

COST AND TERM ANALYSIS IN DECISIONS-TAKING FOR THE OPTIMIZATION OF TUNA VESSELS PROJECTS CONSTRUCTION

Mascaraque-Ramírez, Carlos ¹; Para-González, Lorena ²; Moreno-Sánchez, David ¹

¹ Universidad Politécnica de Cartagena, ² Centro Universitario de la Defensa en la Academia General del Aire (MDE-UPCT)

The shipbuilding of large fishing vessels industry has been traditionally characterized as reluctant to introduce major changes to its projects. The present research proposes an approach concerning a cost and term analysis, in order to facilitate the decisions-taking when significant changes need to be introduced in the tuna freezer vessels new construction projects. Thus, a series of tools and diagrams to examine the final impact of each one of the improvements proposed are presented, showing the relationship among the needed resources for their implementation and their results in cost and term. Regarding that these projects are long-term, being usually carried out in parallel with others, these analyses will contemplate, as the direct results associated with the project object of study, as its transversal impact with other organizational projects.

The analyses proposed are oriented both to the Project managers and to the final client, attending therefore to improve a Program management and its marketing strategy with current and potential clients, seeking for a superior competitiveness in a completely globalized sector.

Keywords: Cost; term; decisions-taking; shipbuilding

ANÁLISIS DE COSTE Y PLAZO EN LA TOMA DE DECISIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE BUQUES ATUNEROS

La industria naval de nuevas construcciones de embarcaciones pesqueras de gran tamaño se ha caracterizado tradicionalmente por ser reacia a la introducción de grandes cambios en sus proyectos. El presente trabajo propone un enfoque en el análisis del plazo y del coste para facilitar la toma de decisiones a la hora de introducir cambios significativos en los proyectos de nueva construcción de buques atuneros congeladores. Se proponen una serie de herramientas y diagramas para examinar el impacto final de cada una de las mejoras propuestas, mostrando la relación entre los recursos necesarios para su implantación y sus resultados en coste y en plazo.

Al tratarse de proyectos de larga duración que se realizan normalmente en paralelo con otros, estos análisis contemplarán, tanto los resultados directos al proyecto objeto de estudio, como su impacto transversal con otros proyectos de la empresa.

Los análisis que se proponen están orientados tanto a los miembros que componen la Dirección del proyecto como al cliente final, sirviendo por ello para mejorar la gestión del programa y la estrategia de marketing con el cliente actual y futuro, buscando ser más competitivos en un sector completamente globalizado.

Palabras clave: Coste; plazo; toma de decisiones; proyectos de construcción naval

1. Introducción

El sector naval de nuevas construcciones, y en concreto el especializado en buques pesqueros del tipo atunero congelador, es un sector muy competitivo debido a su completa globalización. Esto implica la necesidad de concursar para nuevos contratos junto a países asiáticos como China, Japón y Corea del Sur con una capacidad de reducir costes muy superior a la de los países europeos. Por *país-astillero*, y según datos del Lloyds-Fairplay (Lloyds-Register, 2015), China se ha situado en la primera posición internacional, con el 34% de los contratos dejando a Corea del Sur en segundo lugar con el 29.5% de los contratos y con casi la mitad de la cuota de contratos que consiguió en 2011, apareciendo en tercera posición Japón con un 18,4%. A notable distancia, se encuentra la contratación europea con un 8% del total mundial, que ha recuperado varias décimas de cuota de mercado, pese a reducir su volumen absoluto de contratación en el último año.

Es por todo ello que surge la necesidad de reducir costes y plazos de entrega en la construcción naval europea, por supuesto sin reducir la calidad de las construcciones, el cumplimiento de los requisitos del cliente y el alto grado tecnológico que hoy en día exigen las embarcaciones (Gardiner & Stewart, 2000).

Con la finalidad de cubrir estas necesidades, los ingenieros de los astilleros desarrollan multitud de propuestas de mejora tanto para los proyectos, como para las factorías navales. Dichas propuestas deben ser analizadas por la alta Dirección de la empresa, la cual debe tomar la decisión de aplicar o no estas medidas finalmente, así como elegir cuál es el momento más idóneo para su aplicación. Para ello es imprescindible que la Gerencia de los diferentes proyectos y la Dirección del astillero dispongan de las herramientas necesarias para poder tomar las mejores decisiones para los proyectos en curso, los posibles proyectos futuros y para la organización en su conjunto (Ahsan & Gunawan, 2010).

