

01-013

ADAPTING THE EARNED VALUE MANAGEMENT SYSTEM TO LONG-TERM NAVAL PROJECTS

Mascaraque-Ramírez, Carlos ⁽¹⁾; Para-González, Lorena ⁽²⁾; Cubillas-Para, Clara ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad Politécnica de Cartagena, ⁽²⁾ Universidad Isabel I de Castilla

These three features complicate the correct application of the conventional techniques of the Earned Value Management System (EVMS). This is why the need for new techniques to adapt this control system to the field of shipbuilding is identified.

In the present research, a series of techniques are introduced to improve the application of the earned value management system to this type of project, with the main objective of optimizing the estimates at the completion of the project, in terms of scheduling and cost, adapting to the different phases of the project, and to the variations that the project will undergo over time (changes in budget, deadline and requirements). Similarly, a set of indicators of deviations and performances are obtained, being useful in the monitoring and control, providing better information to project management, improving decision making.

Keywords: Earned Value management system; project management; monitoring; controlling; shipbuilding

ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL VALOR GANADO A PROYECTOS NAVALES DE LARGA DURACIÓN.

Los proyectos de nueva construcción del sector naval se caracterizan, desde la perspectiva de la gestión de proyectos, por la baja definición en sus elevados presupuestos, una muy larga duración y fases claramente diferenciadas a lo largo de su ciclo de vida. Estos tres rasgos dificultan la correcta aplicación de las técnicas convencionales del sistema de gestión del valor ganado (EVMS), es por ello que se identifica la necesidad de nuevas técnicas que permitan adaptar este sistema de control para el campo de la construcción naval.

En la presente investigación, se introduce una serie de técnicas que permiten mejorar la aplicación del sistema de gestión del valor ganado a este tipo de proyectos, con el principal objetivo de optimizar las estimaciones a la finalización del proyecto, en términos de plazo y de coste, adaptándose a las diferentes fases del proyecto, y a las variaciones que éste sufrirá a lo largo del tiempo (cambios de presupuesto, de plazo y de requisitos). De forma similar, se obtiene un conjunto de indicadores de desviaciones y rendimientos, siendo de utilidad en el seguimiento y control, proporcionando una mejor información a la dirección del proyecto, facilitando la toma de decisiones.

Palabras clave: gestión del Valor Ganado; gestión de proyectos; seguimiento; control; construcción naval

Correspondencia: Carlos Mascaraque Ramírez carlos.mascaraque@upct.es



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Durante el desarrollo de proyectos de alta complejidad, como es el caso de los proyectos de diseño y construcción de grandes embarcaciones, es necesario tener un sistema de gestión para el control del plazo y del coste (Kerzner, 2018). En el caso de los grandes proyectos de adquisición de buques militares, ya existen diversas normas internacionales en las que es requisito imprescindible el control de dichos proyectos por medio del sistema de gestión del valor ganado (EVMS - Earned Value Management System) (Defense Acquisition University, 2013) y de la planificación ganada (ES – Earned Schedule) (Miguel, Madria & Polancos, 2019).

En este aspecto, otros sectores similares al de la construcción naval están profundizando sus investigaciones en esta materia, centrándose principalmente en optimizar el proceso de implementación de esta técnica, como es el caso del sector de las grandes infraestructuras (Jadhav & Shinde, 2018), o en los nuevos proyectos de muy larga duración de la industria aeroespacial (Liggett, Hunter & Jones, 2017).

Para este tipo de proyecto está claramente identificado en la literatura la necesidad de tener un control adecuado del plazo y del coste del mismo, por medio de mediciones de las desviaciones de los proyectos a lo largo de su ciclo de vida (Nicholas & Steyn, 2017), y de la estimación de predicciones sobre las desviaciones a la finalización del proyecto (Acebes et al., 2015), todo ello ha facilitar la toma de decisiones por parte de los directores de proyecto (Hermarij, 2013).

Desde hace años se ha consolidado el sistema de gestión del valor ganado y la planificación ganada (EVMS-ES) como una de las herramientas más útiles para esta finalidad (Fleming & Koppelman, 2000), siendo una de sus principales limitaciones la adaptabilidad a ciertos tipos de proyectos, principalmente a los de muy larga duración, donde el proyecto progresa por diferentes fases muy diferenciadas entre sí, tanto en alcance, como en recursos, instalaciones personal del proyecto y limitaciones ambientales y de la sociedad, lo que dificulta el uso del EVMS-ES, debido principalmente a una pérdida de fiabilidad de las estimaciones de desviaciones en la finalización del proyecto (EAC - Estimate At Completion) (APM, 2013). Diversos estudios actuales se han centrado en mejorar estas limitaciones, por medio de guías de correcta implementación, como la realizada por Terrell y Richards (2018) o algunas publicadas por los propios gobiernos para sus proyectos (Australian Standard, 2006).

