

Javier Pastor Sánchez

Tcol CINA. Doctorando. Universidad Nacional de Educación a Distancia. UNED.

Correo: pastor1809@hotmail.com

PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA DE ARMAS EN ESPAÑA

Resumen

La instrucción 67/2011 de SEDEF/MINISDEF/ESPAÑA regula el proceso de obtención de recursos materiales teniendo en cuenta su ciclo de vida. Para evaluar inicialmente los programas que cumplan con la solución se utiliza la técnica de estimación del coste de este ciclo. El objetivo de este trabajo es exponer el procedimiento para estimar los costes del ciclo de vida (CCV) de los programas en España, compararlo con el de las principales organizaciones a las que pertenecemos OTAN/OCCAR y verificar, desde septiembre de 2011, el uso de información histórica, técnicas, parámetros y estructuras de descomposición en las estimaciones del CCV efectuadas.

Palabras clave

Proyecto, Coste Ciclo de Vida, estimación, técnicas, parámetros, estructuras de descomposición.

Abstract

The 67/2011 SEDEF/MINISDEF/ESPAÑA rule regulates the provision process of material resources throughout its life cycle. To evaluate initially the programs that comply with the solution, life cycle cost estimation as a tool for decision is used. The aim of this work is to present the life cycle costs (LCC) estimation procedure in Spain, to compare it with those of the principal organizations to which we belong (NATO, OCCAR) and to check, since September 2011, the use of historic information, techniques, parameters and breakdown structures in the LCC estimations reports performed.

KeyWords

Project, Life Cycle Cost, Estimation, Techniques, Parameters, Breakdown Structure.

PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA DE UN *SISTEMA DE ARMAS* EN ESPAÑA

INTRODUCCIÓN

El Sector Económico de la Defensa está constituido por un grupo de empresas que le facilita la provisión de bienes y servicios. En este grupo de proveedores se pueden distinguir dos tipologías: por una parte, los proveedores de bienes y servicios de uso general para las Fuerzas Armadas y para la propia sociedad y, por otra parte, los proveedores de productos más específicos de las Fuerzas Armadas que, genéricamente, se han convenido en llamar Armamento y Material.¹

Dentro del armamento y material destacan, por su importancia, los sistemas de armas. Estos están diseñados *ad hoc*, se producen en series cortas, con alto contenido tecnológico, muy complejos, sometidos a constante modernización y de gran durabilidad (20-50 años de ciclo de vida). Estos condicionantes hacen que la Industria de Defensa tenga que realizar grandes inversiones para su desarrollo y producción. Entre estas inversiones destacan las de I+D+i, inversiones que no pueden ser aprovechadas en el ámbito privado. Todo ello, unido al carácter proteccionista que el estado ha brindado a esta industria vía subvenciones (mercado subsidiado porque parte de esta industria traslada precios superiores a los que traslada a otros mercados), adjudicaciones, etc., supone para otras empresas grandes barreras de entrada, lo que fomenta la formación de oligopolios o monopolios.

El ciclo de vida de estos sistemas de armas se define como el intervalo de tiempo que discurre entre la concepción del producto y su retirada de servicio. La técnica del CCV es la disciplina o proceso de recolección, interpretación, análisis de datos, aplicación de herramientas y técnicas cuantitativas para predecir los recursos necesarios, en cualquier paso, del ciclo de vida de un sistema de interés.² Los costes del ciclo de vida serán el resultado de este proceso.

1 www.potalcultura.mde.es/galerias/ùblicasiones/fichero7cuaderno_isdefeo2.pdf. Cuadernos de Política Industrial de Defensa. MINISDEF, Secretaría General Técnica. 2.010. Pág 8. NIPO: 076-10-056-2.

2 NATO, RTO. Code of Practice for Life Cycle Costing. RTO-SAS-069. RTO Publicación. Neuilly-sur-Seine, (París). 2009. Chapter 1. Page 1.

Los sistemas de armas cuanto más avanzados tecnológicamente más posibilidad de éxito tienen cuando se miden con otros sistemas. Esta complejidad en los sistemas de armas está disparando de forma exponencial los costes del ciclo de vida y más en concreto los de apoyo logístico. El CCV del producto, desde la perspectiva del cliente, se refiere al conjunto de todos los costes relacionados con un producto o servicio durante su tiempo de vida, comprende la investigación, desarrollo, adquisición, operación, apoyo logístico, mantenimiento, modernización y retirada del bien.

Desde esta perspectiva, para cuantificar el CCV, además de los costes externos (Contratos) es necesario estimar los costes internos (P. ej.: Operación) que normalmente estarán basados en históricos de la organización.

Por ahora, en España no se estiman los costes internos de los sistemas pues carecemos de los medios para hacerlo (Contabilidad de costes recientemente implantada, costes históricos difícilmente accesibles, bases de datos heterogéneas, etc.).

Respecto a la estimación de los costes externos (Contratos) de sistemas desarrollados, como técnica de estimación, es frecuente realizar una investigación de mercado. Cuando en estos contratos de obtención (Investigación, desarrollo y adquisición), modernización, mantenimiento de un sistema de armas u otros nos encontramos que únicamente una empresa esté capacitada para poder realizar la prestación, no podremos realizar la investigación.

Esta circunstancia de demandante único y ausencia de oferentes conduce a que los contratos no pasen por una licitación abierta, en la Ley de Contratos del Sector Público, (LCSP),³ este caso, entre otros, es el que se conoce como procedimiento negociado de contratación y ocurre con mucha frecuencia en la obtención de sistemas de armas.

En este escenario descrito conviven un oligopolio, en algunos subsectores un monopolio, en la oferta y un monopsonio, situación de fallo de mercado que aparece cuando en un mercado existe un único consumidor en lugar de varios, en la demanda y por lo general afecta a todos los Ministerios de Defensa.^{4 5} En estos casos el monopsonista puede obtener un precio⁶ inferior al valor marginal del bien

3 ESPAÑA. RD Leg 3/2011 de 14 de noviembre, Texto Refundido de la Ley Contratos del Sector Público. BOE, 15 nov 2011, núm 276, Artículo 170.

4 ÁLVAREZ, I. y FONFRÍA, A. Estructura e innovación en la industria de defensa española, Madrid, Economistas, n.º 85, 2000. pp.. 102-121.

5 GÍL, J. A. Reestructuración de la industria de defensa en España. Minerva Ediciones, Madrid, 2002. pp.. 53-76.

6 En el contexto de análisis de costes y precios en el ámbito de defensa hablaremos de precio como la suma de los costes admisibles en un contrato, incrementado con el beneficio que se pacte con el contratista.

dependiendo de la elasticidad de la oferta del mercado. Pero este poder se contrarresta con la fortaleza que tiene el monopolio u oligopolio para manejar la información y el elevado coste de todo tipo que supone el remplazar al suministrador.

Este tipo de estructuras de mercado da lugar a comportamientos muy alejados de la competencia perfecta, incidiendo negativamente en las empresas y en los Ministerios de Defensa.

Cuando se produce esta escasa o nula competencia en los contratos externos de los sistemas a obtener, se carece de referencias que permitan considerar el *precio* de un contrato, fijado o que está en proceso de fijarse, como el *adecuado*,⁷ es entonces cuando más precisamos de una ayuda que nos permita reproducir el precio que se formaría en un mercado sin estas imperfecciones.

En estos casos tan atípicos medir la prestación para fijar un precio es muy complejo, por lo que requiere de técnicas de análisis avanzadas que reproduzcan el precio de adquisición que se formaría en un mercado perfecto.

La formación de precios en estos mercados imperfectos y en condiciones de equilibrio parcial es estudiada por la Economía Industrial que analiza las interdependencias de las empresas dentro de los mercados, estudia las condiciones de estos mercados, el comportamiento de las empresas y los resultados económicos.

Para corregir estos desequilibrios la economía Industrial recomienda que el estado desarrolle una regulación económica, fomente la política de defensa de la competencia y ejerza política industrial para promover la competitividad del sector.

Ejercer la política industrial y fomentar la política de defensa de la competencia se escapan del alcance de este artículo, respecto a la regulación económica que persiga evitar estas ineficiencias, el papel del Estado es establecer una política de precios justa para ambas partes que equilibre estas desigualdades. Esta política es abordada por nuestro regulador en dos normas:

1. Para regular los costes, entre otras medidas, el MINISDEF promulgó las normas sobre los criterios a emplear en el cálculo de costes en determinados contratos de suministros, consultoría y servicios del Ministerio de Defensa (NODECOS);⁸ respecto al beneficio se está desarrollando una fórmula que recoja los porcentajes que se aplicarán dependiendo de diversos factores como el tipo de contrato, el sector industrial, el riesgo, etc.

7 ARIAS F, PASTOR J. La determinación del precio en ausencia de mercado, Madrid, La Ley. Revista Práctica. Año 9 N° 89. 2.009. Pág. 7.

8 ESPAÑA. MINISDEF. Orden ministerial 283/1998, de 15 de Octubre. "Normas sobre los criterios a emplear en el cálculo de costes en determinados contratos de suministros, consultoría y servicios del Ministerio de Defensa" NODECOS. BOD de 21 de octubre de 1998, núm. 212/98 Pág. 35.408.

2. Para aplicar NODECOS se emite otra norma: “Procedimiento para la prestación de los *servicios de análisis de costes y precios* en el ámbito del Ministerio de Defensa”⁹ que posibilita al Grupo de Evaluación de Costes (GEC) del MINISDEF a la realización de las actuaciones necesarias para que se cumplan estas normas. En esta instrucción se describen los servicios de análisis de costes y precios que prestará el GEC para proporcionar información precisa y objetiva sobre el coste de los programas. Dentro de los servicios de análisis destacan, a efectos de esta investigación, los servicios de apoyo al planeamiento de recursos, a la presupuestación, a la programación económica y a la gestión de los programas del ministerio de defensa y en concreto “La estimación de Precios y Costes de los proyectos de inversión y de los programas”.

La regulación óptima debería recompensar a la empresa que invierte para reducir costes¹⁰ obteniendo así un mayor beneficio y no recompensarla cuando estos costes se reducen debido a motivos ajenos a su voluntad (bajada del precio del petróleo).

LA TÉCNICA DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA

Los primeros antecedentes de aplicación de la técnica del CCV de vida surgen en EE.UU durante la segunda guerra mundial. Pero es en la década de los setenta del siglo XX cuando se desarrolla y se comienza a aplicar la técnica del CCV a las decisiones de inversión, especialmente en el sector de la construcción. En DEFENSA destacan desde esa década y posteriores las aportaciones de Blanchard y Fabricky.¹¹

En 1987, en un primer intento de normalizar los procesos que han de ser acometidos durante su ejecución, el National Institute of Standards and Technology (NIST) norteamericano publicó el documento titulado *Life-Cycle Costing for the Federal Management Program*. En noviembre de 2002 se publica la original ISO/IEC 15.288 que fue el primer standard internacional que facilitaba un conjunto de procesos y fases comprensibles del ciclo de vida de los sistemas (Revisado febrero 2008).

⁹ ESPAÑA. MINISDEF. Instrucción SEDEF 128/2007, de 16 de octubre, “Procedimiento para la prestación de los servicios de análisis de costes y precios en el ámbito del Ministerio de Defensa”. BOD de 16 de octubre de 2.007, núm.. 212/07. Pág. 12.733.

¹⁰ LAFFONT, J. J. y TIROLE, J. Using Cost Observation to Regulate Firms, Chicago, *Journal of Political Economy*, Press, vol. 94, nº 3, 1986, pp. 614.