Estas herramientas deben ser fáciles de interpretar, han de disponer de información suficiente tanto en términos de coste como en plazo, han de ofrecer una visión global y desarrollada a lo largo del tiempo. También es importante que la información sirva para las funciones comerciales de la empresa y así poder ser más competitivos en las ofertas que se realicen en los diferentes concursos internacionales.

Otro aspecto relevante es la identificación de nuevas líneas de negocio, ya que la posibilidad de entrar en nuevos mercados o ejecutar trabajos diferentes a los realizados hasta el momento ofrecerá una diversificación al astillero, mejorando sus ingresos, su imagen de marca y reduciendo el riesgo de estar condicionado a una única línea de negocio.

2. Objetivos

La toma de decisiones por parte de la Dirección y Gerencia de los proyectos es crucial para la mejora de los proyectos y la competitividad de las empresas en los mercados globalizados (Ling, 2004; Reich, Gemino & Sauer, 2013). Por ello, el presente trabajo de investigación introduce una serie de herramientas gráficas y tablas que facilitan la toma de decisiones a la Dirección de los astilleros de nueva construcción y a los Jefes de Programa de la industria naval. Estas herramientas se encuentran orientadas principalmente a la identificación de ventajas e inconvenientes en propuestas de cambios y modificaciones, tanto en el proyecto del buque, como en las instalaciones de la factoría naval correspondiente.

Resulta de especial importancia analizar cualquier modificación de un proyecto en términos de coste y plazo (Project-Management-Institute, 2004; Kapurch, 2010). En este sentido, las herramientas que se proponen servirán para analizar los impactos en plazo y en coste de las

alternativas planteadas, siendo de interés el análisis longitudinal del impacto en coste, es decir las repercusiones a corto, medio y largo plazo de las inversiones necesarias y los beneficios esperados. De igual manera, se analizan las ventajas que estas propuestas de mejora tienen tanto para el astillero durante la construcción, como para el naviero durante el ciclo de vida y explotación del buque.

3. Metodología y caso de estudio

Para realizar el presente estudio, se ha seguido una serie de pasos previamente definidos, el primero ha sido analizar el buque base y las instalaciones del astillero de construcción. Una vez afianzados estos datos, una serie de mejoras fueron propuestas tanto para la embarcación, como para las instalaciones de la factoría. Sobre estas propuestas de mejora, se desarrollan y aplican una serie de herramientas de gestión que permiten el análisis en plazo y coste de las diferentes propuestas, facilitando así la toma de decisiones al equipo de gestión del proyecto. Son estas herramientas de gestión las que a continuación van a ser desarrolladas, explicando cómo realizarlas y los resultados que se pueden obtener de ellas.

Con respecto al buque base, el estudio que se presenta se ha llevado a cabo sobre el proyecto de construcción de un buque atunero congelador proyectado para la pesca del atún por el sistema de cerco en caladeros situados en los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Se caracteriza por ser un buque robusto pero ligero, con eficiencia energética y propulsiva, de ahí que se hayan empleado materiales para su construcción como el aluminio, el acero de alta resistencia con el fin de reducir espesores, y, por tanto, el peso en rosca, tuberías de fibra y polietileno para reducir pesos y mantenimiento, etc. Dispone de 16 cubas autoportantes (no estructurales) para la congelación y conservación del atún. Las capturas de pescado se congelarán en las cubas de pescado por el sistema de inmersión en salmuera, conservándose posteriormente el atún congelado en seco en dichas cubas.

Las características principales del buque descrito se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Características principales del buque atunero congelador

Concepto	Valor
Eslora total	87,00 m
Eslora entre perpendiculares	74,40 m
Manga de trazado	14,20 m
Puntal a la cubierta superior	9,05 m
Puntal a la cubierta baja	6,55 m
Calado medio de trazado	6,30 m
Registro bruto estimado	2.570 cgt
Cubas de congelación en agua	1750 m ³
Capacidad de combustible (aprox.)	720 m ³
Capacidad de agua dulce (aprox.)	60 m ³
Capacidad de aceite lubricante (aprox.)	45 m ³
Peso Muerto	2230 t
Velocidad en pruebas a plena carga	17.5 Kn

Fuente: Elaboración propia (2016)

Respecto a las instalaciones del astillero de construcción, se ha tomado una distribución clásica de una factoría naval especializada en este tipo de embarcaciones, caracterizada por disponer de dos gradas de construcción, un muelle de recepción de mercancías, un parque de planchas y dos zonas separadas de talleres, una para los talleres de conformado de bloques y otra para el de armamento de bloques y módulos.