Por su parte, el sector naval se caracteriza por sus proyectos de muy alta complejidad, elevado presupuesto y duraciones extendidas en el tiempo (Bruce & Garrard, 2013). Como muestran los últimos informes del sector (Lloyds-Register, 2018), la industria naval ha pasado por varias crisis en los últimos 10 años, si bien en el último par de años está creciendo positivamente, recuperándose parte del sector, los astilleros de todo el mundo se han percatado de la necesidad de mejorar, tanto en nuevos diseños orientados a la producción (Mascaraque-Ramírez, Para-González & Marco-Jornet, 2018), como en la implementación de mejores sistemas de gestión y control (Ferreira et al., 2018).

Los principales fabricantes de buques están realizando diversos esfuerzos para mejorar su competitividad en el sector (PYMAR, 2019), en estas líneas se ha trabajado para mejorar la estimación del presupuesto inicial de los proyectos navales (Torres do Rego et al., 2019) y calcular las reservas de contingencia (Para-González, Mascaraque-Ramírez & Madrid, 2018), si bien faltan trabajo específicos sobre la implementación del EVMS-ES en el sector naval.

2. Objetivos

El presente trabajo de investigación se centra en la implementación del sistema del valor ganado (EVMS-ES) en un proyecto naval de nueva construcción, concretamente en un buque militar de superficie del tipo corbeta. Analizando diversos escenarios para poder realizar múltiples estimaciones de desviaciones de coste y plazo a la finalización del proyecto, con el propósito final de facilitar la toma de decisiones a los directores de proyecto.

3. Metodología

La metodología utilizada en el presente trabajo de investigación se centrará en estudiar las características generales de los proyectos navales, elegir un proyecto tipo a partir de un buque base y probar una serie de propuestas para la estimación de desviaciones a la finalización del proyecto (EAC) en términos de coste y plazo, aplicándolas en un caso concreto de estudio del proyecto. Con todo ello, se podrá analizar los resultados obtenidos y lanzar una serie de conclusiones al respecto.

3.1 Dificultades generales de los proyectos navales para la implementación del EVMS-ES

La implantación de esta metodología presenta algunas dificultades en el caso de los proyectos de buques, especialmente si se trata de buques militares, ya que son proyectos de alta complejidad (Kemp, Young & Eyres, 2013):

1. Los trabajos están distribuidos de manera uniforme a lo largo de la grada y/o del dique.
2. La construcción del buque se divide en módulos, macromódulos, subbloques y bloques, los cuales pueden estar ejecutándose uno o más simultáneamente.
3. La adquisición de información fiable sobre el estado de los trabajos es una labor muy lenta, puesto que es necesario inspeccionar las labores de todos los módulos, macromódulos, subbloques y bloques. Este problema se ve agravado cuando el equipo de control y planificación está compuesto por pocas personas.
4. La información que se puede obtener de forma rápida no es completamente fiable y siempre tiene un nivel de incertidumbre, lo que puede afectar negativamente a las decisiones del gestor de proyecto.
5. Los métodos clásicos para actualizar la planificación requieren mucho esfuerzo en este tipo de proyectos, que constan de multitud de actividades y gran número de relaciones de dependencias entre las diferentes tareas. Además, una actualización de la planificación de los trabajos puede contemplar no solamente la adición de equipos de trabajo, sino también cambios en el orden de ejecución, en las relaciones de dependencia e incluso la incorporación de nuevas tareas.
6. Con la información disponible, fiable o no, se toman decisiones sobre la evolución futura de los trabajos, que han de poder implantarse con carácter inmediato en todos los módulos, macromódulos, subbloques y bloques que afecten.
7. Las decisiones de gestión y las labores de actualización de la planificación, cuando sean necesarias, han de incorporarse antes del siguiente punto de control, y con suficiente antelación como para que se pueda evaluar si esas decisiones están teniendo un impacto positivo en el rendimiento del proyecto. Retrasar la implantación de actuaciones puede dar lugar a que las labores de control no sean efectivas en absoluto.

