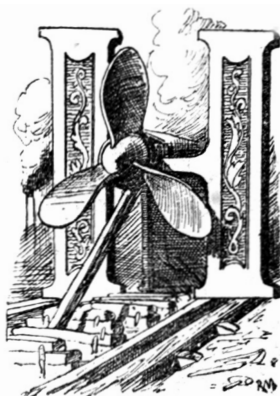


CONTROL DE PESOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE BUQUES

Raúl VILLA CARO
Secretario de EXPONAV
Capitán de la Marina Mercante y profesor asociado de la UDC



ACE unos meses la prensa de nuestro país introducía entre sus titulares uno que rezaba algo parecido a «El submarino español más moderno se hunde por exceso de peso». Y cómo no, al igual que en este país no se pierde tiempo para el lanzamiento de noticias alarmantes, todavía se pierde menos para la elaboración de los consecuentes chistes, que mejor dejaré al margen. Dicho esto, parece que quedó patente que había que seguir haciendo mejoras en el proyecto, pero también quiero destacar que no ha sido este el único proyecto que ha tenido problemas de exceso de peso en el pasado reciente, tanto en otros países como en nuestros nuevos buques. Por ejemplo, tanto el proyecto del

BAM (Buque de Acción Marítima) como el del *Juan Carlos I* (LHD) exigieron hacer una serie de correcciones en el diseño para alcanzar reducciones en el peso durante la construcción para no sobrepasar el objetivo del proyecto, es decir, su desplazamiento.

Todos los procedimientos de proyectar buques, establecer sus dimensiones principales, precisan conocer el desplazamiento del buque; por tanto, una de las primeras tareas que se le presenta al ingeniero naval es la del cálculo del desplazamiento del buque que, como ya se sabe, por el principio de Arquímedes es igual al peso del agua que desplaza (de lo contrario los buques volarían o se hundirían). Por lo tanto es necesario «pesar el buque» durante y al final de la construcción. Por supuesto, la determinación del desplazamiento estará también sometida al proceso iterativo inevitable en cualquier método de proyectar. El «cómo» se irá «pesando» el barco a lo largo de su construcción se irá desvelando en este artículo.

Para calcular el desplazamiento inicial, se debe partir de información de un buque similar y, según se disponga o no de un buque base, pueden existir dos itinerarios para llegar al final del proceso (o bien una combinación de ambos). Si no se dispone de buque base, se debe proceder por el método directo, es decir, se calcularán directamente los pesos que componen el buque; en el otro caso, se utilizan alternativas de ecuaciones de desplazamiento.

El peso o desplazamiento del buque (DES) se ha venido descomponiendo tradicionalmente en dos partidas principales: peso muerto (PM) y peso en rosca (PR). En algunos casos muy especiales es necesario añadir otro peso, el lastre fijo, que aunque se suele considerar separadamente, conceptualmente forma parte del peso en rosca. Consecuentemente se verifica siempre la igualdad:

$$\text{DES} = \text{PM} + \text{PR}$$

El peso en rosca se define como la suma de todos los pesos del buque una vez que está listo para navegar. Se excluyen carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero se incluyen los fluidos en equipos y en tuberías. Dicho de una forma fácil, y con muchas reservas, sería como todo aquello que no se caería del barco si lo volcáramos y lo pusiéramos boca abajo.

El peso muerto suele ser un dato del proyecto, o al menos así lo serán la carga útil y la autonomía. Esto quiere decir que la incertidumbre respecto a esta partida del desplazamiento se puede considerar nula. No sucede lo mismo con la otra partida, el peso en rosca, que no se conoce exactamente hasta la puesta a flote. Es precisamente la realización de la experiencia de estabilidad la que proporcionará su valor justo, así como la situación exacta del centro de gravedad. Sin embargo, a medida que se progresa en la definición del proyecto, se pueden calcular con mayor precisión. Como la explicación de cómo se lleva a cabo la citada experiencia tiene su complejidad, me comprometo en redactar para un futuro otro artículo con una explicación sobre la manera de acometer esta operación, ya que además del conocimiento del peso del buque es importante conocer la posición vertical y longitudinal de su centro gravedad. Su objetivo es poder determinar la estabilidad y los asientos en cada condición de navegación.