¹¹ Blanchard, Benjamín S. *Design and manage to life cycle cost*. Oregon: M/A Press, 1978. Fabricky, Wolter J., and Benjamin S. Blanchard. *Life-cycle cost and economic analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.

La técnica del CCV es la más usada en la evaluación de proyectos de inversión y se considera como una de las herramientas más efectivas en la toma de decisiones.¹²

Para abordar la complejidad del ciclo de vida se ha dividido en fases y etapas, en cada una de las fases y etapas nos encontramos con un enfoque distinto a la hora de estimar los costes que en un futuro producirá. Es con la Técnica del CCV con la que tratamos de anticipar y periodificar en el tiempo el empleo de recursos por parte de Defensa.

No solo hemos de estimar el I+D+i necesario, el desarrollo y la adquisición del sistema en cuestión, sino que además es necesario estimar el mantenimiento y apoyo logístico que producirá una tecnología que en ocasiones no está implantada en el mercado, la operación de ese sistema en diversos escenarios, la formación de un numeroso personal que opere los sistemas y que rota con asiduidad, su modernización y retirada no convencional. Para estimar cada una de estas fases del ciclo de vida se podrá acceder a referencias de mercado o no, caso afirmativo pero en condiciones de oligopolio o monopolio, estas referencias deben de ser analizadas con arreglo a NODECOS.

En términos de tiempo, esfuerzo, y recursos consumidos, *la recolección de datos es la mayor parte de cualquier estudio del CCV*. El CCV es un proceso de conducción de datos como la cantidad, calidad y otras características de los datos disponibles; estos frecuentemente definen qué métodos y modelos pueden ser aplicados, qué análisis pueden ser ejecutados y los resultados que pueden ser logrados.^{13 14}

Estados Unidos, el país que más esfuerzos dedica al estudio del CCV, reconoce que los estándares militares, especificaciones y la mayoría de los modelos de costes aprobados dirigen solo parte del proceso del coste de este ciclo. Estas especificaciones, estándares así como la mayoría de los modelos de costes del ciclo de vida, generan amplias cantidades de datos, no compatibles, que son canalizados por los directores de programas con la esperanza de usarlos como apoyo de las grandes decisiones de costes.¹⁵

Aunque la necesidad de estimar el CCV es compartida con algunos bienes de inversión privados, por lo general sus ciclos de vida no son tan complejos como el de un sistema de armas. Por ello, el estado del arte de la cuestión está contemplado y

12 Así lo afirman diversas publicaciones como EE.UU Military Handbook 88I, NASA Cost Estimating Handbook, Society of Cost Estimating and Analysis (SCEA) y autores como Blanchard B.S, Fabricky, W.J, Waak, O.

13 NATO. Continuous Acquisition and Life-cycle Support. NATO CALS HANDBOOK. Bruselas. 2002 Pág 103,116, 242.

14 John C. Sterling . Analysis of life cycle cost models for DoD and industry use in “design-to-lcc” . Monterey. 2002. Pág. 103-116, 242.

15 NATO. Continuous Acquisition and Life-cycle Support. Op. cit. 2002. Pág 103-116, 242.

liderado principalmente en publicaciones de Defensa y unos pocos autores que son citados a lo largo del artículo.

En cuanto a la implantación de la técnica del CCV hemos comprobado que es escasa en el ámbito privado y hay una gran dispersión en su aplicación en las políticas públicas de las instituciones estatales o locales, liderando su aplicación la Defensa Nacional.

Análisis del CCV en la toma de decisiones

El análisis coste/eficacia como herramienta de apoyo en la toma de decisiones para evaluar una obtención o modernización de un sistema de armas es recomendado y empleado, entre otros, por nuestro departamento de defensa y por los expertos Blanchard¹⁶ y Fabricky.¹⁷

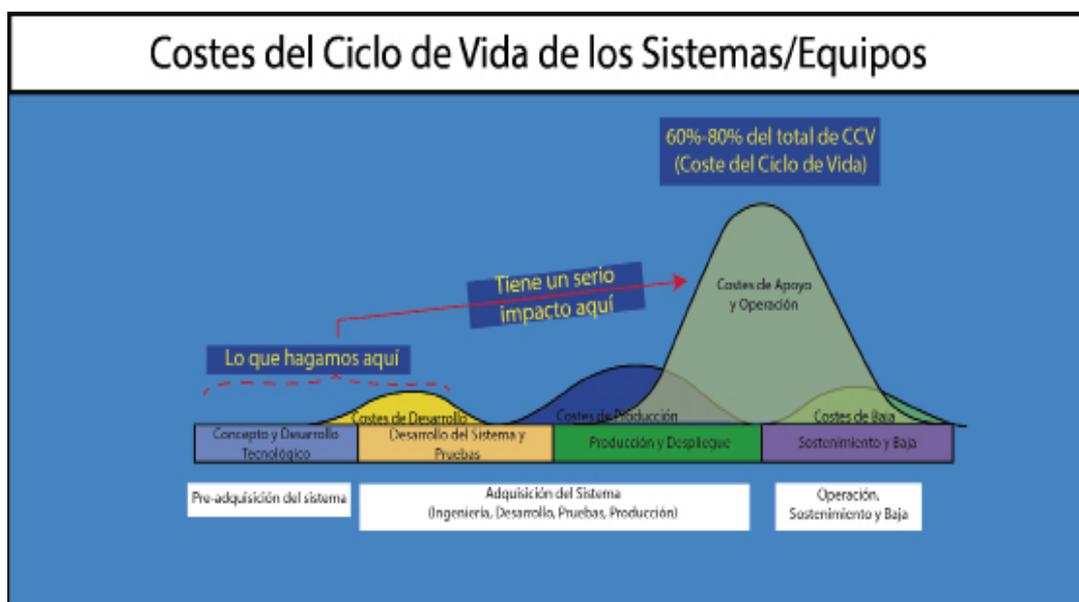


Figura 1: Porcentaje del CCV por fases.^{18 19}

En el ciclo de vida las decisiones económicas deben considerarse desde un punto de vista global y no solo desde la fase del proceso de obtención que estamos ejecutando, puesto que las citadas decisiones pueden aumentar o disminuir los costes en otras

16 BLANCHARD. Ingeniería de Sistemas. ISDEFE. Madrid. 1.995. pp. 44-45.

17 FABRYCKY. W. Análisis del Coste del Ciclo de Vida de los sistemas. ISDEFE. Madrid. 1997. pp. 4-5].

18 NATO Guidance on Life Cycle Costs. AC/327. ALCCP1. Bruselas. 2008. Page 7.

19 PAUL BARRINGER H. DAVID P WEBER. Life Cycle Cost Tutorial. Gulf Publishing Company. Houston, Texas. 1996. Pág. 17.

fases y no linealmente sino a veces exponencialmente. Reducir el número de revisiones del diseño de un programa puede reducir el coste de producción; sin embargo, incrementar los costes de operación y mantenimiento en un monto muy superior al ahorro considerado. Las decisiones que se toman en las primeras fases del proceso de obtención son decisivas y afectan a toda la vida del sistema, por consiguiente, el diseño del sistema de armas debe estar muy orientado al ciclo de vida y en él debe considerarse su impacto en la organización, costes, personal, adiestramiento, infraestructura, etc.

Hasta el año 2011 en España se tenía en cuenta únicamente el coste de adquisición de los sistemas sin considerar que este coste oscilaba entre el 20% y el 30% del total del CCV.

ESTIMACIÓN DE COSTES

Las estimaciones de costes son procesos predictivos que persiguen reducir las incertidumbres involucradas en el desarrollo de un proyecto, mediante el uso de técnicas y herramientas que se deben llevar a cabo en la fase de planificación. El término “estimación de costes” a menudo se utiliza para describir el proceso mediante el cual se pronostican las consecuencias presentes y futuras de los diseños de ingeniería.²⁰ Los procedimientos de estimación de costes en proyectos están recogidos en estándares globales tipo PMI, que son confeccionados por expertos en la materia.

El estado actual de la estimación del CCV de un sistemas de armas es recogido principalmente en la economía de la Defensa y concretamente, dentro de ella, por organizaciones internacionales como la OTAN que p. ej. en 2007 a través del grupo RTO-TR-SAS-054 efectúa una revisión de los métodos y modelos de estimación de costes de los países OTAN y aliados, facilita una visión general de la aplicación y uso del CCV desde la temprana fase conceptual hasta la etapa de baja. Además recoge el tratamiento de la incertidumbre y el riesgo en el desarrollo de la estimación del CCV. El informe de SAS-054 concluye con una serie de recomendaciones para mejorar el uso y comprensión del CCV en la construcción del proceso de decisión. Finaliza promulgando las mejores prácticas dentro de la obtención por fases de un programa de armamento, unas conclusiones y recomendaciones.

Además, diversas publicaciones de la OTAN, con clara ascendencia de EE.UU, país que más influencia tiene en la definición del marco teórico y conceptual, forman el marco teórico de la estimación del CCV en Europa, concretamente citando las más relevantes nos encontramos con la publicación ALCCP-I que facilita un entendimiento

20 DEGARMO. *Ingeniería económica de DeGarmo*. Pearson Prentice Hall. México. 2004. Pág. 24. ISBN: 970-26-0529-6.

común del CCV y una forma común de conducir un análisis del CCV para las naciones de la OTAN, agencias y otros. Esta publicación es continuación de los esfuerzos de paneles de la OTAN como RTO TR-058, SAS-028, estructuras de costes y costes del ciclo de vida para los sistemas militares que desarrolla una estructura general de costes para el ciclo de vida. Además recientemente en el año 2012 la OTAN editó el resultado del grupo SAS-076 que publica la estimación de costes independientes en la OTAN y el papel del análisis del CCV en la gestión de la actividad de Defensa.

Las estimaciones de los costes del ciclo de vida de los programas de adquisición de Defensa son por su naturaleza, ya comentada, inciertas.²¹ Años de desarrollo y producción del sistema y décadas de costes de operación y apoyo necesitan ser estimadas en base a información histórica que es escasa, esta desordenada y almacenada en sistemas heterogéneos que no se comunican, adicionalmente la información disponible del sistema a obtener suele ser muy limitada como el calendario, cantidad de unidades a adquirir, requisitos, estrategia de adquisición, un somero diseño, etc.

Para complicar aún más el escenario, las características principales del sistema pueden cambiar durante el desarrollo y la producción, como variar el peso del sistema, la complejidad, etc. Por todas estas razones, una estimación del CCV, cuando expresa simplemente un número, es simplemente una salida u observación en una distribución probabilística de costes, la estimación es estocástica más que determinística.

Técnicas de estimación de costes

Las técnicas de estimación se usan para descomponer un problema complejo en un conjunto de pequeños problemas más fáciles de tratar. Una combinación de algoritmos y cálculos matemáticos basados en juicios, información histórica y actual ofrecen una estimación del coste.

Cada técnica tiene ventajas e inconvenientes, por lo que, no parece recomendable el uso exclusivo de un solo método. Podemos ordenar las técnicas de estimación en función de su fiabilidad:²²

²¹ Un proyecto en su fase de inicio, por ejemplo, puede tener una estimación aproximada por orden de magnitud (ROM) en el rango de -25% a +75%. En una etapa posterior del proyecto, conforme se va contando con más información, el rango de exactitud de las estimaciones puede reducirse a -5% a +10%. Fuente: Project Management Institute. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®). Quinta Edición. Pennsylvania. Project Management Institute Inc, ISBN:978-1-62825-009-1, 2.013, pág. 200.

²² Fuente: Experiencia del estimador.