Ante todas estas premisas, el sector busca medidas para mejorar los proyectos de construcción naval (Mascaraque-Ramírez, Para-González & Moreno-Sánchez, 2018), y

desarrollar modelos de gestión que aporten más información a los directores de programas y proyectos, resultando esta información imprescindible para la toma de decisiones.

3.2 Características del buque base

Como buque base, y por lo tanto como proyecto de estudio, se ha tomado una corbeta de la serie F-30 (Clase Descubierta), eran buques diseñados y construidos por la E.N. Bazán, utilizando la experiencia adquirida en la fabricación de las corbetas de la clase João Coutinho para la Armada Portuguesa, realizadas con asesoramiento técnico alemán y diseñadas por el ingeniero Rogério de Oliveira (Saunders, 2009). La elección de este tipo de buque se basa en la necesidad de analizar un proyecto de alta complejidad, como es el caso de los buques militares de superficie, como son las corbetas, fragatas, destructores, etc. Por su parte, las corbetas de la clase descubiertas son proyectos al final de su ciclo de vida, por lo tanto, se dispone de información publicada suficiente para su análisis, lo que no ocurre con los actuales buques militares.

El buque estudio es la primera unidad de una serie de 9 corbetas, llamada Descubierta (F-31), construida en el astillero Nacional Bazán Cartagena (actualmente Navantia). Esta corbeta fue botada el 8 de Julio de 1975 y dada de alta el 18 de noviembre de 1978, para formar parte de la 21ª Escuadrilla de Escoltas. El 5 de junio de 2000, paso de ser F-31 a P-75, desde este momento quedó reclasificada como patrullero de altura. Después de 31 años de servicio en la Armada, fue dada de baja el 30 de junio de 2009. Y dos años después, fue desguazada.

Las características generales del buque estudio son (Saunders, 2009):

Tabla 1. Características generales del buque estudio

Parámetro	Valor
Desplazamiento a plena carga	1.666 T
Eslora	88.88 m
Manga	10,4 m
Calado máximo	5,2 m
Puntal	6,2 m
Dotación	115
Velocidad máxima continua	24,8 nudos
Autonomía a 18 nudos	4.000 millas
Autonomía en víveres	25 días

3.3 Formulación empleada para las estimaciones a la finalización del EVMS-ES

Este trabajo no persigue presentar toda la formulación básica del EVMS-ES, debido a su extensión y al conocimiento de la misma a través de la literatura del área (Fleming & Koppelman, 2000; APM, 2013; PMI, 2017), por lo que únicamente se expondrán las fórmulas utilizadas en los diferentes escenarios de las estimaciones a la finalización del proyecto (EAC).

Si bien, el significado de las diferentes variables utilizadas es el que se desarrolla en la Tabla 2:

Tabla 2. Nomenclatura empleada

Acrónimo	Descripción
AC	Actual Cost (Coste Actual)
AT	Actual Time (Duración Actual)
BAC	Budget at Completion (Presupuesto Línea Base o Presupuesto Completo)
CPI	Cost Performance Index (Índice de Cumplimiento del Coste)
EAC	Estimate at Completion (Estimación del Coste a la Finalización)
ES	Schedule Earned (Planificación Ganada)
EV	Earned Value (Valor Ganado)
PV	Planned Value (Valor Planificado)
SAC	Schedule at Completion (Duración total de la Línea Base)
SPI	Schedule Performance Index (Índice de Cumplimiento del Plazo)
TEAC	Time Estimate at Completion (Estimación del Plazo a la Finalización)
TPI	Time Performance Index (Índice de Cumplimiento del Plazo)
w_1	Coficiente de ponderación del plazo
w_2	Coficiente de ponderación del coste
Subíndice	Descripción
i	Inducido – escenario de desviaciones típicas
p	Ponderado – escenario donde se aplica una ponderación de variables
r	Realizado – escenario de desviaciones atípicas

Empleando esta nomenclatura se presentan las siguientes ecuaciones para realizar las estimaciones a la finalización del proyecto en un escenario de desviaciones atípica (subíndice r), un escenario con desviaciones típicas o inducido (subíndice i) y cuatro escenarios donde se realiza una ponderación de diferentes variables propias del EVMS-ES (con los subíndices p1, p2, p3 y p4).

