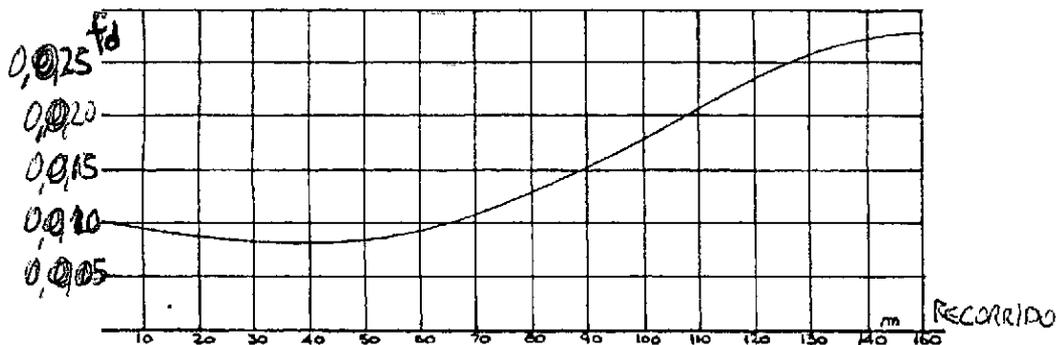


Figura 117

Con pruebas con modelos se determinó que "f_d" variaba según la aceleración del movimiento de deslizamiento, según:

$$f_d = \frac{g \cdot \text{sen } \alpha - a}{g \cdot \text{cos } \alpha}$$

donde:

g = aceleración de la gravedad,

a = aceleración del movimiento,

α = ángulo de la pendiente de la superficie de deslizamiento.

Las presiones “p” entre imadas y anguileras varían entre 0,160 a 0,366 N/mm², el aumento de esta presión puede producir la rotura de la capa lubricante, y para evitarlo es necesario aumentar el área de la superficie de las pistas con incremento del ancho o del número de imadas. Sólo en climas muy fríos puede admitirse superar el valor de “p” de 0,366 N/mm² (MPa).

La tabla siguiente indica algunos valores de “fd” y “fe”, en función de las presiones “p”, obtenidos en circunstancias reales de botaduras:

N/mm ²	fd	fe
0,156	0,0190	0,040
0,158	0,0260	0,035
0,196	0,0195	0,040
0,207	0,0215	0,032
0,217	0,0250	0,040
0,236	0,0214	0,032
0,237	0,0230	0,032
0,261	0,0210	0,045
0,263	0,0100	0,026

El ángulo α se determina en general para “fd”, por ello para el momento del comienzo del lanzamiento, y a los efectos de vencer el “fe”, se utilizan elementos de ayuda, tales como gatos hidráulicos; chigres; etc., cuya potencia debe preverse.

A continuación se indican valores de coeficientes de fricción dinámica “fd”, entre anguileras e imadas, en función de la presión “p” y la temperatura ambiente.

Valores intermedios pueden obtenerse por interpolación lineal, entre temperaturas y presiones.

Los valores indicados fueron obtenidos utilizando grasa SLIPKOTE-4.

“p”		4,5°C	25,5°C	43,5°C
N/mm ²	Kg/cm ²	(fd)	(fd)	(fd)
0,098	1,00	0,0520	0,0260	0,0165
0,147	1,50	0,0270	0,0160	0,0110
0,196	2,00	0,0170	0,0107	0,0072
0,245	2,50	0,0134	0,0095	0,0062
0,294	3,00	0,0118	0,0080	0,0054
0,343	3,50	0,0124	0,0070	0,0050
0,392	4,00	0,0085	0,0060	0,0048

Durante el deslizamiento del buque-cama sobre las imadas, y antes de hacer contacto con el agua, la ley del movimiento es:

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta B}{g} \cdot d V^2 = \Delta B (\text{sen } \alpha - \text{fd} \cdot \text{cos } \alpha) ds \quad ; \quad (\text{kg} \cdot \text{m})$$

fd = coeficiente de rozamiento dinámico en función del recorrido S,

V = velocidad de deslizamiento, que obviamente es variable en el trayecto, dado que es un movimiento uniformemente acelerado.