Ciclos y etapas del proyecto

El proyecto del buque progresa en modo cíclico e iterativo, y al final de cada ciclo han de tomarse decisiones que inician el siguiente. La descomposición del proyecto en ciclos varía sensiblemente en buques de guerra y mercantes. En los últimos suelen distinguirse los siguientes:

- Proyecto conceptual. Establecimiento de los requisitos funcionales básicos que definen la misión del buque.

- Proyecto preliminar. Conversión de los requisitos funcionales básicos en características físicas del buque y sus sistemas que posibilita al astillero para la realización de la primera oferta.
- Proyecto de contrato. A partir de la primera oferta se desarrollan los documentos necesarios para el establecimiento de la relación contractual definitiva, incluyendo un presupuesto.
- Proyecto de clasificación. Documentación que permite al astillero mantener las relaciones con el exterior, tanto de aprobación (Sociedad de Clasificación) como para realizar el pedido de los equipos.
- Proyecto de detalle. Con la completa definición del producto a elaborar se incluye toda la información necesaria para fabricar, montar y probar todos los elementos del buque.

Peso muerto

En la mayoría de los casos, el peso muerto es un dato de proyecto. Aunque a veces, si solo se conoce la carga útil, debe calcularse el resto de partidas que componen el peso muerto. Las distintas partidas que lo integran se pueden descomponer en:

- Carga útil.
- Consumos.
- Tripulación y pasaje.
- Pertrechos.

Los centros de gravedad son fácilmente calculables teniendo en cuenta los centros de gravedad específicos de los espacios donde se ubican.

Peso en rosca. Método iterativo

El cálculo del peso en rosca es una de las mayores dificultades con las que se enfrenta el ingeniero naval. No solo supone un riesgo técnico, sino que también económico, pues el peso muerto suele ser una característica contractual sujeta a penalizaciones. El peso y la posición del centro de gravedad del buque en rosca no se conocen exactamente hasta su puesta a flote, y es la realización de la experiencia de estabilidad, como ya he comentado, la que proporciona definitivamente estos valores. No obstante, si se tiene en cuenta que la elaboración del proyecto sigue un proceso iterativo, a medida que se progresa en la definición del buque se puede, y se debe, calcular el peso en rosca con mayor precisión. Este artículo irá detallando cómo se realiza ese control.

Requisito principal del proyecto

- Primera etapa: en esta fase solo se conocen los requisitos de partida, que pueden ser peso muerto, velocidad, capacidad de bodegas, grado de automatización, medios de carga, etc. El peso en rosca en esta etapa se suele considerar globalmente para poder establecer los distintos conjuntos de características principales de partida. En general, si no se dispone de mejor información, se supone que el desplazamiento (DES) es función del requisito principal del buque, por ejemplo, peso de la maquinaria, volumen de carga o número de pasajeros, según el tipo. Esta función se puede establecer basándose en buques similares, y en muchos casos se utiliza simplemente una regresión lineal.
- Segunda etapa: en esta fase se conocen las características principales tentativas y la potencia propulsora. Se desglosa el peso en rosca (PR) en tres partidas: peso estructural (PE), peso de la maquinaria (PM) y peso del equipo y habilitación (PEH):