$$EAC_r = AC + (BAC - EV) \quad (1)$$

$$EAC_i = BAC / CPI \quad (2)$$

$$EAC_{P1} = AC + (BAC - EV) / (CPI \cdot SPI) \quad (3)$$

$$EAC_{P2} = AC + (BAC - EV) / (CPI \cdot TPI) \quad (4)$$

$$EAC_{P3} = BAC / (w_1 \cdot CPI + w_2 \cdot TPI) \quad (5)$$

$$EAC_{P4} = AC + [EAC_R \cdot (BAC-EV) / BAC] \quad (6)$$

De igual forma, en términos de la planificación ganada, la formulación empleada para el cálculo en las desviaciones a la finalización del proyecto es:

$$TEAC_r = AT + (SAC - ES) \quad (7)$$

$$TEAC_i = SAC / TPI \quad (8)$$

$$TEAC_{P1} = AT + (SAC - ES) / (CPI \cdot SPI) \quad (9)$$

$$TEAC_{P2} = AT + (SAC - ES) / (CPI \cdot TPI) \quad (10)$$

$$TEAC_{P3} = SAC / (w_1 \cdot SPI + w_2 \cdot TPI) \quad (11)$$

$$TEAC_{P4} = AT + [TEAC_r \cdot (SAC-ES) / SAC] \quad (12)$$

siendo:

w_1 , Coeficiente de ponderación del plazo.

w_2 , Coeficiente de ponderación del coste.

3.4 Caso de estudio del proyecto para la aplicación de la formulación anterior

Como caso de estudio se ha tomado una duración total del proyecto $SAC = 39$ meses, con un presupuesto total en horas de $BAC = 150.000$ horas. Se ha analizado el mes 25 del proyecto, con un valor planificado $PV = 98.250$ horas, un avance planificado del 65.5%, un coste real $AC = 96.550$ horas y un avance real del 58,6%, lo que implicada un valor ganado $EV = 97.901$ horas. Siendo la planificación ganada $ES = 22,80$ meses.

En este estudio se emplean como unidad de coste las horas, si bien es cierto que lo más común es el uso de unidades monetarias (Euros, Dólares), en el sector naval es común expresar el presupuesto de los barcos por el número de horas para su consecución. Esto permite que las desviaciones de las horas de presupuesto sirvan para conocer las desviaciones de productividad de la obra, reflejando si ha sido necesario invertir más horas de trabajo para finalizar el buque en construcción, facilitando la presupuestación de unidades futuras. Esto permite conocer la variación de las horas de trabajo sin que se vea afectada por la variación en el coste de la hora de trabajo. El caso óptimo, y por tanto más recomendable, es realizar dos análisis de EVMS, uno de ellos en términos de horas de trabajo y el otro en términos de Euros, consiguiendo información de desviaciones en la cantidad de trabajo necesario para realizar una operación y el otro del coste de dicho trabajo.

Los valores del resto de meses se reflejan en la Figura 1.

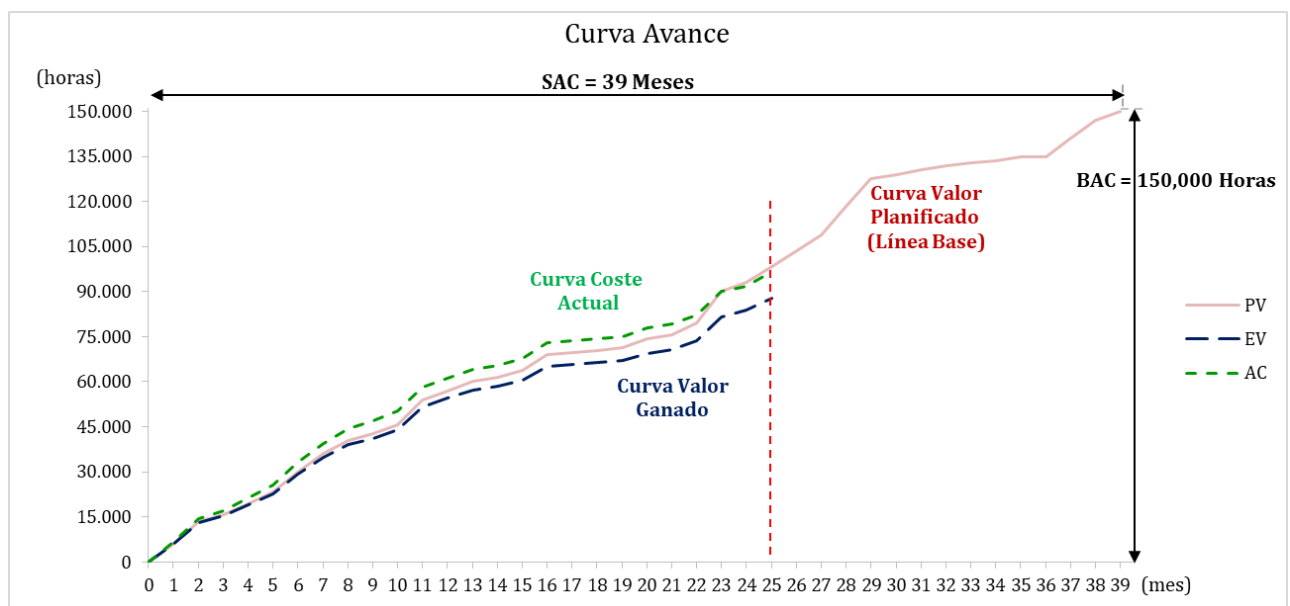
Figura 1: Valores de los componentes del EVMS-ES para el caso de estudio