2º Período

Cuando el buque aún sobre las imadas toca el agua, la ley del movimiento se transforma en:

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta B}{g} \cdot dV^2 = (\Delta B \nabla i_p) (\sin \alpha - f_d \cdot \cos \alpha) ds - (f_d + C_a \cdot S_p) ;$$

donde:

∇i = volumen de la carena-cama que ingresa en el agua,

C_a = coeficiente de resistencia al avance de las pantallas de frenado; (se adopta normalmente $60 \text{ kp s}^2/\text{m}^4$),

S_p = área de la superficie frontal expuesta de las pantallas de frenado.

En ambas leyes:

ds : se sustituye por los incrementos finitos de los recorridos,

dV^2 : se reemplaza por la diferencia entre los cuadrados de las velocidades al final y al comienzo de los recorridos elementales,

V^2 : es la semisuma de los cuadrados de las velocidades al final y principio del recorrido elemental.

Para determinar la velocidad del buque al llegar al agua " V_a "; si " E_s " en el espacio que debe recorrer, resulta:

$$V_a = \frac{(2 E_s)^{1/2}}{\cos \alpha (tg \alpha - f_d)} \cdot g$$

$$V_a = \frac{E_s^{1/2}}{\cos \alpha (tg \alpha - f_d)} \cdot 0,14378$$

Sin embargo, y dado que la anterior fórmula no puede considerarse exacta admitiendo la variación de " f_d " con la velocidad, es preferible utilizar como valor:

$$V_a = 5 \text{ a } 6 \text{ m/s}$$

3º Período

En este período el buque-cama por efecto de la acción del empuje "E" comienza a girar, separándose del plano de deslizamiento y tocando en puntos ideales, que en la realidad y a causa de la deformación de los materiales en contacto (anguileras e imadas) son zonas.

Estos giros se denominan:

- a) Pivoteo
- b) Arfada

PIVOTEO

El "pivo

El se pr

"E"; con re

Ello de

puntos de

ción de la

El piv

re una br

Es imj

en el lugar

y al ha

frente a un

Se rec

pivoteo, n

mente "E"

En alj

sado leve

gitud de 9

La pr

tar la rotu

La ze

toma apr

res.

En re

llegó en a

Para

al diagra

PIVOTEO

El "pivoteo" también se lo conoce con el nombre genérico de "giro".

El se produce cuando tomando momentos estáticos de las fuerzas actuales: " ΔB "; " F " y " E "; con relación al punto " H " antes definido, resulta:

$$M_E^H > M_{\Delta B}^H ; \text{ y } M_F^H = 0$$

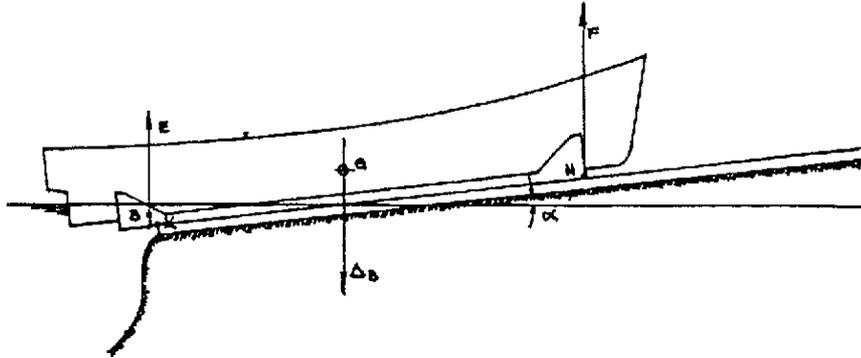


Figura 118

Ello determina que el buque-cama gira o pivotea por "H", que se convierte en los únicos puntos de contacto entre imadas y anguileras; y por lo tanto puntos instantáneos de aplicación de la reacción "F".

El pivoteo debe producirse antes que el buque abandone las imadas, caso contrario ocurre una brusca caída que genera un cabeceo o descenso dinámico de la proa al entrar al agua.

Es importante también que el giro no suceda muy prematuramente, dado que la presión en el lugar puede resultar muy elevada, a causa del valor "F" que vale:

$$F = \Delta B - E;$$

y al haber poco volumen de carena en el agua, "E" es bajo aún, determinando un "F" alto, frente a un " ΔB " constante.

Se recomienda que el valor máximo de la reacción "F" en el instante del comienzo del pivoteo, no supere: 0,2 a 0,3 . ΔB . Luego el valor máximo "F" decrece, dado que se incrementa "E".