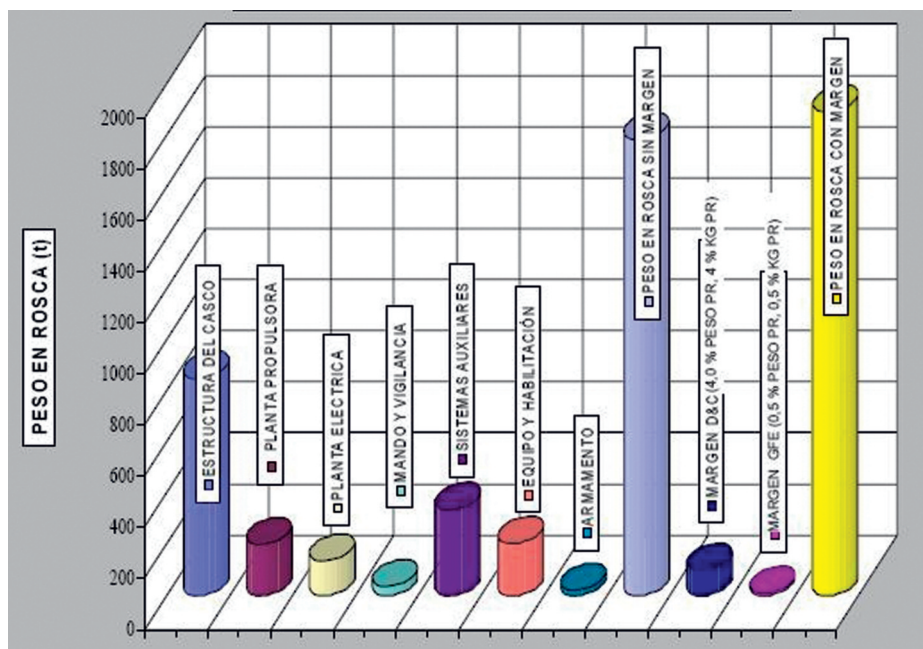
$$PR = PE + PM + PEH$$

Es importante delimitar perfectamente en esta etapa y en las siguientes los elementos que integran cada una de las partidas. Elementos como el timón, la chimenea, los servicios del casco o los polines no están ubicados siempre en la misma partida, por lo cual la información publicada debe contrastarse antes de ser utilizada.

- Tercera etapa: en ella se va progresando en la definición del buque, se elaboran sucesivamente los planos de disposición general y cuaderna maestra, se redacta la especificación resumida y se realizan los cálculos principales de arquitectura naval, capacidades, situaciones de carga, etc. Esta es la etapa final del proyecto básico. A partir de aquí los pesos de acero, maquinaria y equipo se desglosan en diversas partidas o conceptos.

Finalmente se construye el buque, pudiendo mejorarse el conocimiento de los pesos, incluso estableciendo procedimientos de control directo de los mismos, como se hace en los buques de guerra y a veces en los de pasaje.

Como el proyecto siempre es un proceso iterativo (la famosa espiral del proyecto), los resultados obtenidos en las diversas etapas pueden obligar a modificarlo. Es por lo que no deben demorarse los cálculos de cada etapa, pues pueden producir revisiones del proyecto muy molestas debido al avance del mismo.



Distribución del peso en rosca.

Control de pesos en buques de guerra

El control de pesos, proceso que se inicia en el momento de la firma de la orden de ejecución del buque, engloba toda acción encaminada a asegurar que los pesos que componen el barco y sus momentos sean los adecuados para obtener los valores del desplazamiento, centro de gravedad, asiento y escora previstos en el proyecto, los cuales garantizarán al buque unas características de resistencia estructural, estabilidad y comportamiento en la mar satisfactorios.

El plan de control de pesos establece el procedimiento para poder contar, con suficiente antelación, con una previsión del desplazamiento final del buque, con el fin de tomar medidas correctoras, en caso de que fuesen necesarias, que no impacten de forma grave en la construcción del mismo.

Estimación de pesos de contrato y control de pesos

El contratista debe presentar a la Armada la estimación de pesos durante los nueve meses posteriores a la firma de la orden de ejecución. Al mismo

tiempo debe remitir el plan de control de pesos. La estimación de pesos de contrato se acordará entre el contratista y la Armada a partir de la estimación de pesos del contratista.

El contratista preparará un informe de pesos de contrato un mes después del acuerdo y efectuará un control continuo de pesos durante el proyecto de detalle y la construcción del barco.

Pesos del proyecto

La especificación de contrato establece las condiciones que tiene que cumplir el buque relativas a su operatividad, estabilidad, resistencia, velocidad, autonomía, etc., las cuales se toman de base para todas las áreas de diseño. Y aspectos importantísimos que influyen directamente en este y en el cumplimiento de los requisitos son, primero, la estimación de los pesos y las coordenadas del centro de gravedad; a continuación, el control debido durante las fases de desarrollo del proyecto y construcción y, finalmente, la corroboración de los resultados reales de peso y coordenadas del centro de gravedad.

El plan de control de pesos establece el procedimiento para poder contar, con suficiente antelación, con una previsión del desplazamiento final del buque, con el fin de tomar medidas correctoras, en caso de que fuesen necesarias, que no impacten de forma grave en la construcción del mismo.

El alcance del plan abarca el procedimiento a seguir desde las fases de estimaciones de peso y coordenadas del centro de gravedad, de acuerdo con la documentación del proyecto, pasando por los cálculos realizados a partir de los planos de construcción y hasta las últimas fases, con datos definitivos de pesos de báscula y de la experiencia de estabilidad final a la entrega.