BAC 150.000 Horas			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ANÁLISIS COSTE HORARIO	INDICADORES	Unidades											
	PV	Horas	-	6.000	13.500	15.750	19.500	23.250	30.000	36.000	40.500	42.750	45.750
	A. PLANIFICADO	%	-	4,00%	9,00%	10,50%	13,00%	15,50%	20,00%	24,00%	27,00%	28,50%	30,50%
	AC	Horas	-	6.468	14.512	17.022	21.232	25.471	33.035	39.419	44.394	47.038	50.404
	AVANCE REAL	%	-	3,92%	8,80%	10,25%	12,67%	15,09%	19,43%	23,23%	26,07%	27,48%	29,35%
EV		Horas	0	5.880	13.193	15.375	19.005	22.628	29.148	34.848	39.101	41.216	44.021

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
54.000	57.000	60.000	61.500	63.750	69.000	69.750	70.500	71.250	74.250	75.750	79.500	90.000	93.000	98.250
36,00%	38,00%	40,00%	41,00%	42,50%	46,00%	46,50%	47,00%	47,50%	49,50%	50,50%	53,00%	60,00%	62,00%	65,50%
58.221	61.119	64.044	65.491	67.661	72.962	73.713	74.425	75.123	77.851	79.220	82.212	89.973	91.838	96.550
34,46%	36,30%	38,12%	39,02%	40,36%	43,43%	43,86%	44,29%	44,70%	46,33%	47,12%	49,08%	54,47%	55,98%	58,60%
51.685	54.445	57.178	58.531	60.540	65.150	65.797	66.433	67.055	69.491	70.682	73.615	81.700	83.974	87.901

Lo que gráficamente se puede representar en la Figura 3:

Figura 3: Curva de avance por medio del EVMS-ES para el caso de estudio



Sobre esta situación del proyecto se aplicará la formulación expuesta anteriormente para la estimación de las desviaciones en la finalización del proyecto, tanto en términos de coste (EAC) como en términos de plazo (TEAC).

4. Resultados

Aplicando la metodología descrita en el apartado anterior, se obtienen los valores de las estimaciones a la finalización del proyecto por medio de cada una de las fórmulas utilizadas. Para analizar los resultados se decide generar 4 gráficas diferentes, en cada una de ellas se muestran los valores de la planificación del proyecto (PV), junto con las estimaciones de los escenarios de desviaciones atípicas (EAC_r - $TEAC_r$), el escenario de desviaciones típicas (EAC_i - $TEAC_i$), y uno de los escenarios ponderados.

Esto genera un conjunto de cuatro curvas, donde se al final del proyecto se identifican los cuatro puntos del final de cada una de las curvas. Las curvas representan el coste y plazo

acumulados desde el inicio del proyecto hasta su finalización, por lo tanto, se representa la Línea Base (PV), y las 3 estimaciones (inducida, realizada y ponderada), siendo hasta el mes 25 datos reales (AC). Desde el mes 25 se representan los diferentes escenarios de estimación a la finalización en términos de coste (EAC), expresado en el eje de ordenadas, y en términos de plazo (TEAC), representado en el eje de abscisas.

Utilizando los cuatro puntos extremos de las curvas se puede definir un área rectangular, la cual limita la zona desde la finalización más optimista del proyecto con el menor coste de ejecución, a la más pesimista con el mayor coste. En el caso de estudio, estas estimaciones están realizadas en el mes 25 de proyecto, es decir entre 14 y 20 meses antes de la finalización del proyecto, dependiendo del escenario más optimista o más pesimista de plazo de entrega.