En algunos lanzamientos y con adecuados refuerzos en el casco y grada, se ha sobrepasado levemente el valor 0,38 . ΔB sin inconvenientes. Los refuerzos pueden ocupar una longitud de 9 a 10 m del casco en la zona de proa.

La presión "p" en el lugar del pivoteo no debe exceder el valor de 0,08 N/mm² para evitar la rotura de la película de grasa lubricante; éste es por lo tanto otro límite para regular "F".

La zona de contacto real del punto "H", para la verificación de la presión en la grada, se toma aproximadamente en una longitud de 9 m para buques mayores, y de 4 m para menores.

En relación al efecto de la presión "p" de 0,98 N/mm² sobre el terreno, se admite que llegó en algunos casos a 1,47 N/mm² con estudios adecuados de las características del lugar.

Para el análisis de la presiones en el momento del comienzo del pivoteo, se considera que al diagrama de presiones igualmente distribuida y de valor "pm" de cada pista,

$$p_m = \frac{F}{2 \cdot l \cdot a}$$

F = reacción total,

l = longitud adoptada para el contacto en "H" (4 a 10m),

a = ancho en contacto entre las pistas,

Si se le agrega una parábola que determina una ordenada total en proa de (2 . pm), esta distribución de presión es la que se utiliza para el cálculo de los refuerzos de proa y de los santos o contraes de las anguileras.

Como dato ilustrativo, puede indicarse que en botaduras normales de buques de esloras del orden de 100 m, la distancia recorrida hasta el giro, fue de aproximadamente 100 m.

SALUDO

Cuando las anguileras pierden prematuramente contacto en el punto "H" con las imadas luego del pivoteo, es decir antes que se haya verificado que $\Delta B = E$, existiendo por lo tanto aún una reacción, se produce una caída brusca de la proa del buque al agua, por carencia de esa sustentación necesaria aún para el equilibrio.

Esa fuerza instantánea de desequilibrio produce un efecto que hace que la proa descienda dinámicamente, aumentando el calado en ese extremo, y actúa en forma oscilatoria amortiguada hasta lograr el equilibrio estático que corresponde a ese caso.

Cuando este "calado dinámico" supera la profundidad a la salida de la grada se produce el golpe del pié de roda con el fondo del lugar.

El calado máximo en la proa por ese efecto, resulta de suponer la acción dinámica de la supresión de "F" en el lugar, por lo tanto la diferencia de calado será:

$$t = \frac{2 \cdot F \cdot de}{Mu} ;$$

donde:

F = reacción en el lugar donde finalizan las pistas de las imadas,

de = distancia de la aplicación de "F", al centro de la flotación al calado de equilibrio estático del buque-cama,

Mu = momento de asiento unitario para "de".

Se recomienda que la profundidad en el extremo de la grada sea el calado de proa del buque en rosca más 1/4 del resultante de la "caída estática", que en algunos casos supera los 2 m.

En la fórmula anterior de "t", se ha considerado según J. Smith (1909), que por la causa dinámica, "F" se ha incrementado al doble.

El calado dinámico de proa será:

$$ddpr = dr + \frac{t}{2} ;$$

donde $\frac{t}{2}$ se denomina "C", caída.

dr = calado de proa en la condición de flotadura.

La profu

El salud
buques.

Tal como
altura del niv

Sin embaz
tible con la p
los asistentes
pedida. en el
en lo sucesiv

ARFADA

El movir
cuando el bu
pivoteo.

Para ana
"AB"; "E" y

Se produ
buque-cama
nes de empu
figura 118:

La arfad
la aplicaciór

Por otra
buque, y lue
pée la zona

El contr
vándolo lo r
proa (llenad

PROCEDI ESTUDIO

Los cál
para el mor
procesos esj

El "AB
correspondi

El cono
retenida que
preciso mor
temas que c

Para el
lugares en c

La profundidad recomendada del lugar, en la adyacencia de la grada resulta;

$$hg = dr - \frac{5}{4} C ; hg = dr + 0.625t$$

El saludo se produce normalmente en los lanzamientos, en particular de los grandes buques.

Tal como se analizó, ello es a causa de la poca longitud de imadas, o bien de inadecuada altura del nivel del agua en el momento del lanzamiento.