3.1 Definición de las propuestas de mejora

Sobre los datos de partida descritos anteriormente, se han propuesto una serie de mejoras tanto para el proyecto del buque, como para la optimización de las instalaciones del astillero. Estas mejoras serán analizadas a lo largo de esta investigación y examinadas con las diferentes herramientas propuestas para poder favorecer la toma de decisiones sobre las mismas.

Mejora 1: la primera de las ideas consiste en la estandarización de las planchas de forro del casco de la embarcación y de los perfiles empleados en los refuerzos longitudinales. Su finalidad es la reducción de espesor en las planchas y el uso de un menor número de tipos de espesor, logrando así una disminución del peso de acero del buque y un descenso del número de tipos de plancha, minorando así las tipologías empleadas y los útiles necesarios para su conformado y unión.

Mejora 2: Estandarización de los equipos principales del barco. Esta segunda mejora busca reducir el catálogo de equipos y componentes de los que dispondrá el buque, conllevando el sobredimensionamiento de alguno de los equipos, lo que supone un sobrecoste inicial en su adquisición, pero a medio y largo plazo produce un descenso de los costes, derivado de una mejor especialización por parte del personal para su montaje a bordo y una reducción en los costes de gestión con los proveedores al mermar el número de estos.

Mejora 3: Reestructuración del taller de conformado de bloques, una mejor disposición del taller y sus puestos de trabajo, situando las líneas de conformado de los diferentes tipos de bloques en una secuencia óptima para reducir los tiempos de producción y los movimientos de material y personal en el taller.

Mejora 4: Reestructuración del taller de armamento de bloques y módulos, optimizando las instalaciones de dicho taller para poder construir grandes bloques con un grado de armamento lo más elevado que sea posible y así conseguir limitar el tiempo de uso de las gradas de armamento durante el proceso de construcción del buque (Eyres & Bruce, 2012).

Mejora 5: Distribución en U del conjunto del astillero, desde el muelle de recepción y el parque de planchas, continuando por los talleres de conformado de bloques y armamento de bloques y terminando en las gradas de construcción (figura 1). Esta distribución minimiza los recorridos y con ellos los tiempos improductivos y los costes de traslado de grandes estructuras y equipos.

Figura 1: Vista en 3D de la distribución en planta del astillero



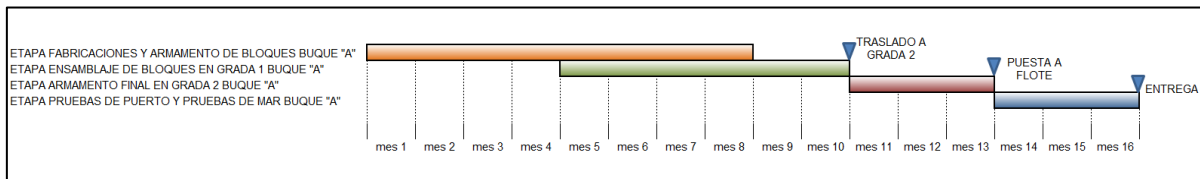
Fuente: Elaboración propia (2016)

3.2 Planificación del buque y del astillero

Conocidas las propuestas de mejora que se han identificado para el proyecto, es necesario conocer su impacto en la planificación del mismo y su integración en la planificación completa del astillero (Project-Management-Institute, 2004).

Para cumplir con este objetivo, el primer paso será confeccionar una planificación de grandes voces del proyecto de construcción de un buque. En la figura 2 se presenta un formato de planificación consistente en cuatro voces, identificando así la etapa de fabricación y armamento, de ensamblaje de bloques en grada 1, de armamento final en grada 2 y el periodo de pruebas de puerto y mar.