Al realizar estas curvas para los 4 escenarios de ponderación planteados, se generan las siguientes figuras:

Figura 4: Proyecciones del proyecto con la ponderación 1

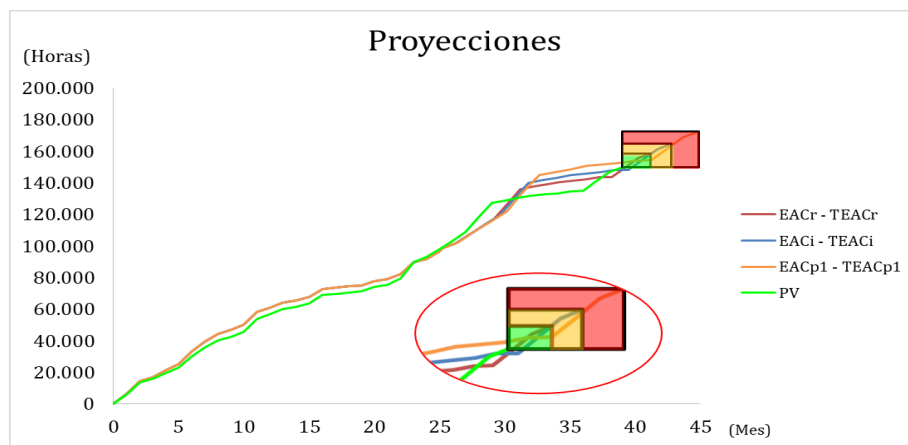


Figura 5: Proyecciones del proyecto con la ponderación 2

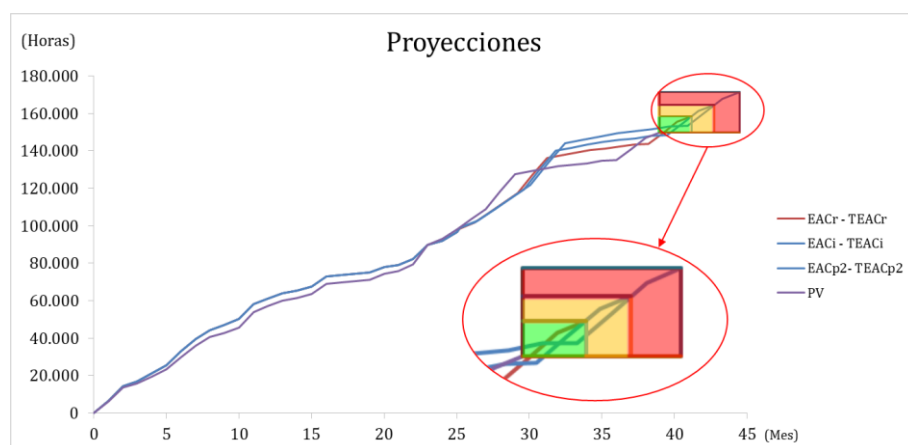


Figura 6: Proyecciones del proyecto con la ponderación 3

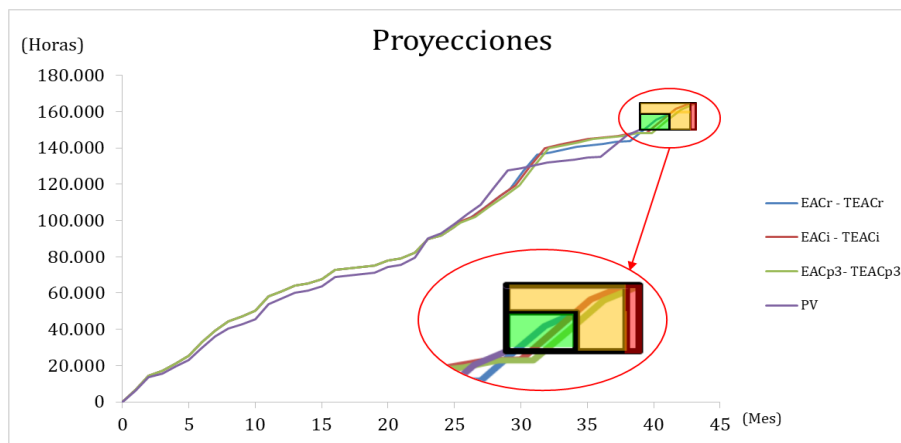
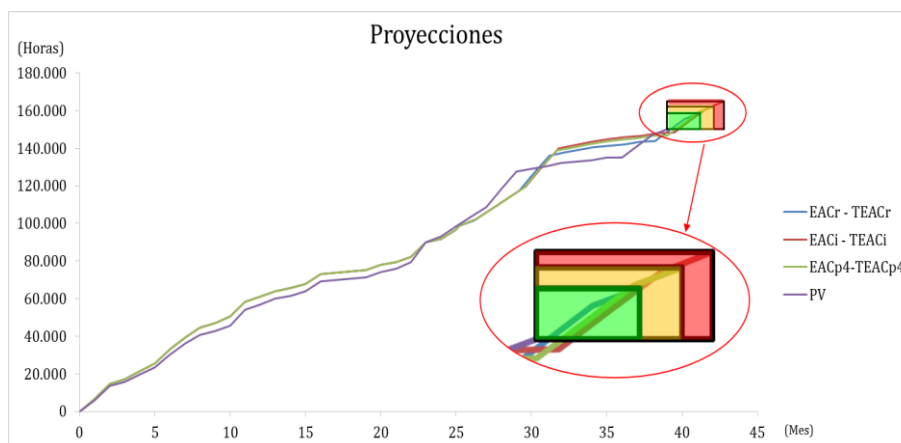