Sin embargo, y siempre que no se sobrepase el valor del calado máximo "ddpr" compatible con la profundidad "hg", los movimientos oscilatorios del saludo son agradables para los asistentes a la ceremonia de la botadura, pues realmente actúan como un saludo de despedida, en el traslado del buque del medio sólido donde fue construido, al líquido que será en lo sucesivo su medio normal de actuación.

ARFADA

El movimiento de giro denominado "arfada" puede ocurrir en los lanzamientos por popa, cuando el buque está ingresando al agua; esta circunstancia, de producirse, es anterior al pivoteo.

Para analizar la arfada es necesario tomar momentos estáticos de las fuerzas que actúan; "ΔB"; "E" y "F", pero en este caso con respecto al "punto" ideal "K" antes definido.

Se produce arfada cuando al pasar la vertical del punto "G", centro de gravedad del buque-cama, por el "punto" "K"; el momento de "ΔB" con respecto a él, supera por razones de empuje al momento debido a "E", para el referido "punto" "K", es decir, viendo la figura 118:

$$M_{AB}^K > M_E^K ; M_F^K = 0$$

La arfada debe ser en lo posible evitada, o bien reducida, dado que produce esfuerzos por la aplicación concentrada de "F" en una zona del casco no preparada generalmente para ello.

Por otra parte puede ocurrir que por causa de la arfada caiga dinámicamente la popa del buque, y luego se produzca una fuerte reacción que haga que en el giro correspondiente golpee la zona de proa en las imadas o grada, pudiendo comenzar a producirse pivoteo.

El control de la arfada puede efectuarse por la variación longitudinal del centro "G", llevándolo lo más a proa posible (para demorar su pasaje por "K), por corrimientos de pesos a proa (llenado de tanques; etc.).

PROCEDIMIENTO DE CALCULO DEL LANZAMIENTO POR POPA EN EL ESTUDIO ESTÁTICO

Los cálculos de los lanzamientos de los buques se realizan previendo la altura de agua para el momento de la botadura, ello tiene particular incidencia en el cumplimiento de los procesos esperados.

El "ΔB" y el área de la superficie de deslizamiento determina la presión específica correspondiente.

El conocimiento del coeficiente "fe" permite, tal como se analizó, calcular la fuerza de retenida que deberán soportar las llaves o sistemas específicos para retener el buque hasta el preciso momento del lanzamiento; o bien determinar la potencia y características de los sistemas que deben proveer la fuerza adicional para el despegue.

Para el análisis de los movimientos al entrar la popa en el agua (pivoteo, arfada), y los lugares en que se producirán en el trayecto del buque, se procede realizando las determina-

ciones correspondientes para avances del buque en trayectos de 5 a 7 m. luego que comienza a introducirse en el agua, determinándose para cada carena así generada los correspondientes empujes, y las posiciones de sus centros instantáneos de volumen, para calcular los momentos estáticos correspondientes.

La posición longitudinal y vertical del centro de gravedad de buque-cama, deben ser conocidas a los mismos fines; y ello es constante, independiente de la posición del buque, tanto en tierra como a flote, y mientras mantenga adheridas a él las anguileras.

Considerando la inclinación longitudinal del buque al entrar en el agua, los cálculos de las carenas se deben realizar haciendo uso de los diagramas de Bonjean.

Como metodología práctica para el proceso de cálculo es conveniente que cada flotación instantánea se tome a partir de la base de cada sección del plano de líneas; ello permite que en los cálculos de integración aproximada las distancias "h" entre flotaciones resultan de valor constante:

$$h = S \cdot \text{sen } \alpha$$

S = distancia entre secciones (constante),

α = ángulo del plano de deslizamiento.

Los valores obtenidos en los cálculos para cada posición de avance del buque al ingresar al agua, cuyos procedimientos se sintetizan en módulos específicos para su ordenamiento; se llevan a un gráfico como el que se muestra en la siguiente Figura 119, en función del espacio recorrido:

