

artículo técnico

Modelado 3D de una carena, apéndices y propulsor de un arrastrero de 67 m de eslora

David Fernández Gutiérrez *
 Julián García Berrueto **
 Hélder Leal ***
 Jose Luis Cercós Pita *
 Antonio Souto Iglesias *

* Canal de Ensayos Hidrodinámicos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Universidad Politécnica de Madrid.

** Construcciones Navales Paulino Freire S.A.

*** Fundiciones Portuguesas Limitada.

Resumen

En esta nota técnica se va a exponer el proceso seguido para el modelado tridimensional de una carena de un arrastrero en servicio de 67 m de eslora, además de sus apéndices y el propulsor, como una de las tareas correspondientes al proyecto de investigación europeo SUPERPROP.

Para ello, se han utilizado como fuentes de información el plano de formas de la carena (en papel), una nube de puntos obtenida mediante un sistema láser-escáner, la medición directa de puntos sobre la hélice mediante un brazo medidor así como información fotográfica. A partir de estas fuentes y mediante el modelador 3D Rhinoceros se ha elaborado una representación tridimensional.

La importancia de este proceso radica en que se ha seguido un camino inverso, ya que se ha partido del buque real para obtener el modelo tridimensional. Por otro lado se ha verificado la fiabilidad de las distintas fuentes contrastando la información de cada una de ellas. Por último, indicar que se han utilizado técnicas novedosas que aún se encuentran en desarrollo como es el sistema láser escáner.

Abstract

In this technical note the process followed to model the hull of a ship as well as its appendages and propeller will be described. The vessel modeled is a 67 meter in length fishing trawler, and this work is one of the tasks of the European research project SUPERPROP.

To perform this process, the lines plan of the vessel (hard copy), a point definition from a laser-scanner, the direct measure of points coordinates of the propeller done with a measuring arm and photographs of the vessel were used as information sources. From these data, the Rhinoceros modeler has been used to obtain the 3D model.

The importance of this process lays on the fact that an inverse process has been followed: it is the model that has been obtained from the real ship. The reliability of each source has been verified by comparing the data. Finally, it should be indicated that the techniques used, as the laser-scanner, are novel and still in a development process.

1.- Introducción

El proceso normal de trabajo hoy en día es apoyarse en herramientas CAD/CAM/CAE para evaluar el comportamiento de un diseño y su posterior construcción. Sin embargo, también es importante tener en cuenta los procedimientos de ingeniería inversa que pueden ser necesarios en algunos casos, sobre todo en control de calidad.

En esta nota técnica, como ya se ha dicho, se va a exponer precisamente las tareas de modelado 3D de geometrías ya existentes que se han realizado dentro del programa de investigación europeo SUPERPROP.

En dicho proyecto se están estudiando buques operativos pero de cierta edad para evaluar la rentabilidad de las posibles mejoras que se pueden hacer sobre el sistema propulsor. Para ello se está tratando de aplicar las últimas tecnologías en cuanto a análisis, lo que obliga a obtener una definición electrónica de los buques que se han tomado como referencia. Sin embargo, debido a su antigüedad esta no existía, luego fue necesario generarla a partir del propio buque, lo que implica necesariamente la utilización de técnicas de ingeniería inversa.

Índice

Resumen / Abstract

- 1.- Introducción
- 2.- Proyecto SUPERPROP
- 3.- Buque estudiado
- 4.- Proceso de Obtención de Datos
- 5.- Modelado 3D
- 6.- Conclusiones
- 7.- Agradecimientos
- 8.- Bibliografía

Es de destacar la importancia de dicho proceso, ya que ha permitido no sólo la evaluación mediante herramientas informáticas de las distintas alternativas sino también la posterior fabricación de un modelo del buque y del propulsor para sus ensayos en un Canal de Ensayos Hidrodinámicos. A partir de los resultados obtenidos en estos ensayos se ha sacado información experimental valiosa para evaluar el comportamiento del buque y de las posibles mejoras que se apliquen sobre él, que es uno de los objetivos principales del proyecto.

Las aplicaciones de ingeniería inversa son bastante escasas en el ámbito naval. Se pueden encontrar en la industria offshore y están empezando a ser usadas en el mundo de las embarcaciones de competición como puede verse en el artículo de Carrillo [2]. Existen también precedentes de utilización de mediciones con láser-escáner para la representación 3D de elementos reales de buques como por ejemplo la de la hélice del buque *USS Monitor* proceso descrito en el artículo de Hand [6].