Metodología de trabajo

Como he comentado, el contratista, además de presentar a la Armada la estimación de pesos durante los nueve meses posteriores a la firma de la orden de ejecución, al mismo tiempo debe remitir el plan de control de pesos y efectuar un seguimiento continuo de los mismos durante el proyecto de detalle y la construcción del barco. También debe preparar y enviar, para aprobación de la Armada, informes trimestrales o cuatrimestrales de pesos, según se acuerde.

El control de pesos debe incluir adicionalmente el control de la posición (vertical, longitudinal y transversal) del centro de gravedad de los sistemas, equipos y componentes del buque. Las condiciones de carga deben ser presentadas, por un lado, con los márgenes consumidos a la fecha de realización del informe (margen de diseño y construcción) y, por otro lado, con todos los márgenes restantes, incluyendo el de futuro crecimiento.

Peso estimado

Se consideran «estimadas» todas las partidas de pesos y coordenadas del centro de gravedad obtenidas con anterioridad al desarrollo y pesado de los planos.

Cuando se trata de sistemas completos, el peso estimado se obtendrá, en general, por comparación con buques similares, mientras que en el caso de equipos individuales su peso estimado puede obtenerse de catálogos.

En el proceso de actualización se pretende que todos los pesos de la estimación de pesos de contrato se sustituyan progresivamente por pesos calculados o pesos de báscula.

Peso calculado

Aunque sea de Perogrullo, es preciso aclarar que el pesado de los planos no implica el pasar físicamente por báscula las hojas de papel que los componen (hoy en día, por cierto, ya en soporte informático), sino que consiste en pesar todos los elementos que componen los planos. Por lo tanto, en el resultado del pesado de los planos de construcción y para que el control de pesos sea efectivo, todo plano debe pesarse inmediatamente después de su terminación para poder comparar el peso resultante con el estimado existente, de forma que se puedan tomar acciones correctoras en caso de desviaciones anómalas.

Los pesos resultantes del cálculo efectuado sobre los planos o procedentes de datos de materiales de catálogos de alta fiabilidad se consideran pesos calculados, mientras que los datos proporcionados por los fabricantes no se clasificarán como calculados, sino como estimados hasta que puedan pesarse en el astillero.

Peso de báscula

Es el obtenido por pesada real del elemento en báscula o dinamómetro. En el libro de pesos se sustituye el peso calculado por el de báscula, siempre que esté disponible, para mayor fiabilidad del mismo.

Porcentaje de actualización

Es la relación de la suma de los pesos calculados y de báscula respecto al peso total:

$$\% \text{ actualización} = (\text{peso calculado} + \text{peso báscula}) / \text{peso total}$$

Margen de adquisición

Este margen, que se establece para compensar un incremento del peso y KG (altura de centro de gravedad) del buque en rosca, desde los estudios conceptuales hasta la entrega del buque, se subdivide en:

- Margen de la fase de definición del proyecto, incluyendo la fase de transición.
- Margen del proyecto de detalle.
- Margen de construcción.
- Margen de modificaciones de contrato.
- Margen del material suministrado por la Armada (GFM).

Margen de la fase de definición del proyecto

Es la reserva incluida en la estimación de pesos del buque en rosca para tener en cuenta los incrementos en peso y KG asociados con el desarrollo del proyecto durante la fase de definición del mismo.

Margen del proyecto de detalle

Es la reserva incluida en la estimación de pesos del buque en rosca con el fin de absorber las desviaciones que se presenten entre los pesos estimados al final de la fase de definición y los pesos finales que resulten de cálculos sobre planos de trabajo o de pesadas en báscula. También compensa las desviaciones de peso que se produzcan en el desarrollo de equipos y sistemas previstos en la especificación del buque. Este margen se debe actualizar con cada informe de pesos en función del porcentaje de actualización.

Margen de construcción

Es la reserva incluida en la estimación de pesos del buque en rosca destinada a absorber las diferencias entre el peso calculado de los planos y el peso real del buque construido, sobreespesores de soldadura, etc., y se utilizará en los cálculos de la experiencia de estabilidad final, exclusivamente.

Margen de modificaciones de contrato

Su misión es absorber las variaciones de peso o momentos producidas por las modificaciones al contrato. Lo fija la Armada y se actualiza con cada

informe de pesos a medida que se vayan produciendo las citadas modificaciones.