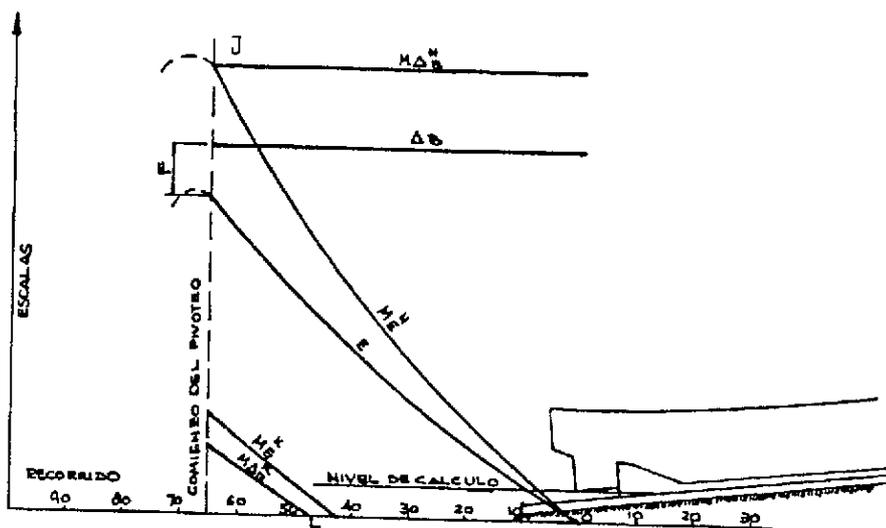


Figura 119

Las curvas corresponden a:

- 1) Empuje producido por la carena que se va sumergiendo en cada avance "E".
- 2) Peso del buque-anguileras (valores constantes "ΔB").
- 3) Momento estático del empuje "E" con relación al punto ideal "H".

4)
5)
6)
El
agua, p
a)
b)
c)
Es
d)
e)
La
mientc
1)
P:
se ent
pondi
tante.
E
vertic

- 4) Momento estático del peso " ΔB " con relación al punto ideal "H" (valor constante dado que " ΔB " = Cte, y no hay variación de la distancia entre "G" y "H" que es fijo al sistema buque-cama).
- 5) momento estático del empuje "E" con respecto al punto ideal "K" de las imadas.
- 6) Momento estático del peso " ΔB " con respecto al punto ideal "K".

El análisis posterior de éste gráfico realizado para una determinada altura del nivel del agua, permite identificar:

- a) para qué posición del buque, donde $M_{\Delta B}^K$ es mayor que $M_{E_s}^K$, se producirá la arfada. Las distancias entre ambas curvas miden, en la escala correspondiente, los momentos de arfada.
- b) si posteriormente o bien en forma permanente $M_{\Delta B}^K$ es menor que $M_{E_s}^K$, no se produce la arfada, y las distancias entre ambas curvas miden los momentos de contra arfada (esto es lo que muestra el gráfico de la figura).
- c) en el punto de corte "J" entre la curva y recta: $M_{E_s}^H$ y $M_{\Delta B}^H$ ocurre el pivoteo o giro, y en su vertical se determina la distancia recorrida por el buque para que ello se produzca y el momento $M_{E_s}^H$ correspondiente.

Es importante conocer ese lugar para prever, de ser necesario, el refuerzo de la grada.

- d) en la vertical "J" del lugar donde se produce el pivoteo se determina, por la diferencia $\Delta B - E$, el valor de la reacción instantánea "F"; necesario para los cálculos de los refuerzos en grada y casco, como para el conocimiento de la presión específica.
- e) luego del pivoteo, el ángulo hasta ese momento constante α de la pista de lanzamiento donde apoyaban totalmente las anguileras fijas al casco, varía, y toma valores α_e de equilibrio.

La determinación de esos ángulos α_e , de resultar necesario, se efectúa por el procedimiento siguiente:

- 1) Para cada posición de avance, que produce una flotación específica, se traza un gráfico como el que se muestra, que contiene a las curvas "E" y $M_{E_s}^H$ en función de diferentes ángulos α_i .

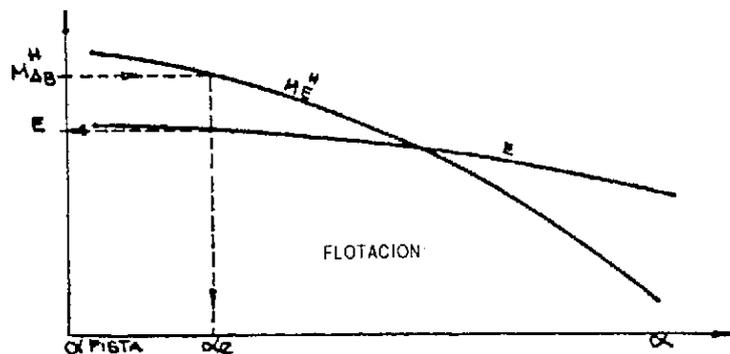


Figura 120

Para que exista equilibrio es necesario que $M_{E_s}^H = M_{\Delta B}^H$; por lo tanto para determinar α_e , se entra en el gráfico con $M_{\Delta B}^H$, se corta con la horizontal la curva $M_{E_s}^H$, y en la vertical correspondiente se obtiene α_e ; así como el valor "E", que debe verificar: $E = \Delta B - F$ en ese instante.