Sin embargo, el campo de aplicación de la ingeniería inversa es muy amplio, como está claramente indicado en el artículo de D'Apuzzo [3]. Entre las distintas áreas donde esta es aplicada podemos destacar:

- Aeroespacial
- Automoción
- Producción y Mecanización
- Ingeniería Civil
- Arquitectura
- Arqueología
- Medicina
- Multimedia
- Marketing
- Desarrollo de Software

Ejemplos de aplicaciones concretas en estas áreas pueden encontrarse por ejemplo en el artículo de Fu [5] en lo relativo al campo aeroespacial o en el de Monti [9] en lo referente a la Arquitectura.

El procedimiento básico de trabajo consiste en partir del objeto real y tratar de obtener la información suficiente de éste como para poder reconstruir las superficies que lo definen. Esto es importante ya que hay situaciones, donde no existe información gráfica previa, como en el replanteamiento de restos arqueológicos. Para la obtención de dicha información se utilizan unos sistemas denominados láser-escáner. Un estudio de diferentes sistemas se encuentra en el artículo de Fröhlich [4]. Es fundamental en este tipo de medidas realizar una buena calibración del aparato para obtener resultados fiables.

Existen distintos trabajos donde se evalúa la precisión de los resultados obtenidos con esta nueva técnica, como el de Lichti [7]. Pero es cierto que los resultados dependen también del tipo de láser-escáner utilizado como se pone de manifiesto en el artículo de Boheler [1].

Sin embargo, la información obtenida a través de estos aparatos puede ser complementada con la procedente de otros medios. En este caso particular se recurrió a la información procedente del registro fotográfico tomado en la varada del buque. Junto con ello se utilizó también toda la información en papel existente, la cual tuvo que ser digitalizada para su tratamiento informático. Junto con la definición general de puntos del láser-escáner se realizó también una medición local de la hélice a distintos radios con un brazo medidor que también fue utilizada para la reconstrucción informática de esta.

A partir de todas estas fuentes se llevo a cabo un proceso de análisis cruzado para verificar así la calidad de la información obtenida y tratar de minimizar el error cometido en la representación del buque. Finalmente se utilizó el modelador 3D Rhinoceros para obtener finalmente una representación tridimensional del buque con la que alimentar a los distintos programas que se han utilizado, como los CFD para el análisis del comportamiento hidro-

dinámico del buque o programas de mecanizado para manejo de herramientas de control numérico con las que se fabricaron los modelos.

2.- Proyecto SUPERPROP

El proyecto SUPERPROP, acrónimo de "Superior Life-Time Operation Economy of Ship Propellers", surge a raíz de la preocupación de PESCANOVA y UPM por la situación de los buques de mayor edad de la flota pesquera en lo que se refiere a su comportamiento hidrodinámico. Estos buques, debido al envejecimiento del casco, la hélice y de la propia planta propulsora, y al cambio de condiciones de trabajo por la modificación de las condiciones de carga, tienen un punto de funcionamiento significativamente diferente del aquel para el que fueron proyectados. Esto provoca una pérdida de rendimiento, y un aumento de emisiones, vibraciones y costes de mantenimiento del motor. Estas circunstancias producen un aumento en consumos, que, si bien hasta este momento había sido asumido como un hecho normal e inevitable, el alza de los precios del petróleo ha obligado a los armadores a plantearse las posibles soluciones a esta situación.

Ante esta circunstancia, UPM elaboró una propuesta a la Comisión Europea para llevar a cabo un proyecto de investigación en el cual se estudiaran las posibilidades de modificación del propulsor para aligerarlo y mejorar las condiciones de trabajo de la planta propulsora. Los buques que se han escogido para evaluar dichas mejoras corresponden a dos tipos: pesqueros y remolcadores, ya que estos suponen las flotas más numerosas. Después de una fase de negociación previa, este proyecto fue aceptado, encuadrándose dentro del *6th Framework Programme on Research, Technological Development and Demonstration, de la Comisión Europea, con la clasificación de "Specific Targeted Research or Innovation Project"*. A este proyecto se unieron varios socios europeos, de forma que el consorcio final está formado por:

- Universidad Politécnica de Madrid (UPM), que lidera el proyecto, España.
- VTT Technical Research Centre of Finland (VTT), Finlandia.
- Instituto Nazionale di Studi ed Esperienze di Architettura Navale (INSEAN), Italia.
- SISTEMAR S.A., España.
- Norwegian Marine Technologie Research Institute (MARINTEK), Noruega.
- OCEAN S.r.L., Italia.
- PESCANOVA S.A., España.
- Construcciones Navales Paulino Freire (FREIRE), España.
- Fundiciones Portuguesas Limitada (FUNDILUSA), Portugal.