Margen del material suministrado por la Armada (GFM)

Margen para el material suministrado por la Armada es todo aquel no pedido por el contratista y que la Armada provee, procedente generalmente de contratos con otras entidades. Se identifica este material con las siglas GFM (*Government Furnished Material*).

Margen de crecimiento futuro

Este margen se establece para tener en cuenta el incremento en peso y KG del buque sobre la plena carga contractual como consecuencia de los cambios durante la vida operativa del buque, tanto por posibles modificaciones en las características esenciales como por crecimientos incontrolados.

Estimación de pesos del contratista

Este informe, ya citado con anterioridad, consiste en una estimación del peso total del buque, a la que se van incorporando los equipos, sistemas y materiales, con valores estimados deducidos de la información existente en la etapa inicial de desarrollo del proyecto.

Incluye también los márgenes del proyecto de detalle y de construcción propuestos por el contratista y los márgenes de modificaciones de contrato y material suministrado por la Armada propuestos por ella.

Estimación de pesos de contrato

También ya citada, es la obtenida a partir de la estimación de pesos del contratista; una vez aprobada por la Armada, se incorporarán todos los márgenes fijados, tanto por el contratista (desarrollo del proyecto y de construcción) como por la Armada (modificaciones de contrato y material suministrado por ella).

Esta estimación es la base para la elaboración de los sucesivos informes de pesos y el patrón con el que se compararán todas las modificaciones de contrato y variaciones en el material suministrado por la Armada.

Informes de pesos

A medida que se van desarrollando el proyecto y la construcción del buque, elaborando y pesando planos de construcción y pesando en báscula el material, los datos de pesos obtenidos son procesados, incluyéndolos como pesos calculados o de báscula, sustituyendo correspondientemente a los pesos estimados.

Trimestral o cuatrimestralmente, según se acuerde, se editará un informe de pesos que contendrá todos los calculados y de báscula introducidos hasta ese momento, junto con los estimados de los sistemas que aún no han sido pesados y actualizados. De esta forma puede contarse con un estado de pesos del buque cada vez más avanzado (más actualizado) y, por lo tanto, conocer la evolución y tendencia del peso y centro de gravedad del mismo.

Informes extraordinarios de pesos

Estos informes se prepararán siempre que se considere necesario resaltar desarrollos importantes, tendencias insatisfactorias y efectos de los cambios de programa, debiendo contener las recomendaciones o acciones correctoras que sean precisas.

Informe final de pesos

Este informe constituirá una evaluación completa de los pesos y momentos del buque, «cómo realmente ha sido construido». Tendrá en cuenta el efecto final de los cambios y modificaciones al proyecto original e informará sobre el margen residual, si existiera. El margen de crecimiento futuro nunca debe ser incluido, ni considerado, como margen residual.

Junto al informe final deben acompañarse los suplementarios siguientes:

- Informe final de las modificaciones de contrato.
- Informe final sobre el material suministrado por la Armada.

Informe del buque contratado derivado de la experiencia de estabilidad

Es un informe presentado por el contratista en el que se incluirán los valores del desplazamiento, altura del centro de gravedad, asiento (trimado) y escora del informe de la experiencia de estabilidad final, una vez sustraídos los efectos en peso y momentos debidos a las modificaciones de contrato y a cambios en el material suministrado por la Armada.

Márgenes F-105

Se recoge en este apartado la política de márgenes propuesta para el proyecto de la fragata F-105.

Los márgenes fueron establecidos partiendo de los valores del buque en rosca:

- 0,5 por 100 en el peso para el margen de proyecto o desarrollo.
- 1 por 100 en el peso para el margen de construcción.
- 1,5 por 100 del KG para el margen de proyecto y construcción.

Para el margen de las modificaciones de contrato y de material suministrado por la Armada se mantuvieron los valores residuales de los barcos de la primera serie, tanto en peso como en KG.