En el gráfico de la fig. 120 se observan las posibles variaciones de las curvas luego de la vertical del pivoteo.

f) el punto "L" en la escala de las distancias recorridas, donde $M_{AB}^K = 0$, determina el instante en que la vertical de "G" del conjunto buque-cama, pasa por el punto ideal "K" de las imadas.

La incidencia de la velocidad del lanzamiento en este proceso dinámico, puede determinar que si bien teóricamente y desde el punto de vista estático los movimientos de giro (pivoteo - arfada) deben producirse en determinado lugar del recorrido, ello no ocurre exactamente, pues los giros pueden resultar más lentos que los avances, y por ello producirse en lugares más alejados de lo previsto.

Si bien como se indicó, los cálculos se realizan para niveles del agua determinados, las diferencias de ± 0.30 m pueden en general no determinar valores significativos, y se los considera como tolerancia en la operación.

Desde el punto de vista de la Teoría del Buque en esta parte, corresponde para las circunstancias del buque parcial o totalmente introducido en el agua en que ha de flotar, verificar la estabilidad transversal en la forma que es de rigor.

Cuando el lanzamiento es con una sola imada, las condiciones de estabilidad transversal de ingreso al agua deben ser controladas especialmente.

EL CALCULO DE LA MAREA EN CIRCUNSTANCIAS DEL LANZAMIENTO

— En zona marítima

Se indicó anteriormente la necesidad de conocer con la mayor exactitud posible la altura del nivel del agua o altura de marea en las circunstancias previstas para el lanzamiento o botadura; dado que ello influye en los cálculos correspondientes.

Las mareas en los puertos de mar obedecen en su mayor parte a acciones astronómicas, luna y sol; y con menor incidencia: la presión atmosférica; y la aceleración de la gravedad.

La luna tiene efecto fundamental en la producción de las mareas dada su proximidad a la Tierra, pero este efecto está desfasado en el tiempo con relación al paso de este satélite natural por el meridiano local, y ello se prevé en el valor "Establecimiento del Puerto Medio".

Una forma analítica para calcular la hora de pleamar en un determinado lugar es:

$$HPM = HPL + E + \omega \frac{R}{24} + C ;$$

donde:

HPM = hora de la pleamar,

HPL = hora del pasaje de la luna por el 1º meridiano,

E = Establecimiento del Puerto Medio,

ω = longitud,

R = retardo que tiene en cuenta la variación del instante del pasaje de la luna por el meridiano,

C = corrección.

Sin embargo, y desde el punto de vista práctico, ello se realiza por medio de tablas de mareas para cada lugar o lugar próximo, o con correcciones para puertos secundarios referidos a los principales.

Las referidas tablas de los servicios hidrográficos de los diferentes países se editan todos los años, en ellas figuran los puertos y constan para todos los días del año las pleamares y bajamares en las horas correspondientes.

Las tablas pueden incluir para cada puerto y día las variaciones horarias intermedias de las mareas, pero en caso de que ello no ocurra es posible hallarlas con suficiente exactitud

trazando la cu

El lapso e

horas. Las baj

Un método

mar y la bajar

avos, y que co

mina lapsos d

Para cada

valores:

$$\frac{1}{12} A ;$$

de pleamar o

Con el a

zamineto es j

tiendo el ma

ALTURAS

Cuando

tienen, pero

trazando la curva de variación, que responde aproximadamente a una senoide.

El lapso entre las alturas extremas: bajamar, pleamar, sucesivas, es del orden de 5 a 7 horas. Las bajamar y pleamar se mantienen por lapsos de aproximadamente media hora.

Un método aproximado para la determinación de los valores intermedios entre la pleamar y la bajamar sucesivas, que surgen de las tablas de mareas; es el denominado de los doce avos, y que consiste en dividir la duración "D" entre ambos límites, por 6: ($\frac{D}{6}$), lo que determina lapsos del orden de una hora.