1. Estimación mediante costes reales: Se emplea cuando hemos desarrollado un prototipo. Su uso es el más recomendable y fiable ya que permite extrapolar el coste a partir del contrato en ejecución (prototipo) para estimar el coste final del sistema.
2. Estimación con procedimientos de Ingeniería (Bottom-Up): considera el precio como una variable de salida y los cálculos de costes como variable de entrada. En este método se identifican los componentes de costes, se valoran y se suman para obtener el coste directo, a continuación se agregan los costes indirectos y el margen para obtener el precio de venta. Es la técnica más detallada de todas y la más costosa de implementar. Se empieza en el nivel más bajo definible de la EDT/WBS y se estima el coste de cada tarea. Para cada una se emplea la técnica de estimación más adecuada.
3. Estimaciones paramétricas. En este tipo de estimaciones se emplean parámetros de costes que se calculan mediante regresiones lineales u otros métodos estadísticos o matemáticos que se obtienen a partir de datos históricos almacenados en bases de datos que relacionan los costes con las unidades físicas características de los productos (Peso, volumen, velocidad, etc.). Las estimaciones paramétricas se emplean en estudios en los que el nivel de definición del sistema no es muy alto, no se tienen datos comerciales para realizar valoraciones de mercado o el tiempo disponible para la realización es escaso.
4. Estimación por analogía (Top-Down): Este método realiza una comparación directa del producto con otros similares de los que se conocen las características técnicas, costes y precios. Tras realizar ajustes, dependiendo de la coincidencia del producto, se calibra el coste con estos ajustes, se introduce la inflación, variación de índices, número de unidades a producir, zona geográfica, etc.
5. Métodos prospectivos: La prospectiva estudia las fuerzas que impulsan los cambios, tratando de identificar las variables y de predecir su evolución. Cuando en un proyecto existe una gran incertidumbre, es complejo o su ejecución es a muy largo plazo se deben usar análisis prospectivos. La principal dificultad que ofrece este método es que la mayoría de estos proyectos son únicos y no hay diseños similares en el pasado a los que acudir como referencia. La forma de acometer un método prospectivo queda meramente indicada en los elementos que se exponen a continuación y que no describimos por exceder del objetivo de este trabajo:
 - A) Opinión de expertos.
 - B) Técnicas grupales de creatividad: Método Delphi.
 - C) Método de los escenarios.
 - D) Árboles de relevancia.

- E) Análisis estructural.
- F) Matriz de impactos cruzados.
- G) Análisis morfológico.

Técnica	Fortalezas	Debilidades
Costes reales	Estimación más fiable pues permite extrapolar el coste a partir del contrato en ejecución (prototipo).	Es muy costoso pues es necesario desarrollar un prototipo
	Se puede disponer de las EDT y las EDP a un máximo nivel de detalle.	
	Tiempo de ejecución breve si el prototipo está desarrollado.	
Bottom up.	Intuitivas y justificables.	Requiere alto conocimiento de todo el sistema. No facilita la comprensión de los cost drivers.
	Se suele basar en una estructura de descomposición de trabajo bastante detallada, lo que permite discernir intuitivamente los mayores generadores de costes.	Para cada escenario alternativo es necesario realizar una nueva estimación.
	La estimación no se desvirtúa por errores de cálculo en un elemento de coste.	El estimador trabaja a partir de planos, croquis y detalles de elementos que no han sido diseñados, con lo que únicamente se puede asignar costes a las actividades conocidas
	Obtención de estimaciones muy precisas.	Es lento y costoso. No suele ser útil cuando estimamos sistemas complejos de pocas unidades
		Errores pequeños en las estimaciones pueden conducir a grandes errores en el total.
Paramétrica.	No existe la necesidad de disponer de un conocimiento elevado del sistema a estudiar, a partir de un conocimiento general, introduciendo una serie de parámetros podemos obtener resultados.	Inicialmente el establecer los medios puede ser muy costoso en tiempo y dinero.
	Posibilidad de ir aproximando el valor de la estimación con nuevas iteraciones a medida que se va conociendo el sistema.	Obliga a tener bases de datos históricas amplias y mantenidas.
	Se basa en más de una referencia y por lo tanto menos riesgo de error. Una vez realizada, los CERs obtenidos son una gran herramienta para responder a variaciones que se introduzcan.	Dificultad para que personal sin previa formación (Personal especializado en costes con conocimiento de costes o Ingeniero con formación económica en costes) pueda utilizar el software de estimación y comprender los CERs establecidos por otros.
	Adaptabilidad al entorno, tiene en cuenta circunstancias de este, escenarios por países, zonas, etc.	La recolección de datos apropiados y la generación estadística de CERs correctos es complicada.
	Es compatible con el uso de bases de datos históricos, aunque como hemos citado antes sería idóneo el empleo de una estructura de descomposición de costes (CBS) o al menos compatible con la utilizada	Pérdida de capacidad predictiva fuera del rango de datos aplicables.
	Si se dispone de una herramienta informática, la inversión de recursos por parte del estimador será muy baja.	
Analogía	Facilidad de manejo y de comprensión, siempre y cuando podamos hacerlo en términos comparables, de ahí la importancia de contar con una base de datos descompuesta WBS.	Necesidad de disponer de datos de sistemas comparables, aunque por lo general siempre es posible poder encontrar sub-elementos comparables, vg. motor, casco..
	El coste de usar este método es bajo.	Dificultad para calibrar, ajustar una estimación, con la necesidad de utilizar complementariamente otros métodos.
	Es un método rápido, fácil de modificar y puede usarse para comprobación de otros métodos.	Este método requiere una gran experiencia y conocimiento de los estimadores de costes.

Tabla I: Fortalezas y debilidades de los principales métodos expuestos. Fuente elaboración propia.

Técnicas de estimación aplicables a las fases del ciclo de vida de un sistema

Dependiendo del tipo de programa, el propósito de la estimación de costes, el tiempo para realizarla y la información disponible, una técnica puede ser más recomendable que otra para su aplicación en una determinada fase de un programa.²³

Es frecuente encontrar que no se aplica un único método de estimación en cada fase, sino que se usa una combinación de métodos complementados con la opinión de expertos.

Es posible que en fases preliminares o incluso avanzadas no sea posible utilizar las técnicas de estimación. En estos casos, para validar cuantitativamente los costes, se pueden emplear:

1. Precios indexados.
2. Análisis volumen-coste-beneficio.
3. Análisis estadístico.
4. Desarrollo y uso de relaciones de estimación de costes (Parámetros).
5. Análisis de regresión y promedios móviles.
6. Curvas de aprendizaje y medición de trabajo.
7. VAN Valor actual en la que se emplea una técnica de descuento.

El Army EE.UU,²⁴ la OTAN²⁵ y la NASA²⁶ relacionan las aplicaciones con las que estiman, las técnicas de estimación usadas y la fase en la que se aplican.

23 NATO, RTO. *Code of Practice for Life Cycle Costing*. RTO-SAS-069. Op.. Cit. 2009. Pág. 2.

24 EEUU. US Department of the Army. *Cost Analysis manual*. 2002. Page 171-178.

25 NATO, RTO. *All Methods and models for life cycle costing*. RTO-SAS-054. RTO Publicación. Neuilly-sur-Seine, (París). 2007. Page 4-1 y 5-1.

26 NASA. *NASA Cost estimating Hand Book*. CAD Publication. Washington DC. 2015. Page 20-Appendix C,E & F.

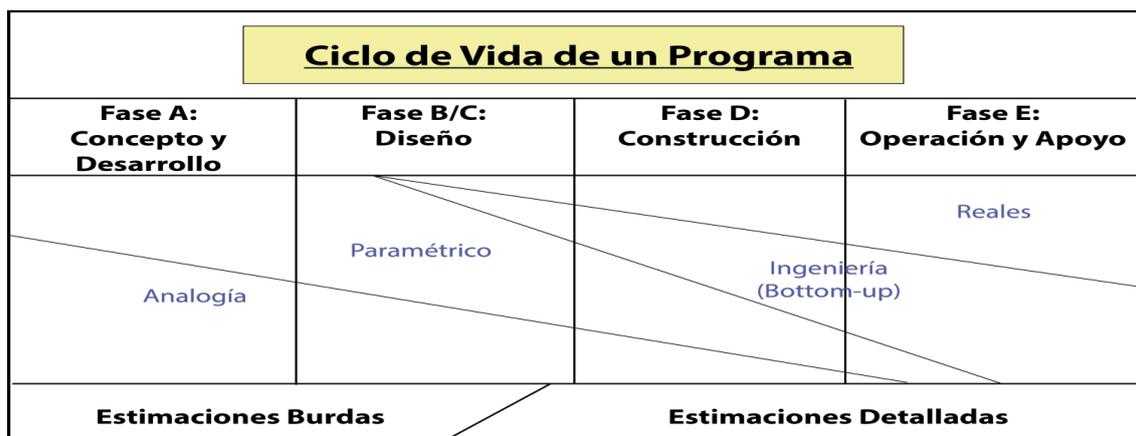


Figura 2: Métodos de estimación usados por la NASA, pág. 14.

En las etapas más tempranas los métodos de apoyo a la decisión y los métodos de simulación son los más utilizados. Esto no es sorprendente, puesto que estas técnicas pueden ser empleadas usando juicios subjetivos que compensen la falta de datos históricos. Los métodos de simulación y optimización son utilizados en las etapas de desarrollo, producción y utilización o apoyo para estimar los costes de sostenimiento y los efectos de escenarios de sostenimiento alternativos. Durante las fases de utilización/ apoyo al sistema se usa el sistema de coste basado en las actividades, el método ABC es el más ampliamente usado para capturar costes actuales.

METODO	ETAPA	Evaluación necesidad operativa	Pre viabilidad	Viabilidad	Definición del Proyecto	Diseño y Desarrollo	Producción	Servicio Operativo	Baja en servicio
		Cálculo / Estimación	Analogía	> TRES	> TRES	> TRES	> TRES	> TRES	DOS / TRES
Paramétricos	> TRES		> TRES	> TRES	> TRES	> TRES	> TRES	DOS / TRES	DOS / TRES
Bayesiano			UNO						
Ingeniería	UNO		UNO	DOS / TRES	> TRES	> TRES	> TRES	DOS / TRES	DOS / TRES
Por Catálogo									
Orden de Magnitud	UNO		UNO	UNO	UNO	DOS / TRES	UNO		UNO
Opinión de Experto	> TRES		DOS / TRES	DOS / TRES	DOS / TRES	DOS / TRES	DOS / TRES	UNO	UNO

Tabla II: Resumen de los Métodos de Estimación empleados por la OTAN (Nº Países en colores).²⁷

27 NATO. RTO-TR-SAS-054. Op. Cit, 2.007, Pág. 4-12.

Herramientas de estimación de costes

Una herramienta automática de estimación de costes y precios es una aplicación informática que usa las técnicas de estimación para, mediante la alimentación de datos, estimar costes, esfuerzos secuencia y duración. Además permite la planificación temporal y determinar los riesgos asociados, lo que resulta de gran ayuda al planificador.

Desde mediados de 2010, el MINISDEF, a través de la Dirección General de Asuntos Económicos (Subdirección de Contratación; GEC) ha dado pasos para capacitarse en la estimación paramétrica, ya que era necesario contar con un método estable que permitiera elaborar estimaciones de costes independientes y que ayudara en la toma de decisiones. Para poder dotarse de esta capacidad se identificaron tres elementos básicos:

- Una base de datos de costes en la que se registren las ofertas presentadas y los costes incurridos declarados por las empresas que tengan relaciones contractuales con este departamento. Estos costes históricos se utilizarán para validar estimaciones, identificar cost-drivers, implementar un control de la gestión y como fuente en las estimaciones de nuevos sistemas²⁸ (El Ministerio de Defensa ha comenzado su elaboración).
- Una estructura de descomposición de costes (EDC) o Cost Breakdown Structures (CBS) que conecta con las estructuras de las familias de sistemas y de trabajo, ya definidas, y que nos permita registrar los costes de los sistemas.
- Una herramienta de estimación paramétrica de costes que permita obtener la mejor aproximación al coste de los sistemas empleando parámetros físicos. En la mayoría de las herramientas la variable principal o “cost-driver” es el peso.