Es de destacar que el proyecto SUPERPROP supone para el Grupo de Investigación del Canal de Ensayos Hidrodinámicos (CEHINAV) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (ETSIN) de la UPM el reto más importante al que ha hecho frente a nivel de proyectos de I+D. Es el primer proyecto financiado por la UE en el cual ha conseguido subvención, lo cual es realmente complicado por ser convocatorias competitivas. Además lidera un consorcio de 9 participantes de diferentes países para realizar actividades de I+D enfocadas al sector marítimo y muy centradas en subsectores de éste fundamentales para el estado español como el pesquero y el de los remolcadores. Esto es un valor añadido importante pues apenas se consiguen subvenciones en convocatorias competitivas de I+D en el sector.

Una información más detallada se puede encontrar en el artículo de Pérez Rojas [10] o en la página web del proyecto: <http://canal.etsin.upm.es/superprop>.

3.- Buque estudiado

De los dos tipos de buques que se están analizando dentro de SUPERPROP mencionados anteriormente, no existía información en soporte informático del buque pesquero escogido, luego este ha sido en el que se han centrado las actividades de ingeniería inversa objeto de esta nota técnica.

En primer lugar se llevó a cabo un estudio previo para seleccionar un pesquero representativo de entre los que forman la flota de PESCANOVA para efectuar sobre él todos los estudios posteriores.



Fig. 1: Vista del ILA desde un costado

El buque escogido finalmente fue el arrastrero congelador *ILA*, que se puede observar en la Fig. 1. Este es un buque de 77,1 metros de eslora, y de acuerdo con PESCANOVA, uno de los barcos más característicos de su flota en Namibia. Además, presentaba ciertas facilidades para la realización de las pruebas de mar ya que está controlado desde la matriz en Vigo. Su sistema de propulsión también es de hélice de paso fijo con tobera, si bien originalmente no tenía tobera y se hizo una modificación para añadirse posteriormente. Este barco se construyó en 1969 y la modificación se hizo en 1982 y pertenece a una generación de grandes buques arrastreros similares a él, construidos por Astilleros y Construcciones S.A. a finales de los años sesenta, y con diseñados por Tecnaco con unos coeficientes de forma que los hacen buques muy esbeltos para su clase.

Las características de este buque son las siguientes:

Eslora total: 77,1 m.

Eslora entre perpendiculares: 69 m.

Manga: 12 m.

Calado: 7,5 m.

Arqueo: 1.395 GT.

Tipo de hélice: FPP con tobera.

Número de palas: 4.

4.- Proceso de Obtención de Datos

Lo más importante en este proceso es tratar de seguir una metodología definida con el objetivo de obtener la información suficiente y necesaria para la reconstrucción de la geometría del casco. En el artículo de Mariyam [8] se hace hincapié en esto, analizando las posibles estrategias que se pueden llevar a cabo.

Para la obtención de información en este caso particular, como se ha dicho antes, se utilizaron varias fuentes con el objetivo de obtener datos fiables con los que poder representar el buque, dada su antigüedad (su año de botadura es 1969) y los posteriores cambios que este ha sufrido. Las fuentes usadas han sido:

El plano de formas de la carena (en papel).

La nube de puntos obtenida mediante un sistema láser-escáner.

La medición directa de puntos sobre la hélice mediante un brazo medidor. Información fotográfica.

Estas tres últimas se obtuvieron en la varada del buque en astilleros Freire en Vigo en septiembre de 2005, considerada dentro de las actividades a llevar a cabo en SUPERPROP.

De las distintas fuentes, la más innovadora fue el láser-escáner, del que ya se ha hablado en la introducción. El modelo utilizado fue un láser-escáner de la marca Leica. El número total de puntos tomados para representar la superficie fue de 6 millones. Antes hemos mencionado la precisión de este tipo de aparatos, que en este caso era de ± 2 mm. Es de resaltar lo complicado de este proceso de digitalización, al tratarse de una geometría de

gran tamaño. De hecho, representa uno de los modelos más grandes que se han digitalizado en España mediante esta técnica.

La ejecución de esta tarea fue llevada a cabo en colaboración con la Universidad de Vigo, y precisó únicamente de tres días en donde se realizó la toma de datos y su preparación. Para el manejo de estos se utilizó el programa Geomagic, que permite extraer datos de las nubes de puntos de forma automática (secciones, puntos, etc.).

Lo que es evidente es que desde un mismo punto no se puede procesar todo el buque, ya que existen siempre zonas de sombra. Por ello es necesario realizar mediciones desde varios puntos. Cuanto más grande es el objeto, más zonas de sombra existirán y por lo tanto mayor número de puntos será necesario. Sin embargo, a la hora de procesar los datos es necesario poder unir los resultados de las distintas mediciones para obtener un modelo completo. Esto se consigue mediante la ubicación de unas esferas de referencia, que permanecen fijas y visibles desde varios ángulos de tal modo que el conjunto de vistas tomadas siempre se refieran a un sistema de coordenadas común y se puedan acoplar.