Para cada uno de estos espacios horarios se lleva sobre la vertical, como ordenadas, los valores:

" $\frac{1}{12} A$ "; " $\frac{3}{12} A$ "; " $\frac{6}{12} A$ "; " $\frac{9}{12} A$ "; " $\frac{11}{12} A$ " y " A "; siendo "A" el valor de la altura

de pleamar o amplitud.

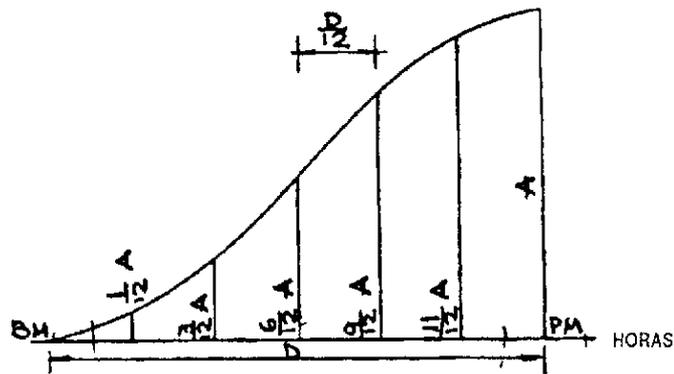


Figura 121

Con el adecuado conocimiento de la variación de la altura de la marea en el día del lanzamiento es posible tomar decisiones sobre las horas más adecuadas para la botadura; admitiendo el margen de $\pm 0,30$ m en el nivel de las alturas. Fig. 122

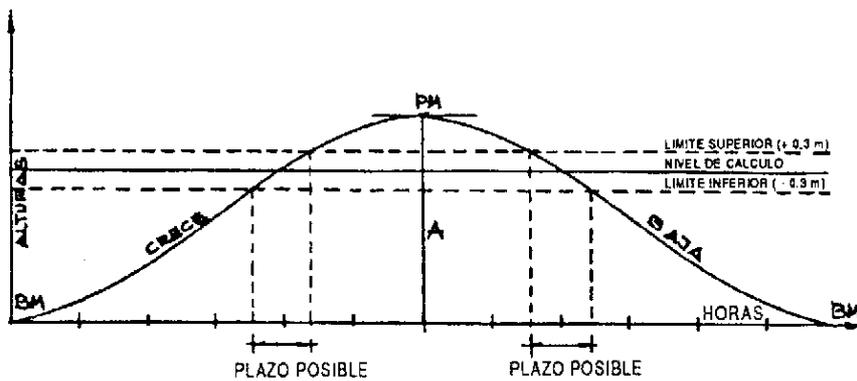


Figura 122

Cuando el nivel de la marea difiere del de cálculo, las curvas M^H_E , M^K_F y "E" se mantienen, pero se mueven en forma paralela hacia la izquierda o derecha, determinándose el

punto real de pivoteo más abajo o más arriba, según si el nivel del agua está más bajo o más alto que el de cálculo. El resto de las curvas se mantienen constantes.

— **En zona fluvial**

En las aguas fluviales las mareas también tienen efecto por causas astronómicas, pero en estos casos las cuestiones meteorológicas determinan influencias muy marcadas; los vientos de determinados sectores, para cada lugar, producen variaciones de importancia en los valores tabulados; que como no pueden ser previstos con suficiente anterioridad determinan inconvenientes, y aún cambios en los horarios o fechas de las botaduras ya programados.

Un caso típico de ejemplo de la acción de los vientos en las mareas en zonas fluviales es el Río de la Plata, donde con vientos del S.E., pueden aumentar los valores de amplitudes tabuladas en +1 m, habiéndose llegado a 3 m con fuerte temporal de ese sector; y disminuir a -0,60m con vientos del N.W.

“ESTUDIO DINAMICO” DEL LANZAMIENTO

Este estudio no corresponde estrictamente a esta disciplina estática; sin embargo se darán algunos conceptos fundamentales que complementan lo anterior.

En este caso el 1º período trata la cuestión desde que se pierde el contacto entre las anguileras e imadas, hasta que comienzan a actuar las retenidas colocadas para frenar el avance del buque ya a flote.