De entre las herramientas en mercado se eligió *True Planning* de la empresa americana PRICE SYSTEMS.²⁹ Para su manejo, el GEC ha formado un equipo especializado que ha realizado y realiza estimaciones en las primeras fases del proceso. Para realizar estas estimaciones paramétricas el GEC utiliza algunos parámetros del producto como son el peso en cantidad, el peso de la electrónica, su descripción electrónica, el precio del COTS, complejidad en la fabricación (*Manufacturing complexity structure*), complejidad de la electrónica (*Manufacturing complexity electronics*) etc. La herramienta se utiliza en tres niveles, para la presupuestación, la contratación y la variación de precio (Design to cost o cómo influye en el precio variar requisitos).

28 NATO, RTO. *Cost Structure and Life Cycle Cost (LCC) for Military Systems*. RTO-SAS-036. RTO Publicación. Neuilly-sur-Seine, (París). 2009. Pág 3-6

29 EE.UU, NAVY. NAVSEA *Cost estimating Handbook*. Op cit. Appendix G (Relación de herramientas). NASA. *Cost estimating Handbook*. Op. cit. 2005. Vol. 1. Sección 4.4 (Otra relación).

Parámetros y referencias utilizables en estimaciones de CCV, obtenidos de históricos

Hemos elaborado una tabla en la que se resumen los principales parámetros utilizados por EE.UU y OTAN en el cálculo del CCV de un sistema de armas.

FASE	ETAPA	PARAMETRO/OBSERVACIONES
EJECUCIÓN	ETAPA PRODUCCIÓN	I+D+i Aeronaves de ala fija :Media del 7 %LCC. Aeronaves de ala rotatoria: Media del 3%LCC. Sistemas terrestres: Media del 4%LCC. Buques de superficie: Media del 5%LCC. Submarinos: Media del 7%LCC. UAVs: Media del 10 %LCC. Sistemas espaciales: Media del 40 %LCC.
		FABRICACIÓN Aeronaves de ala fija :Media del 30%LCC. Aeronaves ala rotatoria: Media del 29 %LCC. Sistemas terrestres: Media del 33%LCC. Buques de superficie: Media del 26%LCC. Submarinos: Media del 33%LCC. UAVs: Media del 34 %LCC. Sistemas espaciales : Media del 45 %LCC.
SERVICIO	VIDA OPERATIVA	OPERACIÓN+SOSTENIMIENTO O&S En general entre un 60 y un 75% del CCV. El mayor porcentaje del CCV, entre el 60 y el 80%, se concentra en esta fase. Buques de superficie: El coste de personal representa un 40% de media de los costes de operación y sostenimiento. Aeronaves: O&S costes representan la mitad del CCV. Buques: O&S costes representan dos tercios del CCV del buque. Buque de guerra (Royal Netherlands Navy, Landing Platform Dock Rotterdam class amphibious warfare vessel) Estimación del coste: 2012. Coste O&S en 30 años de vida supondría el 84% del CCV.. Aeronaves de ala fija :Media del 63%LCC. Aeronaves ala rotatoria: Media del 68 %LCC. Sistemas terrestres: Media del 63%LCC. Buques de superficie: Media del 69%LCC. Submarinos: Media del 60 %LCC. UAVs: Media del 55 % LCC. Sistemas espaciales : Media del 15%LCC.
		SOSTENIMIENTO General: Coste comprendido entre 2 y 20 veces el coste de adquisición.

Tabla III: Parámetros y referencias recopiladas y usadas en el cálculo del CCV. ^{30 31 32 33}

30 EE.UU, DoD (CAPE). Operating and support cost-estimating guide. Office of the Secretary of Defense. Washington DC. 2014. Page 2-3.

31 NATO Guidance on Life Cycle Cost. ALCCP1. Op. cit.,2008. Page 40.

32 NATO. Independent cost estimating and the role of Life Cycle Cost Analysis in Managing The Defence Enterprise. RTO-SAS-076. RTO Publicación. Neuilly-sur-Seine, (París). 2012. Pág 12. ISBN: 978-92-837-0162-0.

33 PAUL BARRINGER H. DAVID P WEBER. Life Cycle Cost Tutorial. Houston. Op. Cit. 1.996.

LA PLANIFICACIÓN DEL ALCANCE, COSTE Y ESFUERZO

A) En un proyecto mediante las estructuras de descomposición

La *gestión de proyectos* es una disciplina joven que consiste en la *utilización del conocimiento, habilidades y la aplicación de técnicas y herramientas a las actividades del proyecto* para alcanzar los objetivos de *alcance, calidad, tiempo y coste*. Puede ser usada para mejorar la utilidad de cualquier fase o etapa del proceso de obtención.³⁴ Su aplicación se lleva a cabo mediante los procesos: iniciación, planificación, ejecución, control y término.

Nos centraremos en la planificación del proyecto pues comprende una sucesión ordenada y sistemática de procesos para establecer y definir, con la mayor precisión posible la EDT, esta es una descomposición jerárquica de un trabajo mediante el desglose de tareas, que se plasma en una estructura en la que se descompone este trabajo de forma exhaustiva, jerárquica y descendente, formada por los entregables o paquetes de trabajo (relativo a la parte física o al producto) y las actividades necesarias para llevarla a cabo. Una definición cuidadosa de la EDT permite aumentar las probabilidades de éxito del proyecto, alcanzar los objetivos y resultados establecidos, optimizar los recursos que se consumirán y los costes en que se incurrirán (cuentas de control), detallando la temporización de cada actividad y la responsabilidad en la ejecución de cada etapa del proyecto.

Product Break Structure (PBS)/Estructura de descomposición de producto (EDP) en un proyecto

El PBS describe en una estructura jerárquica arbórea los *elementos físicos* que componen un sistema. Por medio de las preguntas *¿Qué es exactamente lo que queremos producir?, ¿Cuál es el resultado del proyecto?, ¿Cuáles son sus partes?* Se accede a comprender la estructura de descomposición de producto. Para definir esta estructura necesitamos los mismos expertos que establecieron las exigencias, especificaciones y descripciones funcionales que debe cumplir el producto o servicio.

Pág. 17.

34 NATO. The Handbook of Phased Armaments Programming System (PAPS). AAP-20. 2ª Ed. Bruselas. 2.010, página 5. * La cursiva es del autor.

Estructura de Descomposición de Trabajo (EDT/WBS)

La EDT/WBS es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos. La EDT/WBS organiza y define el alcance total del proyecto y representa el trabajo especificado en el enunciado del alcance del proyecto aprobado y vigente. En el contexto de la EDT/WBS del proyecto, la palabra trabajo se refiere a los productos o entregables del trabajo (parte física) que son el resultado de la actividad realizada, y no a la actividad en sí misma.³⁵

En realidad la EDT no es un documento, sino más bien una fuente de múltiples posibles documentos, una base empírica para:

- Definición de actividades.
- Planeamiento de recursos.
- Estimación de recursos.
- Estimación de costes.
- Presupuesto de costes.
- Identificar Riesgos.
- Planeamiento de los RRHH, de la calidad, de las comunicaciones y de las compras.
- Facilitar un planeamiento efectivo y asignación de responsabilidades de dirección y técnicas.
- La aplicación del Sistema de Dirección del Valor Ganado.

CBS (Cost Break Structure)/EDC (Estructura de descomposición de costes)

Una CBS/EDC es una estructura de árbol orientada normalmente al producto, al trabajo, a la fase del proyecto, al ciclo de vida o una combinación de ellas. Una CBS define el producto/actividades que vamos a desarrollar y relaciona los elementos de trabajo. La normalización de una CBS es muy común.

.....

35 PMI. *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*. Op. cit., 2013, pág. 126

PMI determina que la EDT/WBS finaliza una vez que se asigna cada uno de los paquetes de trabajo a una cuenta de control y se establece un identificador único de código de cuenta para ese paquete de trabajo. Estos identificadores proporcionan una estructura para la consolidación jerárquica de los costos, del cronograma y de la información sobre los recursos. Una cuenta de control es un punto de control de gestión en que se integran el alcance, el presupuesto, el coste real y el cronograma y se comparan con el valor ganado para la medición del desempeño.³⁶

B) En un programa militar en España mediante las estructuras de descomposición

La Instrucción 67/2011 establece que: “Para determinar la alternativa de obtención, las Direcciones Generales de la Secretaría de Estado seguirán un procedimiento normalizado que guíe y sistematice el análisis de la solución operativa o funcional definida en el REM o DDR. Este procedimiento se articulará sobre la base de las siguientes estructuras atendiendo a su finalidad:

1. Estructura de Desglose del Producto (*ESDP*), que descompone la solución operativa o funcional propuesta en los elementos o subsistemas que lo componen.
2. Estructura de Desglose de Trabajos (*ESDT*), que identifica las actividades necesarias para proceder a la obtención y sostenimiento de los elementos identificados en la estructura anterior.
3. Estructura de Desglose de los Costes (*ESDC*), que desglosa el coste de la solución en elementos de coste atendiendo a su naturaleza y tipología sobre la base de las dos estructuras anteriores.”

Por ello el GEC realizó un estudio cuyo objetivo fue la *definición de estructuras que permitieran normalizar los costes de los sistemas de defensa* de forma que:

1. Se registraran las ofertas y las declaraciones de costes incurridos de forma homogénea y ordenada.
2. Fueran asequibles la comparación de unos con otros.
3. Permitiera la creación de una base de datos de costes de sistemas afianzándose como una sólida base para la realización de nuevas estimaciones del coste de los futuros sistemas de defensa.

Para la normalización de la información de costes, se agruparon los sistemas militares en catorce familias (EDP física) en función de la naturaleza de dichos sistemas.