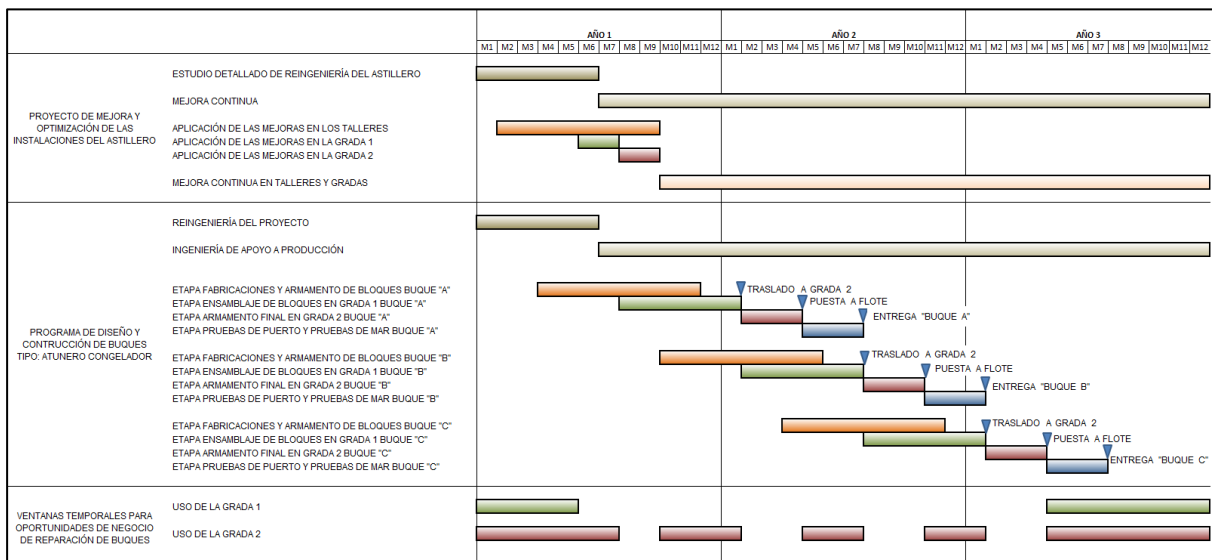
Figura 2: Planificación del proyecto de construcción de un buque atunero congelador



Fuente: Elaboración propia (2016)

Una vez que se conoce la planificación de uno de los barcos, se debe confeccionar la planificación completa del astillero (Kapurch, 2010), incluyendo la construcción de la serie completa de buques. En este caso, se estudiará una serie de 3 buques, la planificación de la fase de ingeniería y la planificación de la introducción de las mejoras que tengan impacto en las obras (figura 3).

Figura 3: Planificación completa del astillero



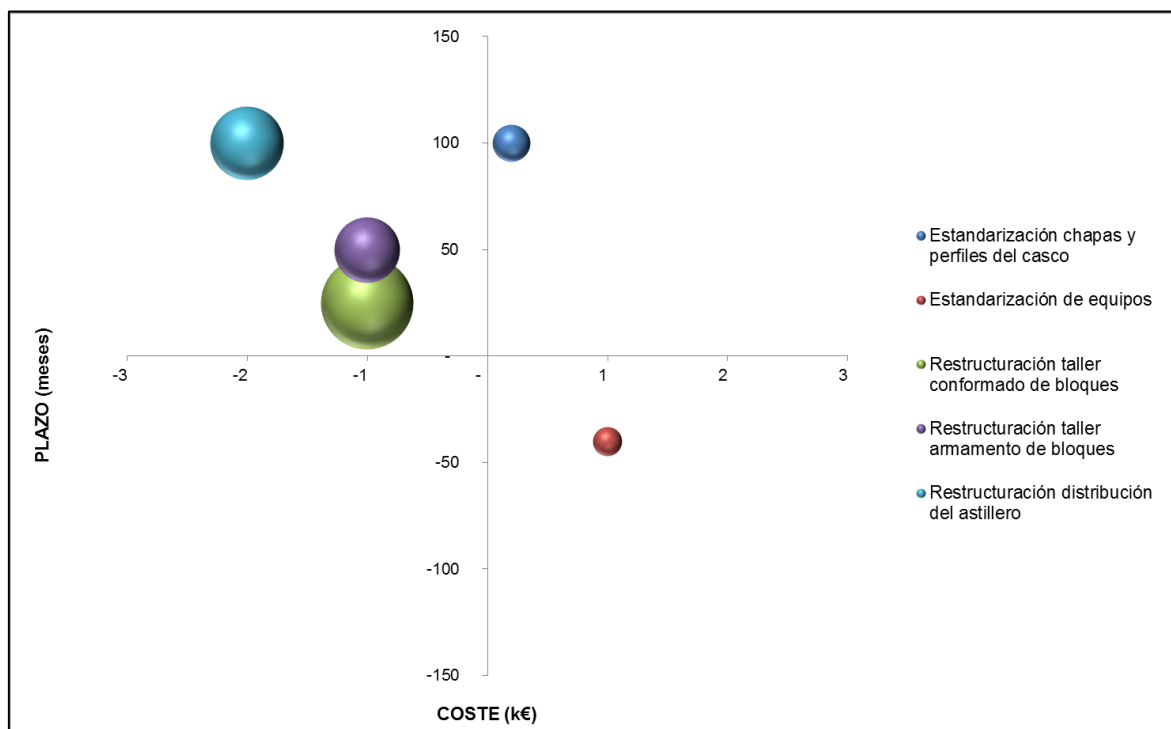
Fuente: Elaboración propia (2016)