En el caso particular la de digitalización del ILA se precisó de 21 mediciones desde distintos puntos de vista. El resultado se puede observar en las Figs. 2 - 3 donde se observa el buque desde dos ángulos diferentes.

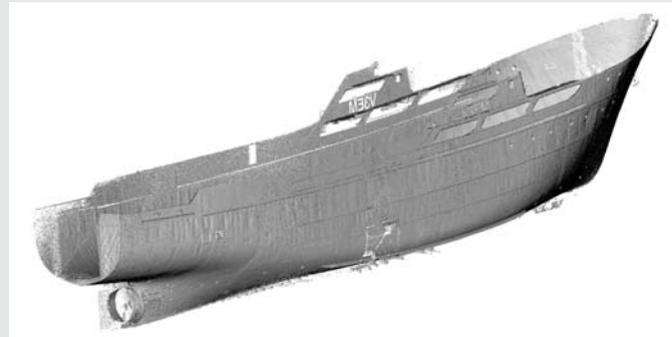


Fig. 2: Vista desde popa de la representación mediante puntos del casco

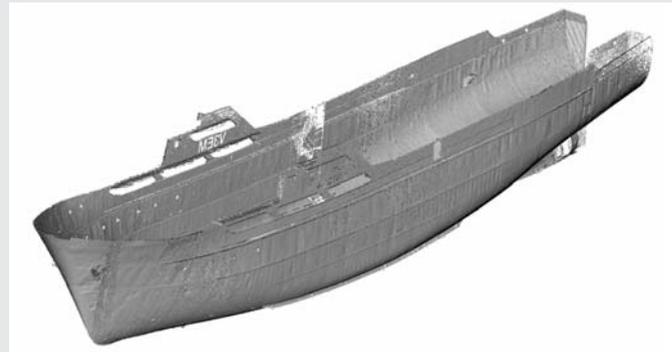


Fig. 3: Vista desde proa de la representación mediante puntos del casco

Por otro lado, en dicha definición se tomaron también puntos de la hélice con el objeto de realizar un modelado de esta más preciso, dada la complejidad de la geometría de este tipo de elementos. El resultado de esta medición se puede observar en la Fig. 4

El siguiente grupo de datos más importante procede de la medición de puntos que se hizo sobre la hélice por parte de FUNDILUSA. En dicha medición se tomaron puntos de cada una de las cuatro palas en 11 radios diferentes, desde $0,25 \cdot R$ hasta $1 \cdot R$, donde R es el radio del disco de la hélice. Para cada uno de los radios se tomaron siete puntos tanto en la cara de presión como en la cara de succión.

El brazo medidor utilizado, de la marca FARO, tenía una precisión de 0,015 mm.

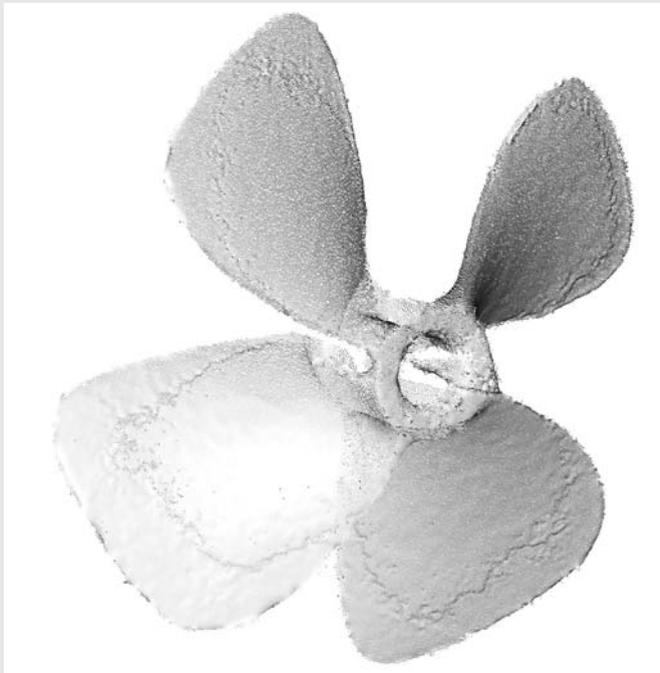


Fig. 4: Vista de la definición con puntos de la hélice propulsora

En dicha varada del buque en el puerto de Vigo se realizó también un amplio registro fotográfico de los distintos detalles del buque que han sido fundamentales para poder saber el aspecto real del objeto a modelar, especialmente en lo que se refiere al sistema de propulsión (hélice y tobera) así como del timón. Ejemplo de las fotos usadas más representativas de la zona del codaste se pueden ver en las Figs. 5 - 6.