36 PMI. *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*. Op. cit., 2013, pág. 132

- 1) Sistemas de Aeronaves;
- 2) Sistemas Navales (Buques);
- 3) Sistemas de Vehículos Terrestre;
- 4) Sistemas Electrónicos y/o Software (CIS);
- 5) Sistemas de medios de fuego. (Armamento, artillería, munición y granadas);
- 6) Sistemas de Misiles (Misiles y torpedos);
- 7) Sistemas Espaciales;
- 8 a 14) Otros bienes inventariables (Infraestructura), bienes de consumo, servicios, etc

Para cada familia (A diferencia de la planificación del alcance, coste y esfuerzo en los proyectos) se desarrollaron tres estructuras de descomposición cuya intersección caracteriza a un elemento de coste:

1. Estructura de descomposición basada en actividades (EDA): *Conjunto de actividades, tareas y subtareas que se desarrollan en cada fase del ciclo de vida de un sistema militar. (Equivalente a la EDT organizada por fases y etapas).*
2. Estructura de descomposición orientada al sistema (EDS): *Árbol de descomposición de elementos físicos del sistema (Equivalente a la EDP).*
3. Estructura de descomposición basada en coste (EDC): *Descomposición por naturaleza de coste, tal y como se recoge en el Anexo de la Instrucción 128/2007 de la Secretaría de Estado de Defensa.*

ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DEL PRODUCTO		 MINISTERIO DE DEFENSA SECRETARÍA DE ESTADO DE DEFENSA DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS ECONÓMICOS SUBDIRECCIÓN GENERAL DE CONTRATACIÓN GRUPO DE EVALUACIÓN DE COSTES
ESDP		
Familia de Sistemas de Aeronaves		
Subfamilia		
<i>Estructura de Desglose del Producto (ESDP)</i>		
Codificación	Nivel	Estructura de Desglose de Producto
01	1	Sistema de aeronave
01.01	2	Plataforma base
01.02	2	Sistemas Principales
01.02.01	3	<i>Procedimientos estandar - Sistemas de fuselaje de avión</i>
01.02.02	3	<i>Control Ambiental</i>
01.02.02.01	4	Compresión
01.02.02.02	4	Distribución
01.02.02.03	4	Control de Presurización
01.02.02.04	4	Calefacción
01.02.02.05	4	Refrigeración
01.02.02.06	4	Control de Temperatura
01.02.02.07	4	Humedad / Control de Contaminación del Aire
01.02.02.08	4	Líquido/gas refrigerante
01.02.02.09	4	Sistema de control ambiental integrado
01.02.03	3	<i>Piloto Automático - General</i>
01.02.03.01	4	Piloto Automático
01.02.03.02	4	Velocidad - Corrección de Actitud de Vuelo
01.02.03.03	4	Regulación Automática de Impulsión
01.02.03.04	4	Monitor de Sistema
01.02.03.05	4	Alivio de Cargas Aerodinámicas
01.02.03.06	4	Envuelta de Vuelo
01.02.03.07	4	Gestión de Vuelo
01.02.03.08	4	Sistema de gestión, guiado y envuelta de vuelo
01.02.03.09	4	Dispositivo Integrado de mantenimiento del Sistema de piloto automatico
01.02.04	3	<i>Comunicaciones</i>
01.02.04.01	4	Comunicaciones por Voz
01.02.04.02	4	Transmisiones de Datos y Llamado Automático
01.02.04.03	4	Megafonía, y sistema de entretenimiento del pasaje
01.02.04.04	4	Interfono
01.02.04.05	4	Integración de Audio
01.02.04.06	4	Descarga de Estática
01.02.04.07	4	Monitorización de Audio y video
01.02.04.08	4	Sintonización Integrada Automática de Frecuencia
01.02.04.09	4	Comunicaciones por BUS de datos
01.02.05	3	<i>Generación/Alimentación Eléctrica</i>
01.02.05.01	4	Gestión del Generador
01.02.05.02	4	Generación de Corriente Alterna
01.02.05.03	4	Generación de Corriente Continua
01.02.05.04	4	Potencia Externa
01.02.05.05	4	Distribución de Carga Eléctrica Alterna
01.02.05.06	4	Distribución de Carga Eléctrica Continua
01.02.05.07	4	Monitorización y protección eléctrica
01.02.05.08	4	Distribución de la corriente eléctrica
01.02.05.09	4	Equipo multiuso
01.02.06	3	<i>Equipamiento y Mobiliario</i>

Tabla IV: Parte de una estructura de producto de la familia de aeronaves que el Ministerio de Defensa de España ha regulado (Catorce familias por ahora).

ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE TRABAJOS		ESDT	
			
		MINISTERIO DE DEFENSA SECRETARÍA DE ESTADO DE DEFENSA DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS ECONÓMICOS SUBDIRECCIÓN GENERAL DE CONTRATACIÓN GRUPO DE EVALUACIÓN DE COSTES	
Codificación	Estructura de Desglose de Trabajos		
00	CICLO DE VIDA		
01	1	Fase de Concepto	
01.01	2	Etapas de Definición de Necesidad Operativa	
01.01.01	3	Trabajos de Planeamiento	
01.01.02	3	Trabajos de Gestión	
01.01.03	3	Trabajos Administrativos	
01.02	2	Etapas de Previabilidad Operativa	
01.02.01	3	Trabajos de Planeamiento	
01.02.02	3	Trabajos de Gestión	
01.02.03	3	Trabajos Administrativos	
02	1	Fase de Definición y Decisión	
02.01	2	Etapas de Definición de Requisitos	
02.01.01	3	Trabajos de Gestión	
02.01.02	3	Trabajos Técnicos	
02.01.03	3	Trabajos Administrativos	
02.02	2	Etapas de Determinación de la Alternativa de Obtención	
02.02.01	3	Trabajos de Gestión	
02.02.02	3	Trabajos Administrativos	
02.03	2	Etapas de Establecimiento de Programas	
02.03.01	3	Trabajos de Gestión	
02.03.02	3	Trabajos Administrativos	
02.04	2	Etapas de Preparación para la Ejecución	
02.04.01	3	Trabajos de Gestión	
02.04.02	3	Trabajos Administrativos	
02.04.03	3	Trabajos Logísticos	
3	1	Fase de Ejecución	
03.01	2	Etapas de Diseño	
03.01.01	3	Actividades del Ministerio de Defensa en la Etapa de Diseño	
03.01.01.01	4	Trabajos de Gestión	
03.01.01.02	4	Trabajos Técnicos	
03.01.01.03	4	Trabajos Administrativos	
03.01.02	3	Actividades del Contratista en la Etapa de Diseño (Armamento y Material)	
03.01.02.01	4	Actividades de Gestión	
03.01.02.02	4	Trabajos de Ingeniería	
03.01.02.03	4	Generación de Documentos del Proyecto	
03.01.02.04	4	Fabricación de Prototipos	
03.01.02.05	4	Pruebas de Prototipos	
03.01.02.06	4	Trabajos de garantía de prototipos	
03.01.03	3	Actividades del Contratista en la Etapa de Diseño (Infraestructuras)	
03.01.03.01	4	Elaboración de proyectos de Infraestructuras	
03.01.03.02	4	Desarrollo de Demostradores en materia de Infraestructuras	
03.01.04	3	Actividades del Contratista en la Etapa de Diseño (Programas CIS)	
03.01.04.01	4	Realización de trabajos técnicos CIS	
03.01.04.02	4	Desarrollo de Prototipos CIS	
03.02	2	Etapas de Producción, Construcción, Desarrollo o Adquisic.	
03.02.01	3	Actividades del Ministerio de Defensa en la Etapa de Producción, Construcción, Desarrollo o Adquisic.	
03.02.01.01	4	Trabajos de Gestión	
03.02.01.02	4	Trabajos Técnicos	
03.02.01.03	4	Trabajos Administrativos	
03.02.02	3	Actividades del Contratista (Producción de Armamento y Material)	
03.02.02.01	4	Trabajos de Gestión del Contratista	
03.02.02.02	4	Trabajos de Ingeniería del Contratista	
03.02.02.03	4	Fabricación de productos	
03.02.02.03.01	5	Fabricación de partes	
03.02.02.03.02	5	Ensamblaje e Integración	
03.02.02.03.03	5	Inspección y control de calidad	
03.02.02.04	4	Pruebas	
03.02.02.05	4	Trabajos de garantía	

Tabla V: Parte de la estructura de trabajo que el Ministerio de Defensa de España ha regulado.

ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DE COSTES		
ESDC		
Codificación	Clasificación por Naturaleza de Coste	
01	Nivel 1	Costes Internos
01.01	Nivel 2	Costes de personal
01.02	Nivel 2	Consumos y otros gastos
02	Nivel 1	Costes Externos
02.01	Nivel 2	Precio del contrato
02.01.01	Nivel 3	Valor de las prestaciones
02.01.01.01	Nivel 4	Costes de Producción
02.01.01.02	Nivel 4	Gastos generales
02.01.01.03	Nivel 4	Beneficio
02.01.02	Nivel 3	Otros conceptos a retribuir según el contrato
02.01.02.01	Nivel 4	Costes admitidos por el Contrato, de las Inversiones específicas requeridas por el proyecto
02.01.02.02	Nivel 4	Otros Costes identificados con las obligaciones derivadas del Contrato, no asignables a los Productos Entregados y/o los Servicios Prestados
02.01.02.03	Nivel 4	Costes financieros del período medio de maduración asociados al ciclo de transformación y cobro (calculado en términos de coste de oportunidad sobre el flujo financiero correspondiente)
02.01.03	Nivel 3	Impuestos repercutibles
02.02	Nivel 2	Incrementos del precio por prorrogas
02.03	Nivel 2	Variaciones del precio por modificaciones
02.04	Nivel 2	Variaciones por opciones eventuales
02.05	Nivel 2	Primas a licitadores
02.06	Nivel 2	Importe de las revisiones de precios

Tabla VI: Parte de la estructura de costes de la familia de aeronaves que el Ministerio de Defensa de España ha regulado.

Por ejemplo, la codificación correspondiente a los *costes de producción* (02.01.01.01 en la EDC/CBS) correspondiente a los *trabajos de fabricación* de partes (03.02.02.03.01 en la EDT/WBS) del *producto aeronave*, plataforma (01.01 de la EDP/PBS), resultaría en la identificación 02.01.01.01-03.02.02.03.01-01.01.

Una estructura de descomposición de costes del ciclo de vida *LCCBS* (Life Cycle Cost Break Structure) define el producto que debe ser desarrollado y relaciona los elementos de trabajo para formar el producto final, contemplando además los costes de este producto en cada una de las fases de su ciclo de vida. La OTAN define una General Cost Break Structure (GCBS) que es desarrollada en la publicación NATO-SAS-028. En las publicaciones NATO-RTO-TR-054; 058 y 076 se pueden encontrar definiciones y buenas prácticas para construir una estructura de costes.

PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DEL COSTE DEL CICLO DE VIDA EN ESPAÑA

Por procedimiento entendemos la secuencia de acciones predeterminadas que definen como ejecutar un proceso. El procedimiento de estimación del CCV está integrado en la gestión del ciclo de vida, gestión que queda definida mediante normas, estándares y plantillas.

El procedimiento de estimación del CCV en España es muy reciente y consiste en un procedimiento estocástico en el que en función de unos requisitos técnicos se determinan unas alternativas de obtención, se cuantifican los costes de estimación del CCV de cada una y en la fase de decisión, se les realiza una medición equivalente del valor actual del coste de cada una seleccionándose una alternativa teniendo en cuenta esa medición. En España, como paso previo a confeccionar este procedimiento de estimación, no hemos desarrollado un estándar que recoja la gestión del ciclo de vida y tampoco referenciamos a otros estándares disponibles en los que poder apoyarnos, ni hemos establecido guías, ni definido los procesos, ni confeccionado plantillas. No obstante, en las Instrucciones 67/2011³⁷ y la 72/2012 de SEDEF se recoge un procedimiento para abordar un programa; la 67/2011 a pesar de que no define ni referencia el ciclo de vida y su gestión, incluye un esbozo de procedimiento para la estimación del CCV de un sistema. Concretamente en la instrucción se integra el conjunto de actividades que tienen por objeto satisfacer las necesidades de recursos mediante la definición, diseño, producción, construcción, desarrollo o adquisición, puesta en servicio, modernización y baja de los mismos. Este proceso se instrumentaliza por fases y etapas, desde la fase conceptual del proceso se tiene en cuenta la *estimación del coste de la solución* y a partir de la fase de definición la estimación del CCV.

Es en la etapa de determinación de la alternativa de la obtención donde la estimación del CCV, utilizando las estructuras antes citadas, cobra una relevancia enorme pues su valoración acompañara el proceso de obtención hasta la fase de ejecución.