3.3 Diagrama estático de coste y plazo

Con el propósito de conocer el impacto en plazo y en coste para el proyecto de cada una de las propuestas de mejora planteadas, se presenta el gráfico de la figura 4, donde se expone, para las diferentes medidas la estimación de la ganancia en plazo (representada en una escala de meses) y su repercusión en el coste final del proyecto (representada en miles de euros k€).

El área de cada una de las burbujas representadas simboliza el coste de implementación que supondrá para el astillero llevar a cabo la mejora planteada, siendo, por tanto, las burbujas de mayor tamaño las que suponen una inversión inicial más significativa.

Figura 4: Diagrama estático de coste y plazo de las mejoras propuestas



Fuente: Elaboración propia (2016)

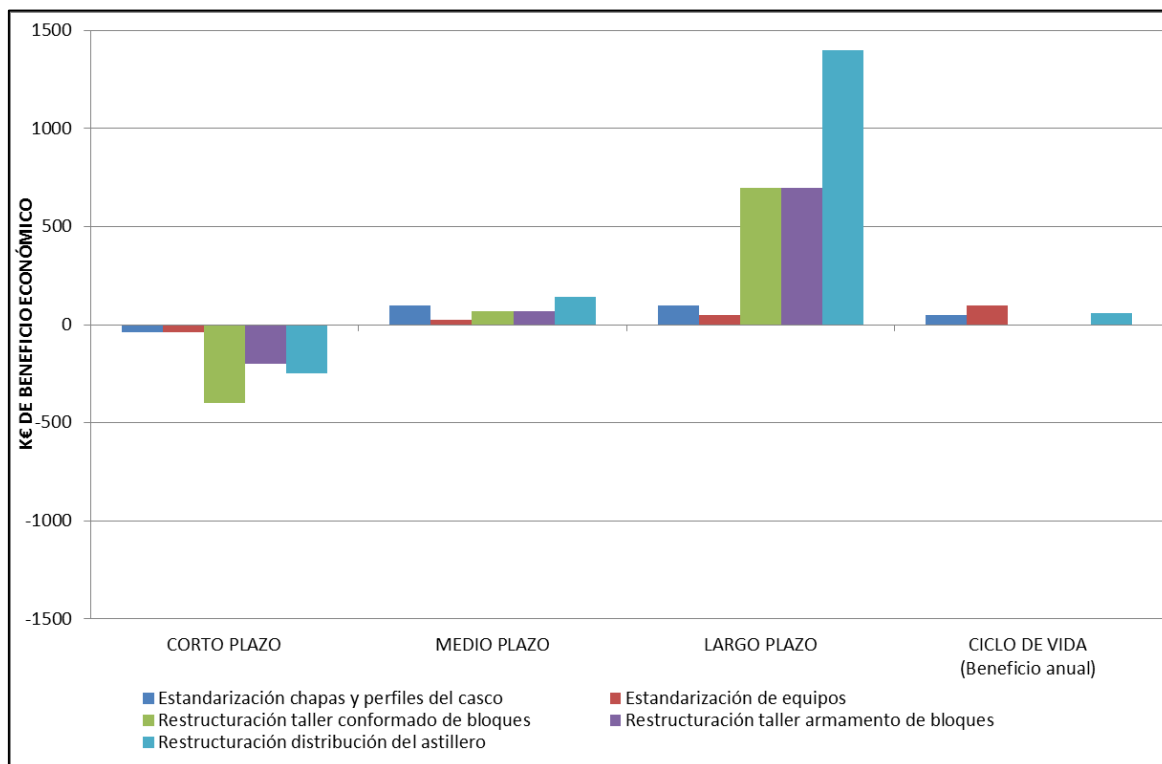
Resulta importante indicar que este diagrama representa un resultado final para la construcción del primero de los buques de la serie, en este caso compuesta por 3 atuneros congeladores, pudiendo realizarse para otros buques de la serie. En tal caso, ha de identificarse a qué buque hace referencia para poder interpretar correctamente los resultados.