Por último, también se digitalizó el plano de formas junto con los planos correspondientes a las modificaciones que sufrió la zona de popa con la incorporación de una tobera, como se puede ver en la Fig 7. Esta información fue vital para la posterior reconstrucción de esta zona, dada su gran complejidad. Sin embargo no existía una definición de la hélice nueva, lo que obligó a apoyarse únicamente en la información recogida en la varada en grada del buque.

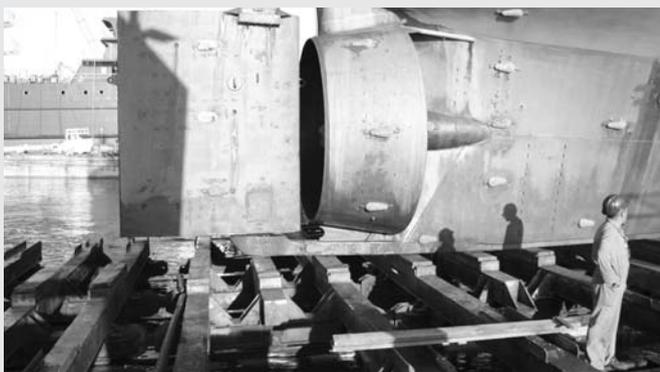


Fig. 5: Vista lateral del conjunto hélice, tobera y timón



Fig. 6: Aspecto de la sección del timón ya desmontado

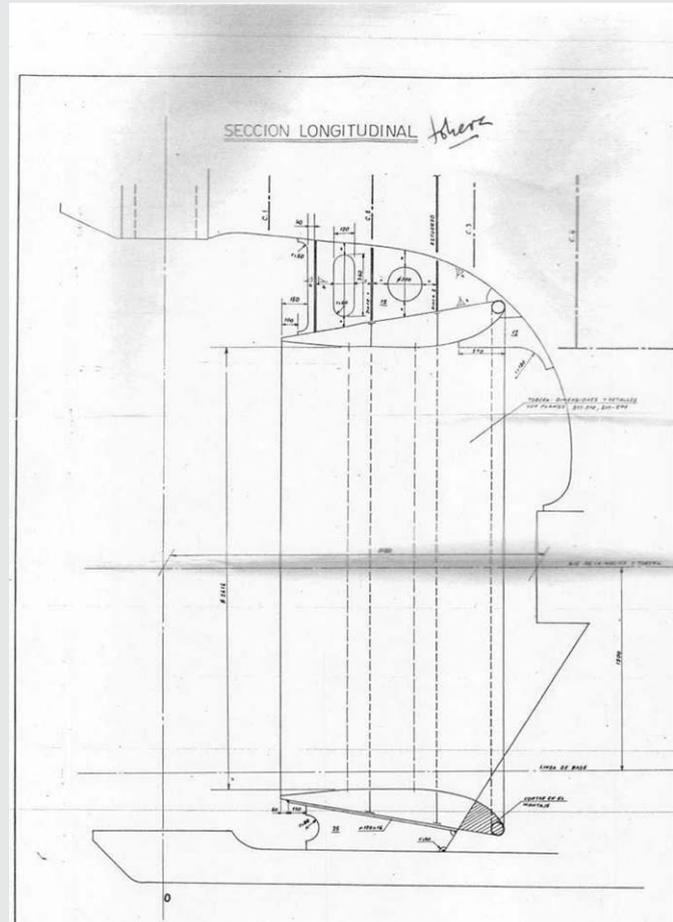


Fig. 7: Detalle de la zona del codaste

5.- Modelado 3D

A partir de toda la información recogida, el siguiente paso fue obtener un modelo tridimensional de estos, para lo cual se utilizó el modelador 3D Rhinoceros. Para representar el casco exterior, la información base fue el plano de formas digitalizado, completado con secciones obtenidas de la definición de puntos del láser-escáner en aquellas zonas que se encontraban peor definidas con suficiente precisión.

En general, dicha reconstrucción fue relativamente sencilla al tratarse de superficies sin mucha curvatura excepto la zona de popa, donde la curvatura es elevada. De hecho, en esta zona es en donde en un posterior análisis se encontró un defecto en el alisado que obligó a realizar un suavizado más fino de la superficie.

A continuación se definió la tobera instalada en la zona del codaste, de la cual sí que se disponían planos digitalizados, lo que simplificó el proceso al reducir las necesidades de extracción de información de la nube de puntos del láser-escáner.