Figura 7: Proyecciones del proyecto con la ponderación 4



Como se puede apreciar en las figuras, la zona de finalización del proyecto ha sido marcada por medio de un rectángulo delimitando sus lados la finalización más temprana y más tardía estimada en los cálculos del TEAC, y el coste más bajo y más elevado estimados en el cálculo del EAC.

Al existir cuatro curvas, el área puede ser dividida en tres zonas, usando los extremos de las dos curvas intermedias, dependiendo de la situación del proyecto pueden ser cualquiera de las cuatro, identificando de forma sencilla tres áreas que se colorean según el criterio típico de luz de semáforo (verde, amarillo, rojo). Todo esto pretende aportar una mayor información al director del proyecto, el cual deberá conocer las circunstancias puntuales de su proyecto, las características de este y así poder elegir cual es el escenario que más se ajusta al proyecto realizado, facilitando elegir un sistema de estimaciones lo más acorde a las circunstancias del proyecto, con el propósito final de tener la mejor información posible para la toma de decisiones de la alta dirección.

5. Conclusiones

La presente investigación ha introducido la problemática del sector naval a la hora de implementar sistemas de gestión en sus proyectos, en concreto los sistemas de gestión del valor ganado (EVMS) y la planificación ganada (ES). Se ha centrado en un tipo de buque concreto, las corbetas de la clase descubierta, pero que por su configuración, complejidad y

características sirve como proyecto tipo del sector, permitiendo realizar un análisis de la implementación del EVMS-ES en este proyecto.

Se ha presentado una serie de fórmulas para calcular las estimaciones a la finalización del proyecto en términos de plazo y coste, por medio de la ponderación de diferentes factores típicos de la nomenclatura de la metodología del valor y la planificación ganada, presentando un total de 6 escenarios de estimaciones, el escenario de desviaciones atípicas, el escenario de desviaciones típicas y cuatro ponderaciones.

Esta formulación ha sido ejecutada desarrollando caso concreto de ejemplo sobre el proyecto del buque base, tomando un punto intermedio del proyecto con ciertas desviaciones previas en este. Todo lo anterior ha permitido representar un conjunto amplio de resultados, exponiendo un total de cuatro gráficas de control del proyecto y presentación de las posibles desviaciones a la finalización de este.

Por medio de una representación sencilla y visual, se muestran los resultados obtenido, con el objetivo final de permitir a la dirección del proyecto elegir los escenarios de desviaciones más realistas según las características de su proyecto, por medio de la elección de un tipo de ponderación u otra. También, es posible que el director del proyecto prefiera tener un seguimiento por medio de todos los escenarios, lo que le permitiría ir visualizando con el tiempo cual es el más realista de todos, pero sin perder la perspectiva de resultados que les ofrece el resto de las estimaciones, teniendo una mejor información de los posibles destinos del proyecto que se esté ejecutando.

Es importante introducir las limitaciones de esta investigación, la cual se ha centrado en el método del EVMS-ES, otros autores como Vandevoorde y Vanhoucke (2006), han realizado investigaciones donde se comparan diferentes métodos de predicción, y más recientemente Ballesteros-Pérez et al. (2019) desarrollan nuevas métricas para el seguimiento y control de los proyectos. Todas estas investigaciones pueden ser aplicadas al sector naval, mejorando los resultados ofrecidos en este trabajo.