La limitación principal de este diagrama se encuentra en su información estática temporal, estando referenciado únicamente a la fecha de entrega del primer barco y analizando únicamente el primer buque de la serie.

3.4 Diagrama longitudinal de coste

Con la finalidad de cubrir las limitaciones de información del diagrama estático de coste y plazo, se propone el uso de una herramienta que no se centre en un único momento temporal. Para ello, se ha desarrollado el diagrama longitudinal de coste que se expone en la figura 5.

Figura 5: Diagrama longitudinal de coste de las mejoras propuestas



Fuente: Elaboración propia (2016)

Este diagrama ofrece información sobre los beneficios económicos de cada mejora en 4 momentos temporales del proyecto, pudiendo usarse para un buque concreto o para la serie completa.

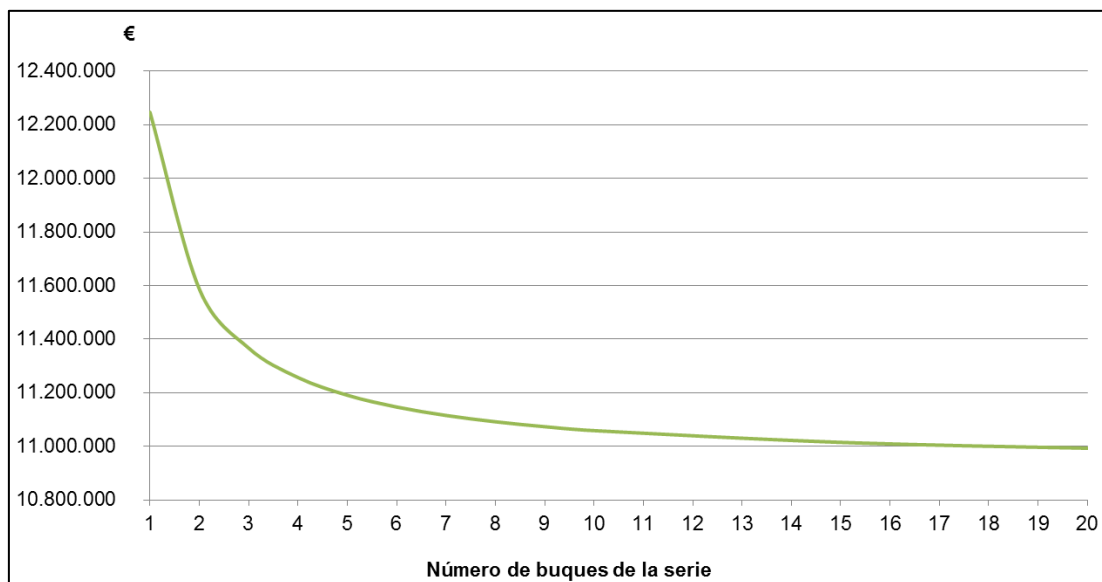
Los momentos temporales analizados son: a corto, medio y largo plazo, y durante el ciclo de vida del buque y, por tanto, su explotación, considerándose este último en términos de beneficios medios anuales. En la parte izquierda del diagrama se ofrece la información de la inversión inicial y las repercusiones a corto plazo, seguidamente de las implicaciones de las mejoras ya implantadas a medio plazo, y a largo plazo cuando se esté trabajando con todos los barcos de la serie y se haya avanzado en las nuevas líneas de negocio identificadas con la planificación que se mostraba en la figura 3.

Finalmente se muestran los datos del análisis del ciclo de vida del buque, donde será necesario realizar un estudio detallado de la explotación esperada. Por lo tanto, se ha de comenzar conociendo y estudiando las intenciones de negocio del naviero, una vez analizadas, se desarrolla una perspectiva de beneficio anual de cada mejora durante el ciclo de vida de las embarcaciones que componen el programa, y estos resultados se expondrán sobre el diagrama longitudinal de coste.