El resultado final del modelado del casco y la tobera se puede apreciar en la Fig. 8.

Una vez definidos el casco y la tobera, la siguiente fase fue la reconstrucción de la hélice, elemento fundamental del sistema de propulsión. La dificultad de esto quedó patente al no existir información previa del diseño de esta, por lo que hubo que seguir un proceso de ingeniería inversa pura. La información de puntos obtenidos con el brazo medidor por FUNDILUSA junto con secciones realizadas a distintos radios de la definición de puntos del láser-escáner permitió obtener una representación final de ambas caras de las palas de la hélice. Respecto al núcleo su definición fue fácil al ser este un tronco cónico y conocer los radios de ambas caras.

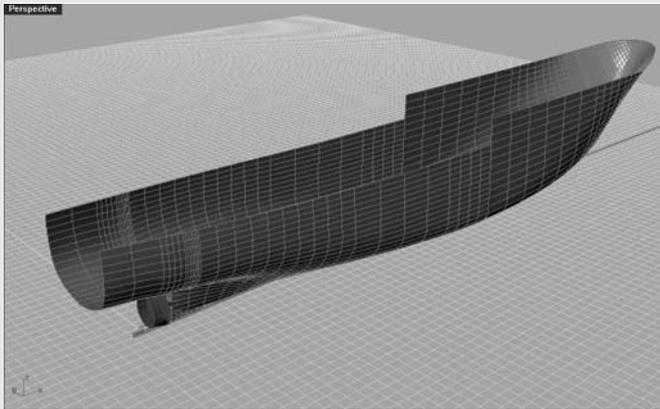


Fig. 8: Aspecto del casco y la tobera modelados con Rhinoceros

La parte complicada fue definir por un lado los bordes de entrada y salida de las palas y por otro lado determinar la ubicación de la hélice dentro de la tobera en cuanto a su posición longitudinal.



Fig. 9: Detalle del borde exterior de una pala de la hélice

Para solucionar el primer problema se acudió al registro fotográfico de la hélice, ya que en la definición del láser-escáner de esta zona, al ser muy puntual, no quedaba suficientemente definida. En las fotos tomadas, como la de la Fig. 9 se pudo apreciar con claridad como los bordes de la pala habían sido recortados en bisel sin aplicar ningún redondeo, y esto fue lo que se realizó directamente en el modelo tridimensional de Rhinoceros.



Fig. 10: Hélice ya limpia durante su montaje

A partir de todo lo anterior, de la hélice real la cual puede verse en la Fig. 10 se reconstruyó completamente con Rhinoceros obteniendo un modelo que se puede observar en la Fig. 11 con lo que se estaba en disposición de incorporarla al modelo tridimensional del buque.

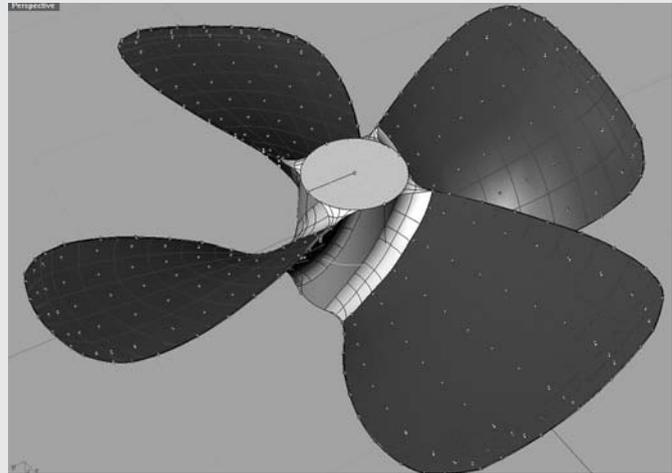


Fig. 11: Aspecto final de la hélice modelada con Rhinoceros

Sin embargo, para ello era preciso especificar la posición longitudinal de la hélice dentro de la tobera, para lo cual se acudió a la definición por puntos del láser-escáner. Además, la posición obtenida se verificó con la información obtenida de las fotos tomadas, como por ejemplo de la de la Fig. 5. Una vez colocada, se comprobó también que no existía ninguna intersección entre la tobera y la hélice. Esto se puede considerar como un indicador positivo de la precisión del modelo, al proceder estos dos elementos de fuentes diferentes.

El siguiente paso fue el modelado del resto de apéndices del buque, básicamente el timón, las quillas de balance y detalles de la zona del codaste. Para el modelado del timón se utilizó por un lado la definición de puntos del láser escáner para obtener la sección del timón, sus dimensiones principales y su posición respecto al casco para poderlo ubicar dentro del modelo de Rhinoceros. Por otro lado se utilizaron también fotografías tomadas de este como la de la Fig. 6 donde se aprecia claramente la sección del timón, junto con otras como la de la Fig. 5 donde se pueden apreciar las uniones del timón con el casco. Esto sirvió para verificar la información procedente del láser-escáner al igual que se hizo en el modelado del casco.