Los resultados mostrados a lo largo de la investigación presentada quedan orientados al objetivo final de que la alta dirección de los programas y proyectos dispongan de una mayor información y de mejor calidad, es decir más enfocada a las características de su proyecto concreto de construcción de una nueva embarcación, lo que facilitará el control, la toma de decisiones y con todo ello, la gestión de los proyectos.

Referencias

- Acebes, F., Pereda, M., Poza, D., Pajares, J., & Galán, J. M. (2015). Stochastic earned value analysis using Monte Carlo simulation and statistical learning techniques. *International Journal of Project Management*, 33(7), 1597-1609.
- APM. (2013). *Earned Value Management Handbook*. Buckinghamshire: Association for Project Management.
- Australian Standard, A. (2006). 4817-2006 Project performance measurement using Earned Value.
- Ballesteros-Pérez, P., Sanz-Ablanedo, E., Mora-Melia, D., González-Cruz, M. C., Fuentes-Bargues, J. L., & Pellicer, E. (2019). Earned Schedule min-max: Two new EVM metrics for monitoring and controlling projects. *Automation in Construction*, 103, 279-290.
- Bruce, G., & Garrard, I. (2013). *The Business of Shipbuilding*. New York (NY): CRC Press.
- Defense Acquisition University. (2013). *Defense Acquisition Guidebook*. Defense Acquisition University.

- Ferreira, F. d. A. L., Scavarda, L. F., Ceryno, P. S., & Leiras, A. (2018). Supply chain risk analysis: a shipbuilding industry case. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 21(5), 542-556.
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2000). *Earned value project management*. Newtown Square (PA): Project Management Institute.
- Hermarij, J. (2013). *Better Practices of Project Management based on IPMA competences*. Zaltbommel, The Netherlands: Van Haren Publishing.
- Jadhav, V., & Shinde, R. (2018). Application of Earned Value Management System In Infrastructure Projects-A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(7), 270-272.
- Kemp, J. F., Young, P., & Eyres, D. J. (2013). *Ship construction sketches and notes*. New York: Taylor and Francis.
- Kerzner, H. (2018). *Project Management. A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 12th Edition*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons.
- Liggett, W., Hunter, H., & Jones, M. (2017, 4-11 March 2017). *Navigating an earned value management validation led by NASA: A contractor's perspective and helpful hints*. Paper presented at the 2017 IEEE Aerospace Conference.
- Lloyds-Register. (2018). *IHS Fairplay Register of Ships 2018-2019*. Redhill, United Kingdom: IHS Global Incorporated.
- Mascaraque-Ramírez, C., Para-González, L., & Marco-Jornet, P. (2018). Management of a Ferry Construction Project Using a Production-Oriented Design Methodology. *Journal of Ship Production and Design*, 1-8.
- Mascaraque-Ramírez, C., Para-González, L., & Moreno-Sánchez, D. (2018). Improvement of the construction project of tuna purse seine vessels through a cost and term analysis. *Ships and Offshore Structures*, 13(1), 20-27.
- Miguel, A., Madria, W., & Polancos, R. (2019). *Project Management Model: Integrating Earned Schedule, Quality, and Risk in Earned Value Management*. Paper presented at the 2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA).
- Nicholas, J. M., & Steyn, H. (2017). *Project management for engineering, business and technology*. Taylor & Francis.
- Para-González, L., Mascaraque-Ramírez, C., & Madrid, A. E. (2018). Obtaining the budget contingency reserve through the Monte Carlo method: study of a ferry construction project. *Brodogradnja*, 69(3), 79-95.
- PMI. (2017). *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guide - Sixth Edition)*. Newtown Square, Pensilvania: Project Management Institute.
- PYMAR. (2019). *Shipbuilding Activity Report 2018*. Madrid: PYMAR.
- Saunders, S. (2009). *Jane's Fighting Ships 2009-2010 Edition*. Alexandria, VA: Jane's Information Group.
- Terrell, S. M., & Richards, B. W. (2018). *Earned Value Management (EVM) Implementation Handbook*. Washington, D.C.: NASA.
- Torres do Rego, J. M., Mascaraque Ramírez, C., Martínez López, P., & Sanz Sánchez, D. S. (2019). Application of the Montecarlo method for the validation of the budget of a suezmax type ship. *Ship Science and Technology*, 12(24), 33-38.
- Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management*, 24(4), 289-302.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