Márgenes usuales

Buque	Desarrollo del Proyecto y Construcción		Modificaciones de Contrato y Material suministrado por la Armada	
	(%) Peso	(%) Kg	(%) Peso	(%) Kg
PA <i>Príncipe de Asturias</i>	6,4 %	5,4 %	0,55 %	0,5 %
Patrullero de altura	4,0 %	3,5 %	1,6 %	0,8 %
Petrolero Auxiliar de Flota	4,0 %	5,0 %	1,6 %	0,8 %
AOR	3,5 %	3,5 %	0,5 %	0,5 %
LPD	5,0 %	4,0 %	0,5 %	0,5 %
F-100	4,0 %	3,3 %	1,0 %	0,7 %
F-100	4,0 %	3,3 %	1,0 %	0,7 %
Valores Medios	4,5 %	4,0 %	0,9 %	0,6 %

Procedimiento para la realización del control de pesos

Cada sección o departamento de la Oficina Técnica del astillero efectúa un grado de desglose adecuado y suficiente, teniendo siempre en cuenta que en etapas posteriores, cuando se proceda al cálculo de pesos sobre los planos de construcción, será necesario ir sustituyendo los estimados por los calculados

para llevar a cabo el control de pesos a partir de la estimación de pesos de contrato.

Se pone especial atención en determinar el centro de gravedad en las tres coordenadas espaciales, de acuerdo con el sistema de referencia utilizado.

Los pesos estimados se van procesando parcialmente a medida que se vaya completando cada grupo, de forma que desde un primer momento se puedan ir comparando los resultados obtenidos con los de la estimación de pesos de contrato.

Las normas para presentar los diferentes datos de pesos serán de acuerdo con la práctica habitual de la Oficina Técnica.

Programa del control de pesos

En la especificación del buque se requiere que el astillero presente a la inspección de la Armada la estimación de pesos del contratista en un plazo de seis meses a partir de la adjudicación del contrato.

Para actualizar la estimación de pesos de contrato durante la fase de desarrollo del proyecto y construcción, se deben realizar, como ya se ha comentado, informes trimestrales o cuatrimestrales de pesos.

Procedimiento para rellenar los formatos de pesos

Con los datos de cálculo de pesos y coordenadas obtenidos a partir de los planos, se rellenan las hojas o ficheros informáticos de pesos, y estas hojas se van incluyendo en el fichero general de pesos con objeto de obtener los diferentes informes de los mismos. Es necesario que al cubrir las hojas y los ficheros, se facilite un desglose suficiente de los diferentes componentes del plano, de forma tal que permita la identificación de los pesos estimados correspondientes en el libro de pesos de detalle. Lo más conveniente para ello es indicar en las citadas hojas exactamente las mismas partidas que figuran en la lista de materiales del plano.

Las instrucciones a seguir con el objeto de realizar cada vez una más seria estimación de pesos del buque podrían ser las siguientes:

- Colaboración. Cada departamento deberá nombrar a una persona que se encargará del control de la información generada relativa a pesos en su centro de trabajo y servirá de interlocutor válido con la Sección de Pesos del Departamento de Proyectos, a quien deberá facilitarle dicha información y las aclaraciones que sean precisas.

- Clasificación. La información de pesos que genere cada departamento deberá estar clasificada de acuerdo con el grupo de coste, indicando el número del bloque en que va ubicada en el buque y número del plano y revisión que corresponda.
- Unidades de medida. Los pesos se expresarán en kilogramos (sin decimales) o en toneladas (con tres decimales), y las coordenadas del centro de gravedad en metros (con tres decimales). En el caso de utilizar momentos, estos se indicarán con un solo decimal.
- Coordenadas del centro de gravedad. Ejes de referencia:
 - La palanca (distancia) vertical (Z_g) se referirá a la línea de base del buque (positivo por encima).
 - La palanca longitudinal (X_g) se referirá a la perpendicular de popa (cuaderna 0) (positivo a proa).
 - La palanca transversal (Y_g) se referirá a la línea central del buque (crujía) (positivo a estribor).

Cada una de las partidas de peso estimado deberá indicar su localización de acuerdo con estas coordenadas lo más preciso posible. En caso de inseguridad, en cuanto a disposición definitiva, podrá indicarse, provisionalmente, la localización de cada partida en el centro del local de destino, a 1,0 m sobre la cubierta correspondiente.