En la Fig. 12 se puede apreciar el aspecto real de la zona del codaste real del buque con la tobera, hélice y timón la cual se puede contrastar con el modelo obtenido en Rhinoceros de esta zona representado en la Fig. 13.

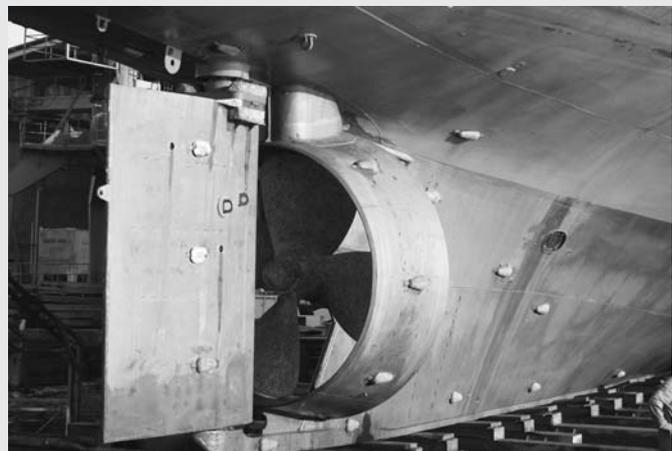


Fig. 12: Aspecto real de la zona del codaste

A continuación quedaba obtener la información necesaria para modelar las quillas de balance. Estas se pueden aproximar a elementos superficiales, que se pueden definir a partir de su línea de unión con el casco y por su borde exterior. Para determinar estos se utilizó la definición de puntos del láser-escáner, de la cual se extrajeron una serie de puntos que definían claramente

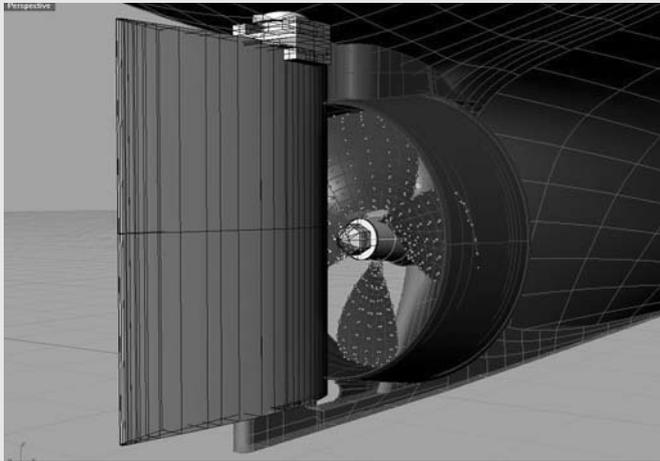


Fig. 13: Aspecto renderizado de la zona del codaste modelado con Rhinoceros

ambas líneas. Dichos puntos se importaron en Rhinoceros y con ellos se definieron las superficies correspondientes a las quillas de balance de estribor y de babor.

6.- Conclusiones

En primer lugar hay que destacar la importancia de este tipo de aplicaciones de ingeniería inversa dentro del campo de actividades de la ingeniería naval. Estas permiten el poder analizar información ya existente que puede ser útil por un lado para obtener una representación tridimensional informática de un buque o de partes de él si es que no se dispone de ella y, por otro lado, también como elemento de comprobación de los resultados de un determinado trabajo.

Hay que señalar que la definición realizada mediante el láser-escáner del buque ha supuesto la digitalización de uno de los elementos más grandes en España. Esto ha conllevado dificultades tanto en la obtención de la nube puntos, al tener que combinar muchas tomas de datos desde distintos ángulos, como en el manejo de todos estos datos debido a su gran volumen.

Por otro lado hay que tener en cuenta también la dificultad del proceso seguido al haber tenido que combinar fuentes de muy variado tipo para tratar de buscar un modelo final que se ajustara a la realidad con fiabilidad. Sin embargo, también ha permitido verificar la precisión de los distintos sistemas utilizados realizando un análisis cruzado de información.

De este análisis se ha concluido, como era lógico, que la información más fiable ha sido la del brazo medidor que de hecho es la que más precisión tiene. Sin embargo, la información del láser escáner ha mostrado una sorprendente coherencia con la realidad, como se observó al analizar la tobera de la cual existía información escrita en cuanto a sus dimensiones. Además, al insertar la hélice dentro de la tobera, ésta encajó perfectamente, lo que como ya se ha mencionado confirma la precisión del modelo final obtenido.