3.5 Curva de coste por unidad de construcción

Con el objetivo de disponer de una mayor información para el equipo comercial del astillero, se expone la gráfica de la figura 6, donde se indica el descenso del precio de venta unitario en función del número de buques de la serie contratada.

Figura 6: Precio unitario según el número de buques de la serie



Fuente: Elaboración propia (2016)

Esta información se ha desarrollado suponiendo un 15% de beneficios sobre el coste de construcción que ha sido estimado por medio del cálculo de sus diferentes partidas presupuestarias (Alvariño-Castro, Azpíroz-Azpíroz & Meizoso-Fernández, 1997). El cálculo del presupuesto de un único buque en sus diferentes conceptos queda desglosado en la tabla 2.

Tabla 2. Presupuesto de un buque atunero congelador

Concepto	Importe
Estructura del casco	583.324 €
Planta propulsora	674.691 €
Planta eléctrica	451.005 €
Comunicaciones y control	138.786 €
Servicios auxiliares	1.022.358 €
Equipo y habilitación	1.280.628 €
Servicios técnicos	193.627 €
Apoyo al buque durante la construcción	774.507 €
Personal dedicado a la obra	5.530.550 €
Coste total de construcción de 1 buques	10.649.475 €
Margen de beneficio	15%
Importe 1 buque	12.246.896 €

Fuente: Elaboración propia (2016)

4. Resultados

Los indicadores desarrollados en el apartado anterior permiten valorar las mejoras propuestas. Así, los efectos reflejados en las planificaciones presentadas revelan la posibilidad de acometer nuevas líneas de negocio por parte de la empresa, lo que permitirá mejorar sus resultados anuales y no depender únicamente de los proyectos de nueva construcción, aportando solidez a la empresa, siendo esta una cualidad muy apreciada por clientes potenciales.

Los diagramas estáticos y longitudinales de coste y plazo demuestran ser una herramienta visual muy potente para la toma de decisiones, mostrando los resultados estimados tanto en la finalización del proyecto, como en sus diferentes etapas, siendo aplicables a un proyecto concreto o al conjunto de la organización.

Por último, el gráfico de la relación del precio de venta en función al volumen de buques construidos se revela como una herramienta útil en funciones comerciales, que, conjuntamente con el diagrama longitudinal de coste, que muestra los beneficios en la explotación del buque, sirven para una mayor captación de clientes y una mejor competitividad del astillero en licitaciones internacionales.

4.1 Resultados obtenidos de la planificación del astillero

La planificación completa del astillero, donde se contemplan todos los proyectos tanto de construcción como de ingeniería y de reformas de las instalaciones, permitirá identificar ventanas temporales de inactividad en los talleres o en las gradas (Lamouri & Thomas, 2000; Tang & Grubbström, 2002), como se puede apreciar en la parte inferior de la figura 3. Estas *ventanas de oportunidad* nos ofrecerán la posibilidad de usar las instalaciones para otras líneas de negocio. En el caso de estudio se obtienen una serie de periodos de 3-4 meses donde la grada 2 estará inactiva, siendo de gran interés para poder implantar una línea de negocio basada en la reparación de buques.

4.2 Resultados obtenidos del diagrama estático de coste y plazo

La utilidad del diagrama estático de coste y plazo reside en la información que trasmite a la Gerencia de programa y a la Dirección del astillero con el fin de valorar si cada mejora es relevante para el proyecto, si la inversión inicial es conveniente con los costes finales de la obra y si los adelantos o retrasos estimados en el plazo de entrega del buque son asumibles.

El impacto en plazo deberá analizarse con las repercusiones contractuales del proyecto. No siempre un adelanto puede ser beneficioso (Reich, Gemino & Sauer, 2013), pues podría suponer una inmovilización del buque en el muelle hasta el comienzo de la temporada de pesca, con el coste que esto supondría. No obstante, un retraso puede estar penalizado en las condiciones contractuales, además de los costes directos de producción derivados de retrasar la obra.

4.3 Resultados obtenidos del diagrama longitudinal de coste

La interpretación adecuada del diagrama de la figura 5 proporciona una visión en plazo de los resultados esperados de la implantación de cada mejora propuesta. Con esta herramienta, la Dirección del astillero dispondrá de mayor información para la toma de decisiones, pudiendo analizar los escenarios de forma longitudinal.