La energía potencial del buque-cama de peso “ΔB”, en su posición inicial de lanzamiento en el punto más elevado de la grada para esa circunstancia, es:

$$E_p = \frac{\Delta B \cdot h}{g}$$

donde:

h = altura del centro de gravedad “G” con relación al plano de referencia (nivel del agua).

Esta energía debe consumirse a causa de todas las resistencias puestas en juego: en la pista durante el descenso con rozamientos; y en el agua, ya sea por efecto de la propia resistencia de la carena; como la de las pantallas; retenidas; remolcadores; o sus combinaciones.

Cuando se produce este equilibrio el buque se detiene, y la maniobra ha concluido, quedando sólo transportarlo hasta el muelle de alistamiento, flotando normalmente.

La ecuación del movimiento en esta circunstancia, y para cada intervalo, es:

$$\frac{\Delta B}{g} \frac{dv}{dt} = - C_c V^2 - C_p \cdot S_p \cdot V^2 - C_r \cdot W(x) ; (kp) ;$$

donde:

V = velocidad del buque ya totalmente en el agua, (m . S⁻¹),

C_c = coeficiente de fricción de la carena,

C_p = coeficiente de acción de la pantalla, que puede adoptarse constante, e igual a 60 kgf. s²/m⁴,

C_r = coeficiente de razonamiento de las rastras de retenida,

W(x) = peso de las rastras (cadenas) que actúan en cada instante (kp),

S_p = área de la superficie frontal sumergida de las pantallas de retenida (m²).

Esta
librar a l
rozamier
En g
el buque
y por lo

Corr
marse se

donc

Toda
ción trat
costas y
En e
Cor
100m, p

LANZA

Los
su const
entrada
En
zona fre
da; ello
En
cir una
cubierta
zamient
Los
de su ci
Las
oscilan
Pue

-El
rior de
el buqu

Esta sería, para el caso de utilizar estos elementos de frenado, la fuerza que debería equilibrar a la que posee el buque-cama al llegar al agua luego de haber consumido parte, por el rozamiento con la pista de deslizamiento.

En general como concepto simplificador, se admite que en el momento de entrar al agua el buque-anguilera en una grada normal, lleva una velocidad que oscila entre los 5 y 6 m/s; y por lo tanto para el frenado es necesario que:

$$\frac{\Delta B}{g} \frac{dv}{dt} = \frac{\Delta B}{g} \cdot 5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Como valor aproximado de cálculo la resistencia de las pantallas en popa, puede estimarse según:

$$R_p = \frac{S_p \cdot V^2}{0,0165} ; (K_p) ;$$

donde los términos ya han sido definidos anteriormente.

Todo el proceso dinámico hasta la detención del buque, se grafica en un plano de la sección transversal del trayecto del buque, donde además se indica el perfil submarino; ambas costas y posibles escollos; para analizar las circunstancias totales del proceso.

En el frenado también se pueden fondear anclas, y utilizar remolcadores de apoyo.

Como dato promedio, el recorrido antes del frenado, en buques de esloras del orden de 100m, puede oscilar en los 300 m.

LANZAMIENTO POR COSTADO

Los lanzamientos por costado consisten en permitir el deslizamiento del buque luego de su construcción, por un plano inclinado y a causa de su propio peso; pero de tal forma que la entrada al agua la realice por una banda o costado.

En general se justifica este tipo de botadura cuando existen limitaciones de ancho en la zona frente a la grada, y el frenado no puede lograrse, o la eslora del buque supera esa medida; ello es común en ríos interiores.

En la botadura de costado no se presenta ni el pivoteo ni la arfada, pero se puede producir una escora pronunciada que requiere controlar el embarque de agua por aberturas en la cubierta; o bien permitir tocar el borde de la grada en el adrizamiento, según el tipo de lanzamiento.

Los submarinos presentan ventajas para el lanzamiento por costado, dada la integridad de su cubierta.

Las pendientes de las pistas de lanzamiento por costado son mayores que las por popa, y oscilan entre el 10 y el 17%.

Pueden ser de tres tipos, a saber:

- a) Imada fija y caída.
- b) Imada basculante y caída.
- c) Imada prolongada bajo el agua.
- d) Con pilotes rebatibles.

-El sistema de imada fija y caída produce una caída libre, desde una altura del borde inferior de las pistas que depende del nivel del agua, y que determina una considerable escora en el buque al ser botado.