	Fase conceptual		Fase Definición y decisión.			
	1) Etapa de definición de la necesidad operativa	2) Etapa de Previabilidad operativa	3) Etapa de definición de requisitos	4) Etapa de determinación de la alternativa de obtención	5) Etapa de establecimiento de programas.	6) Etapa de Preparación de la ejecución.
Necesidades planeamiento militar	Doc 1): DNO Valoraciones	Doc2): OEM Estimacions	Doc3): REM Estimación LCC	Doc4): DDV Estimación Coste elementos WBS	Doc5): DDP Nos olvidamos de la estimación	Doc6): EDD ¿ Cotizaciones u Ofertas ?
Necesidades otros objetivos Dpto.	Doc1) y 2) : DNF		Doc3): DDR			

Tabla VII: Fases conceptual y de definición/decisión del proceso de obtención de recursos en España.

El procedimiento de estimación del CCV establece que para determinar la alternativa de obtención, las Direcciones Generales de la Secretaría de Estado seguirán un procedimiento normalizado (no definido), ya expuesto, que está basado en la ESDP, ESDT y ESDC (genéricas). Estas direcciones deberán elaborar la ESDP, la ESDT

37 ESPAÑA. MINISDEF. Instrucción SEDEF 67/2011 de 15 de septiembre, Proceso de Obtención de Recursos Materiales. BOD 27/09/2011, núm. 189/11.

y la ESDC (de la solución) *adaptando las estructuras genéricas* normalizadas que se aprueben a tal efecto y su nivel de detalle a la solución operativa o funcional propuesta.

La instrucción 67/2011 se basa en la publicación NATO AAP20-PAPS (2010) que constituye, en el ámbito de la conferencia de directores de armamento de la OTAN, el marco para promover programas en cooperación, sobre la base de la armonización de requisitos militares comunes, siendo a la vez el instrumento que facilita la toma de decisiones en todos los escalones de gestión.

Lo que PAPS pretende es convertir la necesidad en requisitos específicos, dirigir el despliegue del equipo, modernizarlo y facilitar su baja. A diferencia de la 67/2011 la NATO-AAP20-PAPS facilita términos y definiciones para un entendimiento común, crea las mejores prácticas en los procesos y ofrece una base común para el planeamiento, la ejecución y control de los programas centrándose en mitigar los riesgos.

Además la NATO-AAP-20-PAPS incluye siete publicaciones de apoyo y referencia, cuatro de ellas referentes a la dirección del ciclo de vida, procesos y términos contractuales; lista veintitrés documentos aplicables al contenido de la instrucción, concretamente: sistemas de ingeniería, procesos del ciclo de vida, dirección de proyectos, estándares, calidad y numerosas AQAP. Como guía para describir las etapas, procesos y modelos del ciclo de vida de un sistema aplican la instrucción OTAN AAP-48.

Como instrumento para poder ser aplicado en el somero procedimiento de estimación del CCV, España ha editado la versión oficial de la norma Europea EN-60300 en la norma UNE-EN-60300-3-3: "Gestión de la confiabilidad.

Cálculo del CCV" que proporciona una introducción general al concepto del análisis del coste de este ciclo y cubre todas sus aplicaciones, *aunque, por ahora, esta norma es poco conocida y de baja o nula aplicación.*

En ella se destacan particularmente los costes asociados con la confiabilidad del producto, explica el propósito y valor del CCV. También identifica los elementos característicos de su coste para facilitar la planificación del programa y del proyecto. Proporciona una guía general para realizar un análisis del CCV que incluye un desarrollo de un modelo de coste y divide el ciclo en fases y etapas.³⁸

La descripción e implementación de la gestión del ciclo de vida y el procedimiento de estimación de costes en España está resumida en la figura nº 3.

38 AENOR. UNE EN 60300-3-3. *Gestión de la confiabilidad. Cálculo del coste del ciclo de vida*. Madrid. 2009. Página 56



Figura número 3: Fuente: Elaboración propia en base NATO-AAP48 (Página 1).

COMPARACIÓN PROCEDIMIENTO ESTIMACIÓN DEL CCV EN ESPAÑA, OTAN Y OCCAR

Igualmente la descripción e implementación de la gestión del ciclo de vida y el procedimiento de estimación de costes en OTAN y OCCAR está resumida en las figuras nº 4 y 5.

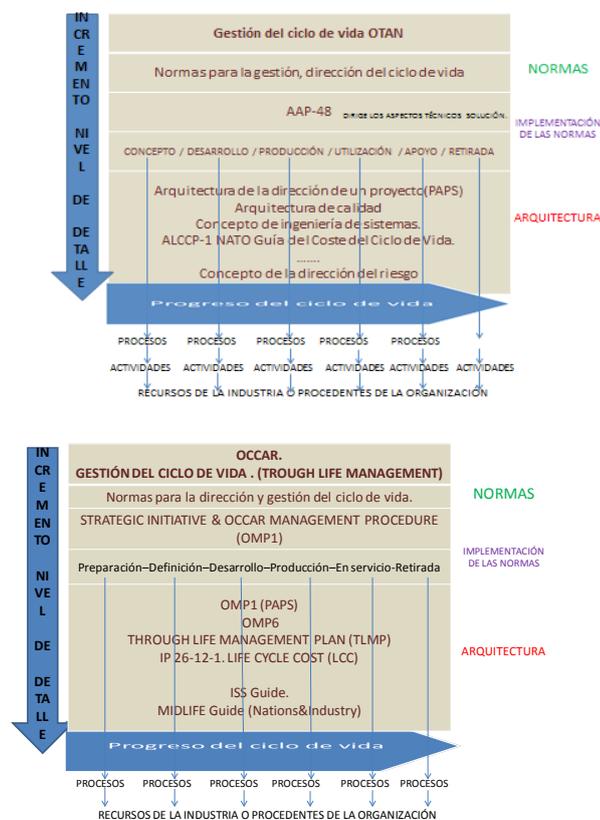


Figura número 4: Arquitectura OTAN. Figura número 5: Arquitectura OCCAR. Fuente figuras 4 y 5: Elaboración propia en base a ALCCP1 (Página 3) y NATO-AAP48 (Página 1).

Se resumen los tres procedimientos del CCV (Tabla VIII) comparando los aspectos más relevantes entre ellos. (Procedimientos extraídos de las normas contenidas en las figuras nº 3, 4 y 5).

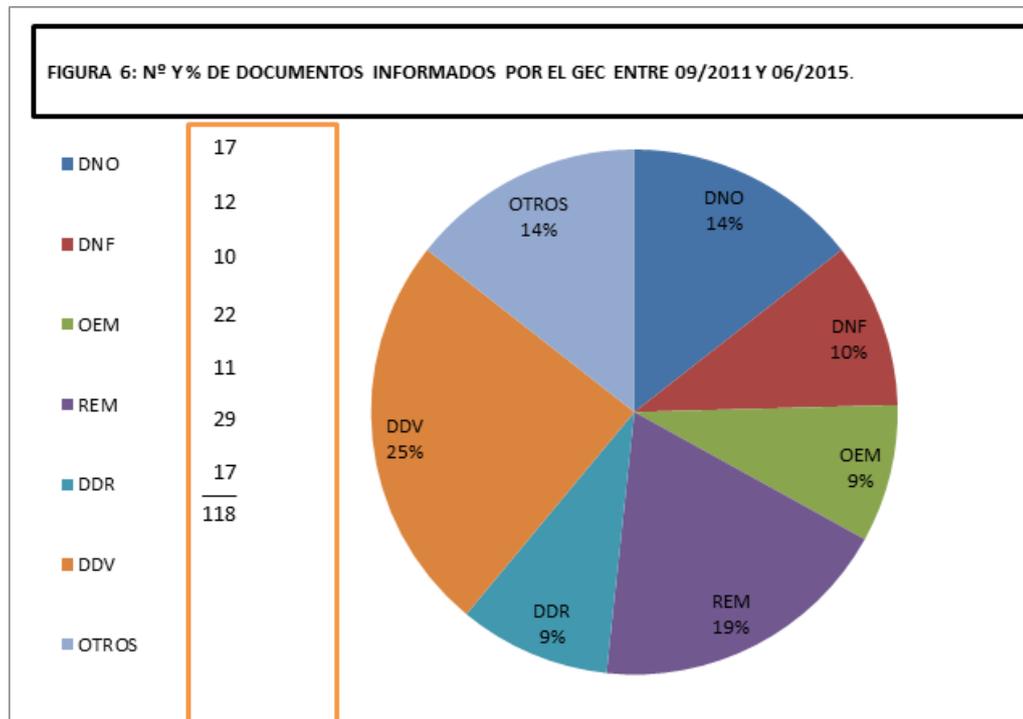
	OTAN	OCCAR	ESPAÑA
1) ¿Existen guías y criterios para adaptar el procedimiento estándar al caso específico ?.	X	X	
2) ¿Están definidos estándares específicos de la organización: Políticas, Ciclo de vida producto etc?	X	X	
3) ¿Hay plantillas definidas?	X	X	
4) Dependiendo de la magnitud e importancia del sistema. ¿Se forman equipos de coste integrados en el proyecto o se asignan analistas de costes como parte del equipo integrado del proyecto que coordinen con el director del programa, usuario, ingenieros,.....?	X	X	*
5) Para sistemas mayores, antes de que comience la estimación, atendiendo a la planificación del cálculo del CCV. ¿ Se confecciona un documento de estimación de costes de requisitos tipo CERD? (Cost estimation requirement document).	X	X	
¿Se requiere que todos los participantes en el proceso estén de acuerdo con su contenido inicial?		X	
La información que el CERD incluye como necesaria es:			
A) Propósito de la estimación de costes, tiempo para realizarla y datos accesibles.	X	X	
B) Asunciones, the costing boundaries definirán que elementos de costes serán incluidos en el estudio.	X	X	
C) Datos de entrada para la estimación como :	X	X	*
- Descripción técnica del sistema, consistente en una visión general, sus principales características y componentes, la tecnología usada, sistemas similares existentes. Punto importante pues hay un gran número de asunciones que hay que realizar con carácter previo a realizar la estimación, p. ej.: Vida del sistema (Esta irá variando dependiendo de la fatiga del sistema, durabilidad, requisitos, especificaciones, etc.), fase de operación y sostenimiento (O&S), índices de inflación y cambio de la moneda, moneda constante/corriente, condiciones de paz/guerra (normalmente se reflejan en paz) y alcance de las estimaciones (Interfaces con otros sistemas, integración en plataformas o en otros sistemas,...)	X	X	*
- Duración del sistema, cantidad de sistemas. <i>Definir el contenido del programa y del sistema:</i> Es una práctica adecuada definir el contenido del sistema (Por ejemplo: Características del sistema, Calendario del programa, Personal necesario en operación, Conceptos de apoyo como mantenimiento software o entrenamiento, Apoyo especial como infraestructura u otras consideraciones especiales).	X	X	*
- WBS.	X	X	X
- Especialidad del personal que manejará el sistema, necesidades de formación,...	X	X	*
- Concepto operacional, escenario de operación, elementos de apoyo operacional, consideraciones de sostenibilidad.	X	X	*
- Despliegue, áreas, duración estimada.	X	X	
- Proceso de apoyo logístico integrado: concepto de mantenimiento, fiabilidad, mantenibilidad, repuestos específicos, facilities para mantenimiento específico, consumo de combustible y de otros suministros.	X	X	
- Calendario de adquisición.	X	X	X
- Estrategia de adquisición: Escenario industrial, multinacional escenario, software e información.	X	X	X
- Comprobación y evaluación del sistema.	X	X	
- Cualquier estimación de costes previa.	X	X	/
D) Requisitos para documentar la estimación de costes y elementos en los que la estimación está basado.	X	X	
5) Preparar la estimación usando modelos preestablecidos, ejecutar la estimación y documentar el resultado.	X	X	
A) Recolección de datos y su análisis que forma el núcleo de la estimación.	X	X	
B) El análisis es conducido por un especialista pues con el debe de obtener una estructura de costes elementales que deben ser estimados, en función de la recolección y análisis de la información se deben llevar a cabo las tareas:	X	X	*