Es necesario mencionar también que todas estas nuevas tecnologías están en fase de estudio y desarrollo como se ha visto en la introducción. Así pues, si bien comienzan a utilizarse dentro del sector naval, todavía es escaso su uso debido al elevado coste de los equipos y a la dificultad del tratamiento de la información obtenida.

Por último, indicar que todo este trabajo de modelado ha permitido la posterior aplicación de códigos CFD para la evaluación de formas y utilizar máquinas de control numérico para la fabricación de modelos, tanto del casco como de la hélice para su ensayo en Canales de Experiencias



Fig. 14: Fotografía tomada de parte del modelo construido en el Canal de Ensayos de Roma (INSEAN)



Fig. 15: Luis Pérez Rojas, coordinador del proyecto, con el modelo de la hélice del ILA

Hidrodinámicas y poder evaluar su comportamiento hidrodinámico. Fotografías de estos se muestran en las Figs. 14 y 15.

7.- Agradecimientos

Los autores de esta nota técnica están especialmente agradecidos a Pelayo Alvarez Brasa de Pescanova S.A., a Pablo Meijide (en su momento en plantilla de Fudilusa), a Jorge Velado y a Javier Chapela, y a todo el personal de Construcciones Navales Paulino Freire S.A., por su apoyo y paciencia durante la realización de los trabajos aquí documentados.

8.- Bibliografía

- [1] Boehler, W., Vicent, M.B. & Marbs A. (Septiembre 2003). *Investigating Laser Scanner accuracy*. Proceedings of the XIXth CIPA Symposium.
- [2] Carrillo, E., Trejo, I., Vicario, J., Escarpa, F., Ferrer, P., Rosa, M. & Sironi, N. (Marzo 2006). *Técnicas de ingeniería inversa empleadas para la medición de carenas de barcos de regatas láser-escáner y análisis tridimensional*. Proceedings del II Simposio Internacional de Diseño y Producción de Yates de Motor y Vela (MDY'06). Vol 1, pp 179 – 196.
- [3] D'Apuzzo, N. (Enero 2006). *Overview of 3D surface digitalization technologies in Europe*. Proceedings of the SPIE-IS&T Electronic Imaging. Vol. 6056.
- [4] Fröhlich, C., Mettenleiter, M. (Octubre 2004). *Terrestrial laser scanning – New perspectives in 3D surveying*. Proceedings of the ISPRS Working Group VIII/2. Vol. XXXVI, Part 8/W2.
- [5] Fu, P. (Septiembre 2004). *Reverse Engineering*. Aerospace Engineering Magazine, Sep. 2004. Vol 1, pp 38 – 40.
- [6] Hand, S.D., Clark, J.F.F., Mongon, W.J. & Shindelholz, E. (Julio 2005). *Measurement of the U.S.S. Monitor propeller using structured light and coherent laser radar scanning technologies*. Proceedings of the Coordinate Measurement Systems Conference (CMSC).
- [7] Lichti, D.D. (Julio 2004). *A resolution measure for terrestrial laser scanners*. Proceedings of the XXth International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress (ISPRS 2004). Vol 1, pp 216 – 221.
- [8] Mariyam, S., Shamsuddin, H., Suhaimi, C., Samingan, M.R., Samian, Y., Forkan, F., & Swee Wen, A. (Mayo 2003). *Development of NURBS surface reconstruction for ship hull design*. Proceedings of the Seminar ASITT.
- [9] Monti, C., Fregonese, L., Achille, C. (Febrero 2003). *Laser Scanner application on complex shapes of architecture. Profiles extraction processing and 3D modeling*. Proceedings of the International Workshop on Visualization and Animation of Reality-Based 3D Models. Organized by the ISPRS Commission V Working Group 6. Vol XXXIV, Part 5/W10.
- [10] Pérez Rojas, L., Álvarez Brasa, P., Gallego García, J., Souto Iglesias, A., López Pulido, R., Miguel Montero, F. y Molina Torres, A. (Mayo 2006). *Un proyecto europeo de I+D: El proyecto SUPERPROP*. Jornada Técnica sobre Mejoras Tecnológicas y el I+D en la Propulsión de Buques de Pesca. International Shipbuilding and Maritime Industry Exhibition, NAVALLIA, Vigo, España. (Revista Ingeniería Naval julio/agosto 2006).
- [11] Tornincasa, S. (Junio 2005). *Feasibility study of a reverse engineering system benchmarking*. Proceedings del Congreso Internacional Conjunto XVII INGEGRAPH – XV ADM