- Estimación de peso. Cada departamento, teniendo en cuenta el nomenclátor de material, adoptará el grado de desglose que considere oportuno, sin olvidar que, en etapas posteriores, el ahora peso estimado, de acuerdo con los planos de contrato, deberá ser sustituido por peso calculado, de acuerdo con los planos de construcción. Según esto, cuanto más se concreten los datos, más fácil será su posterior identificación y control. A la hora de evaluar el peso de un sistema, equipo, aparato, etc., deberá tenerse en cuenta un margen suficiente, según el caso, como previsión para accesorios y/o instalación. (elementos de sujeción, apoyo, adaptación, etc., así como de alimentación eléctrica, fluidos...).
- Información. La Sección de Pesos del Departamento de Proyectos facilitará copia de la estimación de pesos disponible, procedente de la fase de proyecto y del nomenclátor de material, a los departamentos de Estructuras, Equipo, Propulsión, Servicios, Electricidad y Electrónica como apoyo para la estimación de pesos para la obtención del Libro de Pesos del Contratista. La información sobre pesos estimados, de acuerdo con lo anterior, deberá recibirse incluyendo documentación gráfica (planos) y una breve memoria explicativa del método utilizado.

Presentación de los informes de pesos

Estimación de pesos del contratista

El documento constará con los siguientes anexos:

- Resumen de pesos y condiciones de carga: contendrá los pesos del buque en rosca por grupos de coste y también los márgenes necesarios. Este anexo presentará, además, el desglose de las cargas variables e incluirá las condiciones de buque en rosca, de plena carga contractual y plena carga salida.
- Lista de material suministrado por la Armada: contendrá el desglose de los pesos a suministrar por la Armada por grupos de coste a partir del detalle de los pesos.
- Detalle de pesos: contendrá el desglose de pesos en detalle ordenados por grupos de coste.

Estimación de pesos de contrato

Constará de los mismos documentos que la estimación de pesos del contratista.

Informes periódicos de pesos

Se editará un informe trimestral o cuatrimestral, que se compondrá de los siguientes anexos:

- Resumen de pesos y condiciones de carga: contendrá el peso del buque en rosca desglosado por grupos de coste, con su porcentaje de actualización, así como los valores de los márgenes existentes. Este anexo también contendrá el desglose del peso muerto de la plena carga contractual e incluirá las condiciones de carga correspondientes al buque en rosca, plena carga contractual y plena carga salida.
- Lista de material suministrado por la Armada: contendrá una relación de dicho material obtenida a partir del detalle de los pesos, junto con un resumen a nivel de grupos de coste.
- Modificaciones de contrato: incluirá todas las modificaciones al contrato aprobadas, con su número, peso, centro de gravedad vertical y con la información adicional necesaria.



Fragata F-105 *Cristóbal Colón*. (Foto: www.armada.mde.es).

- Detalle de pesos: contendrá toda la información de pesos estimados, calculados y de báscula actualizados al momento de su emisión. Estará ordenado por grupos de coste.

Informe final de pesos

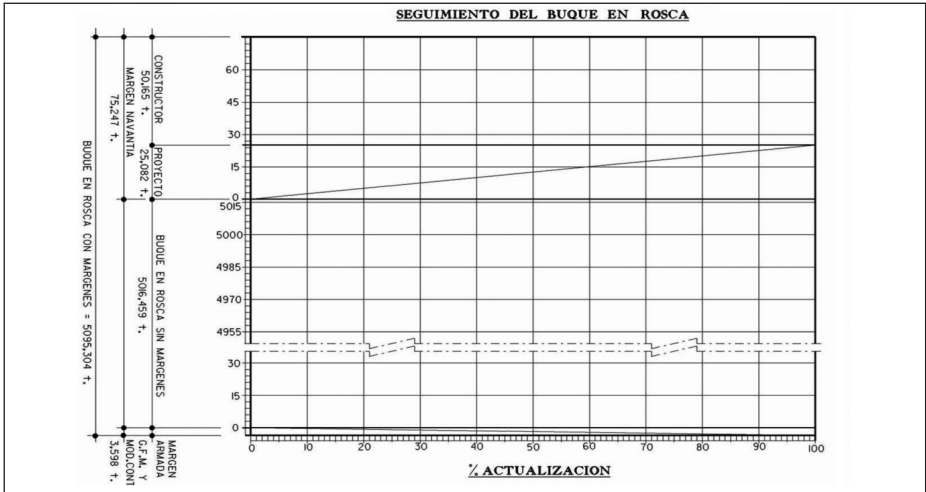
Contendrá la misma información que los informes trimestrales o cuatrimestrales, estando todos los pesos actualizados, por báscula o cálculo, al 100 por 100 (podría aceptarse en el informe final un porcentaje de actualización superior al 95 por 100) e incluyendo la información de la experiencia de estabilidad final. Este informe se presentará en un plazo máximo de tres meses a partir de la entrega provisional del buque a la Armada.