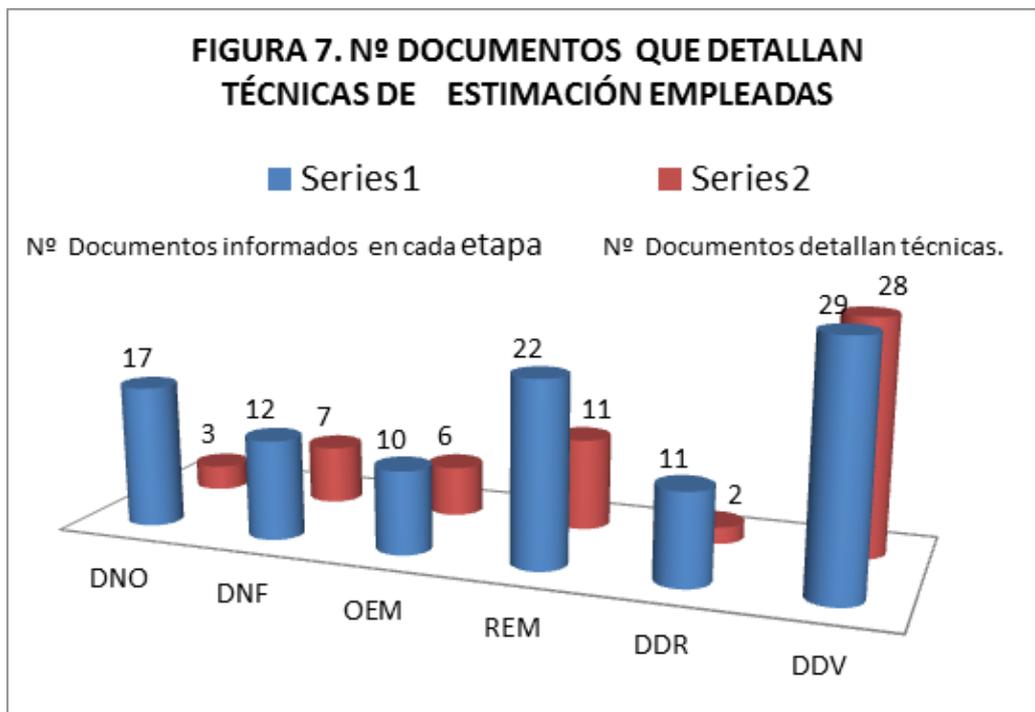
B1) ¿Se analiza el modelo del ciclo de vida desarrollado?	X	X	
B2) ¿Se analiza y revisa el WBS y el PBS?	X	X	X
B3) ¿Se desarrolla un GCBS?	X	X	X
B4) ¿Se identifican los elementos de coste?	X	X	*
B5) ¿Se seleccionan los métodos apropiados de estimación de costes?	X	X	/
B6) ¿Se estima la cantidad de trabajo, plazos y costes?	X	X	/
B7) ¿Revisión, mapeo y calibración para asegurar que se han contemplado las asunciones y el alcance?	X	X	
C) Una vez acometidas estas tareas se aplica la metodología de costes y las herramientas para estimar los costes.	X	X	/
D) Completado el proceso de estimación, para realizar la estimación del CCV el analista agregará los costes producidos en cada una de las fases en que se divide el ciclo de vida	X	/	X
6) Revisar y validar.	X	X	
- Revisión.	X	X	
- Validación	X	X	
- Calibración	X	X	
- Documentación	X	X	
- Presentación e informe de la estimación del CCV.	X	X	X

Leyenda. X: Cumple./: Cumple parcialmente (El 50%).*: Cumple algún aspecto. En blanco: No cumple.

USO DE TÉCNICAS, PARÁMETROS Y ESTRUCTURAS EN LAS ESTIMACIONES DE COSTES REALIZADAS EN ESPAÑA

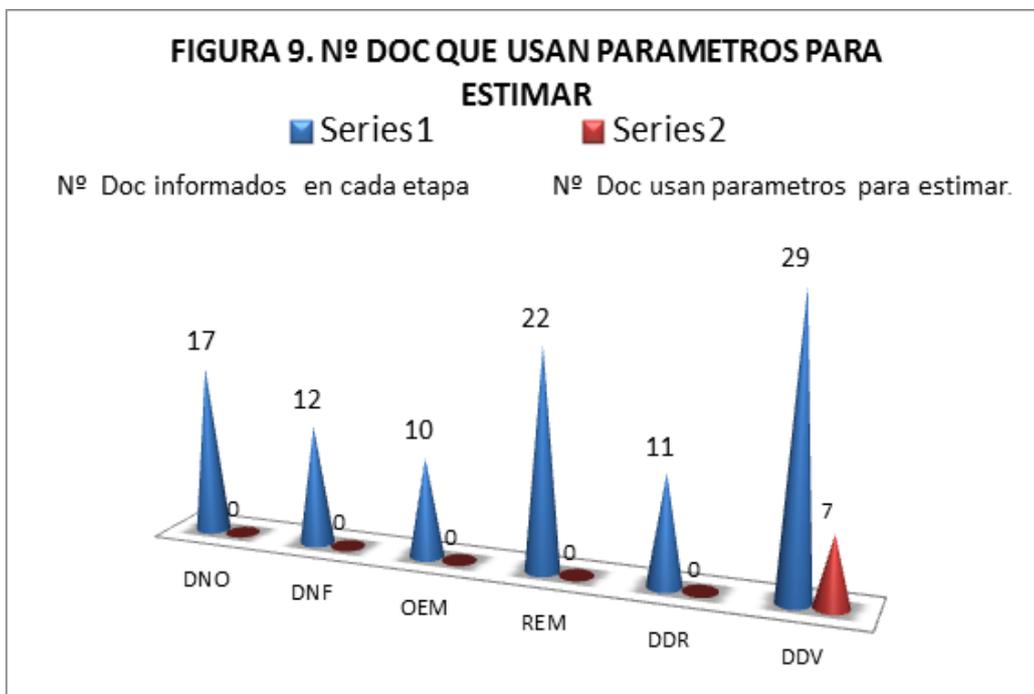
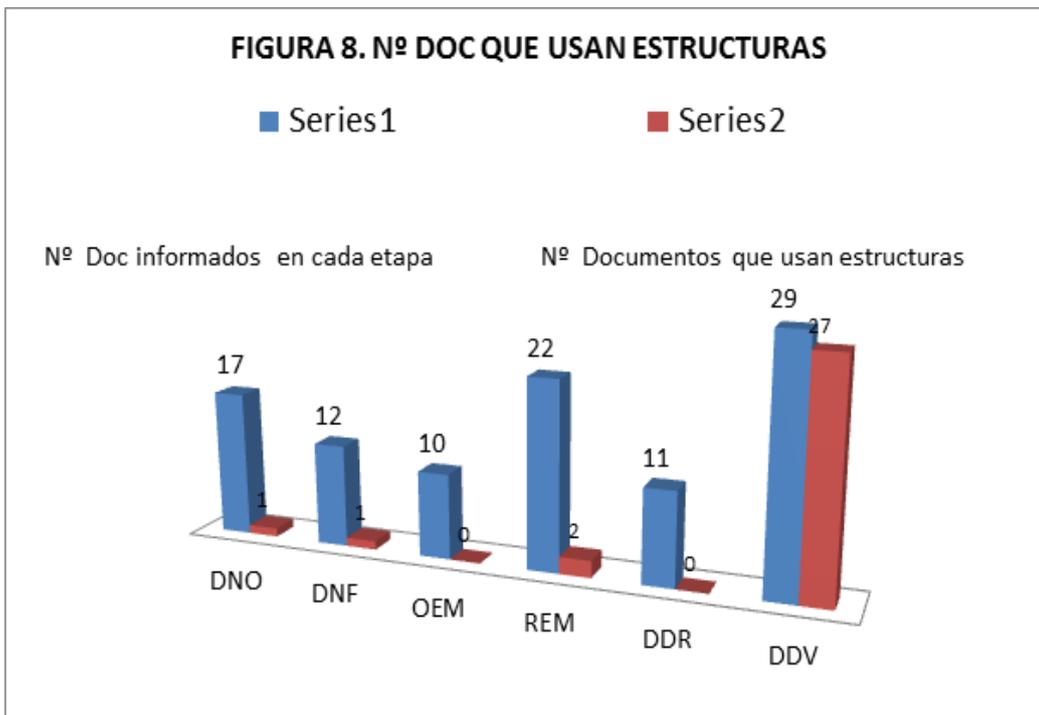
Para dar respuesta a una parte del objetivo planteado en este trabajo y con la información contenida en cada una de las estimaciones de costes informadas o elaboradas por el GEC exigidas por la 67/2011, el investigador ha elaborado una base de datos hasta junio de 2015. De la explotación de la base de datos y de las 43 entrevistas realizadas a personal que participa en el proceso de obtención de recursos, alcanzamos los siguientes resultados:





En las estimaciones de costes informadas por el GEC pero no realizadas por el, fases DNO hasta REM-DDR, solo en 5 de los 72 informes se describieron las técnicas de estimación utilizadas para su cálculo, no obstante, en los informes que el GEC emite posteriormente sobre las estimaciones de costes contenidas en esos informes, consigue información adicional para que 29 de los 72 informes las describan. En fase DDV prácticamente el 100% de las estimaciones, que ya son realizadas por el GEC, describen la técnicas utilizadas.

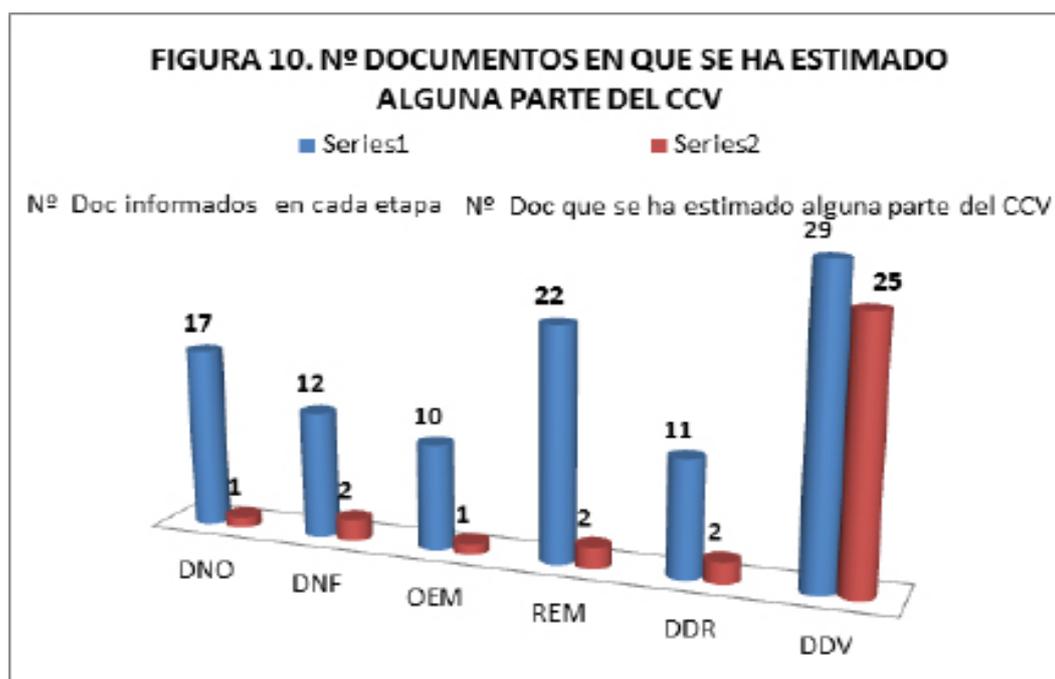
De la información contenida en la base de datos comprobamos que hasta fase REM las estimaciones son ROM y los métodos de estimación utilizados son en su mayoría analogía e investigación de mercado; en un 6% de los casos se comienza a utilizar herramientas paramétricas en la etapa DDV (Tipo True Planning) y en un 3% Bottom-up complementados con las opiniones de expertos, ello nos sugiere que la información histórica, entre la Industria, Defensa y los distintos utilizadores en Defensa, es asimétrica, que no se dispone de voluntad para tratar esta información y tampoco de una base de datos estructurada que permita obtener información utilizable.