Uno de los resultados interesantes de este análisis, es conocer si las decisiones pueden suponer pérdidas económicas a corto plazo y ganancias a medio y largo plazo, para así asegurar la eficiencia económica organizativa (Klingenberg et al., 2013).

Respecto a los datos del análisis del ciclo de vida del buque, estos son importantes para las tareas comerciales del astillero, dado que toda esta información podrá ofrecerse a los navieros para identificar ventajas en la explotación de los buques y como consecuencia de estas, lograr un aumento significativo de los beneficios esperados.

4.4 Resultados obtenidos de la curva de coste por unidad de construcción

La ventaja del gráfico propuesto en la figura 6, radica en la disposición de una mejor información para el Departamento Comercial sobre los precios a los que pueden ofertar en los concursos de licitación, dependiendo del número de barcos que tenga previsto construir el astillero.

El coste unitario se ve reducido principalmente por un decremento en las horas de ingeniería y producción (Alvariño-Castro, Azpíroz-Azpíroz & Meizoso-Fernández, 1997). Las primeras debido a disponer del desarrollo completo del proyecto y debiendo quedar únicamente parte de ingeniería de apoyo a la construcción, el segundo se debe al aprendizaje del personal de construcción y, por tanto, a una reducción en las horas empleadas para cada una de las tareas a desarrollar.

5. Conclusiones

La elaboración y estudio de los gráficos y diagramas propuestos aportan una visión amplia de las ventajas e inconvenientes de las mejoras planteadas para el proyecto de nueva construcción de buques atuneros congeladores y de los propósitos generales del astillero como organización.

El conjunto de herramientas desarrolladas se establece como un recurso de gran utilidad para los objetivos planteados en el presente estudio, donde la aportación de información fiable y sencilla para facilitar la toma de decisiones se identifica como una base crucial para la gestión de proyectos de gran envergadura, con altos costes y largos periodos de ejecución.

Los análisis propuestos están orientados tanto a los miembros de la empresa que componen la Dirección del proyecto como al armador/naviero, es decir, al cliente final. Es por ello que resultan de utilidad para la gestión del programa y para la estrategia de marketing con el cliente actual y los clientes potenciales, logrando la organización, como consecuencia de todo ello, ser más competitiva en un sector ampliamente globalizado.

Referencias

- Ahsan, K., & Gunawan, I. (2010). Analysis of cost and schedule performance of international development projects. *International Journal of Project Management*, 28(1), 68-78.
- Alvariño-Castro, R., Azpíroz-Azpíroz, J. J., & Meizoso-Fernández, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid (Spain): Fondo Editorial de Ingeniería Naval.
- Eyres, D. J., & Bruce, G. J. (2012). *Ship Construction*. Butterworth-Heinemann.
- Gardiner, P. D., & Stewart, K. (2000). Revisiting the golden triangle of cost, time and quality: the role of NPV in project control, success and failure. *International Journal of Project Management*, 18(4), 251-256.
- Kapurch, S. J. (2010). *NASA Systems Engineering Handbook*. Washington, D.C. (USA): DIANE Publishing Company.
- Klingenberg, B., Timberlake, R., Geurts, T. G., & Brown, R. J. (2013). The relationship of operational innovation and financial performance—A critical perspective. *International Journal of Production Economics*, 142(2), 317-323.

- Lamouri, S., & Thomas, A. (2000). The two level master production schedule and planning bills in a just in time MRP context. *International Journal of Production Economics*, 64(1-3), 409-415.
- Ling, F. Y. Y. (2004). How project managers can better control the performance of design-build projects. *International Journal of Project Management*, 22(6), 477-488.
- Lloyds-Register. (2015). *IHS Fairplay Register of Ships 2015-2016*. Redhill (United Kingdom): IHS Global Incorporated.
- Project-Management-Institute. (2004). *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guides)*. Project Management Institute.
- Reich, B. H., Gemino, A., & Sauer, C. (2013). How knowledge management impacts performance in projects: An empirical study. *International Journal of Project Management*, 32(4), 590-602.
- Tang, O., & Grubbström, R. W. (2002). Planning and replanning the master production schedule under demand uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 78(3), 323-334.