Informe de buque contratado

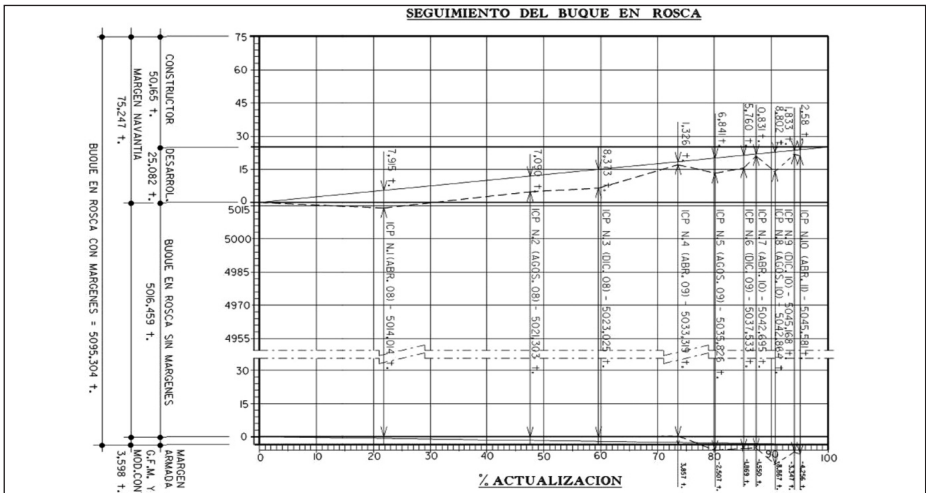
Incluirá los valores del desplazamiento, altura del centro de gravedad, asiento y escora del informe de la experiencia de estabilidad final, una vez restados los efectos en peso y momentos debidos a las modificaciones de contrato y a cambios en el material suministrado por la Armada.

Gráficos de control de márgenes de pesos

Con cada informe de pesos se acompañará una representación gráfica del control de los mismos para hacer un seguimiento del buque en rosca y para ver la evolución del momento vertical, tal y como se refleja en los dos gráficos siguientes.



Seguimiento inicial del buque en rosca.



Seguimiento final del buque en rosca.

Payload

Una cifra de mérito típica en buques de guerra viene dada por los sistemas de armas que incorpora. La cifra que refleja esta característica del buque es el *payload*.

El *payload* de un buque de guerra se distribuye en los grupos de coste 400, 586/588, 700 y los grupos del peso muerto típicos de buques de guerra, tales como munición, sistemas de transferencia de artillería (helicópteros, aeronaves, etc.), combustible de aviación (JP-5), carga de munición, carga de vehículos de asalto anfibio, etcétera. Se considera que el *payload* incluye el margen de diseño y construcción aplicable a aquellas partidas que están incluidas en la estimación del peso en rosca del proyecto.

Conclusiones

El peso del buque, es decir, su desplazamiento, es un dato vital en el proyecto del mismo, que debe coincidir con el peso real del barco una vez construido, teniendo en cuenta los márgenes analizados en este artículo. Y para ello se debe realizar un estudio exhaustivo del mismo durante toda su construcción para que no haya desagradables sorpresas cuando el proceso esté muy avanzado y ya sea muy dificultosa la marcha atrás.

El partir de un buen buque base, con capacidad similar a la que se exija en el proyecto, será un buen punto de partida para llegar a un producto final adecuado.

La fragata F-105 *Cristóbal Colón* es un buen ejemplo de que realizando un buen control de pesos se puede llegar al producto adecuado con unos márgenes de construcción inferiores a los que se habían adoptado tradicionalmente, con el consecuente ahorro.

BIBLIOGRAFÍA

- MEIZOSO FERNÁNDEZ, Manuel; GARCÍA GARCÉS, José Luis: *Desplazamiento. Cálculo iterativo del peso en rosca y peso muerto*. Junio 2000. ETSIN.
- Instrucciones para el control de pesos en los buques de la Armada durante las Fases de Proyecto y Construcción*. Dirección de Construcciones Navales Militares. Octubre 1978. JAL.