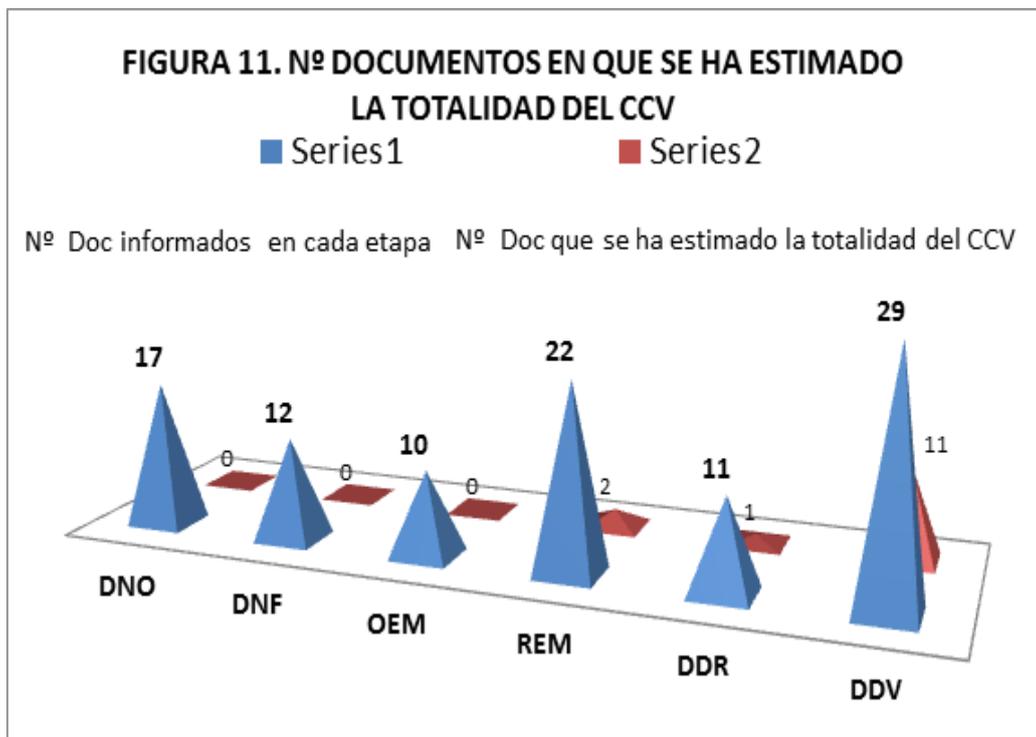


Las estructuras de producto, trabajo y costes son obligatorias desde la etapa DDV y recomendadas por el GEC en etapas anteriores, en el gráfico adjunto observamos que se comienzan a utilizar en DDV pero no en todos los casos, además el nivel de desglose que presentan las estructuras es pobre. Al analizar cómo se utilizan estas estructuras y el nivel de desglose aplicado deducimos que el Ministerio de Defensa, en general, no tiene suficiente conocimiento para suplir el proceso de gestión de cada empresa, con lo que, la adaptación de las estructuras genéricas, exigidas en la etapa DDV de la Instrucción 67/2011, (WBS, PBS, CBS genéricas), al caso específico (WBS, PBS, CBS del contrato), sin contar con la Industria deriva en las mismas estructuras y con un nivel pobre de desglose. En general las estructuras son poco conocidas y raramente comprendidas, tanto en el Ministerio de Defensa como en el campo de la Industria.

En la figura 9 observamos que de los 101 documentos informados o elaborados por el GEC únicamente siete utilizan parámetros para realizar el cálculo de las estimaciones, lo que nos sugiere que apenas se utiliza la información histórica para confeccionar parámetros que ayuden inicialmente en el cálculo de las estimaciones, reforzando la conclusión de la simetría y tratamiento de la información.

Observamos que el tiempo medio empleado en confeccionar una estimación de costes del ciclo de vida en fase DDV es de cuarenta y nueve días, periodo de tiempo muy breve. Esto sucede por varios motivos: presión que ejercen los ejércitos, no definición del alcance de la estimación en base a la línea base técnica, metodología de estimación no consolidada, apoyo prestado por la Industria insuficiente, informes de DDV distintos a sistemas de armas.





De las figuras 10 y 11 observamos que las estimaciones, parciales o totales, del CCV, en etapas distintas a DDV, son prácticamente inexistentes a pesar de que la Instrucción 67/2011 lo exige desde REM, DDR. Llama la atención el que solo se haya calculado la estimación del CCV completo en el 37,9 % de los casos (Llamamos completo pero no lo es, pues las estimaciones que se están realizando, no incluyen todo el apoyo logístico y están excluyendo los costes de operación, los costes internos de Defensa y los costes de retirada de los sistemas).

El análisis de la información y las entrevistas realizadas nos indican que la autoridad que hasta fase REM tiene encomendado el cálculo de la estimación de costes no dispone de personal que esté capacitado para combinar conocimientos de costes y además, comprender los parámetros técnicos de ingeniería definidos (Personal destinado en los Estados Mayores que con sus medios podrán establecer estimaciones manuales tipo ROM).

Finalmente del contenido de los informes con los que se ha confeccionado la base de datos y de las entrevistas realizadas, opinamos que la precisión en el cálculo de las estimaciones de costes dependerá de la información disponible, su accesibilidad y su tratamiento, una metodología de estimación de costes actualizada y rigurosa en su aplicación, los medios utilizados por el órgano técnico, el tiempo que se emplee, el uso de las lecciones aprendidas y controlar las presiones que los ejércitos ejercen en los grupos de trabajo para que los órganos técnicos emitan sus informes con celeridad.

La falta de precisión en las estimaciones de costes del ciclo de vida puede conducir a que no se tome la decisión que cubra nuestras necesidades en el mejor escenario económico posible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general:

- Hemos verificado que en España no existe un sistema de gestión de la información que nos permita obtener datos de los costes totales o incluso parciales del ciclo de vida de los sistemas de armas que poseemos. La fiabilidad de la información almacenada en sistemas heterogéneos es escasa, el esfuerzo requerido para obtener y tratar esta información, que figura en distintos soportes y con distintos formatos, es muy alto, ya que hay problemas relacionados con la recogida de la información y su posterior tratamiento y almacenamiento. Además, la información que obtenemos de las empresas esta sesgada y facilitada en formatos de muy difícil tratamiento.
- Hay que avanzar en la simetría de la información con la Industria. Dado que un 80% de la facturación de Defensa en España se centra en un grupo reducido de seis empresas³⁹ para avanzar en esta simetría sería recomendable integrar un equipo de gestión de programas de Defensa, entre los que figuren estimadores de costes, dentro de los equipos de gestión de programas de las seis empresas principales que contratan con ella. Además en el caso de las empresa públicas españolas proveedoras de Defensa que la mayoría tienen medios sobredimensionados, salarios del

39 www.defensa.gob.es/política/armamento_material/industriaespañoladedefensa. La Industria de defensa en España. 2010, 2011, 2012 y 2013: EADS-CASA (AIRBUS), NAVANTIA, AIRBUS MILITARY, INDRA SISTEMAS, INDUSTRIA DE TURBOPROPULSORES y SANTA BÁRBARA SISTEMAS, realizaron entre 78 y el 81 % de la facturación de Defensa.

personal más altos que los de su sector, condiciones laborales ventajosas, etc., en las que el objetivo de sus gestores es tratar de impedir que su coste sea comparado con un coste eficiente, se recomienda aislar los sobrecostes producidos por esas ineficiencias para que los asuma el Ministerio de Industria.

- La codificación de la información mediante las estructuras de descomposición, su adecuado almacenamiento y tratamiento en sistemas de gestión centralizados son elementos primordiales para obtener históricos comparables, elaborar parámetros y CERs, con los que poder construir modelos de estimación de costes.
- Dentro del procedimiento de estimación del CCV es necesario definir y desarrollar un documento guía de planificación en el cálculo de la estimación del CCV tipo US CARD; UK MDAL; DADD, que sea aplicable desde la etapa DDV.
- Los modelos del CCV genéricos, como el definido en la UNE-EN-60300 o por Ortuzar,⁴⁰ hay que personalizarlos para cada familia de sistemas incorporando los parámetros, CERs, etc., obtenidos para cada familia de sistemas al modelo concreto, utilizando para su obtención el método de estimación más apropiado.
- Se debería crear una oficina de gestión de programas permanente que fuera integrada por personal especializado en gestión, esta oficina canalizaría el Know How como organización, la coordinación entre programas, los medios, las lecciones aprendidas, apoyaría a los jefes de programa, desarrollaría y gestionaría políticas, procedimientos, plantillas y otra documentación, además se encargaría de dirigir a los equipos de gestión integrados en las seis empresas citadas. Al personal español que ocupe puestos de gestión en OCCAR/OTAN se le debería exigir servidumbre posterior en esta oficina en España. Se debería fomentar que los profesionales de las Fuerzas Armadas que lo elijan puedan desarrollar su carrera en el área de gestión de programas, apoyando su formación institucional y en centros de prestigio internacionales, obteniendo además titulaciones ajenas a MINISDEF.
- Sería recomendable implantar la técnica de análisis del CCV en el procedimiento de adjudicación de contratos.
- Específicamente en nuestro proceso de obtención de recursos:⁴¹
 - I. Sería recomendable regular la Gestión del Ciclo de Vida y completar el somero procedimiento de estimación del CCV contenido en la instrucción 67/2011 tomando como referencia la comparación realizada con OCCAR y OTAN.

40 ORTUZAR, R. Universidad de Granada. Una propuesta metodológica para la estimación del coste del ciclo de vida en inversiones militares. Granada. 2008. Pp. 283-405.

41 La mayoría de las conclusiones y recomendaciones aquí alcanzadas coinciden con las obtenidas en el informe del grupo de trabajo de la NATO SAS-054.

2. De la explotación de la base de datos de informes de estimación de costes y de la experiencia adquirida en estos cuatro últimos años sería recomendable:
 - Exigir la intervención del órgano técnico, que tenga la competencia en estimación del CCV, en todas y cada una de las etapas del proceso de obtención hasta la contratación del recurso y el cumplimiento de las recomendaciones que emita en sus informes;
 - Fomentar la elaboración de factores, coeficientes, parámetros, CERs por parte de todos los que intervienen en el ciclo de vida;
 - Regular los tiempos mínimos, en función del tipo de programa, que en cada etapa los técnicos deben disponer para poder estimar con unas ciertas garantías;
 - Restringir el procedimiento de urgencia en la tramitación de los documentos resultantes en cada etapa del ciclo de vida, ya que provoca que las estimaciones de costes se realicen por orden de magnitud (ROM) o no se realicen;
 - Elaborar una publicación que guíe la confección de la EDP, EDT y EDC;
 - Los cálculos, soportes, técnicas y herramientas utilizadas en las estimaciones deberían ser accesibles y acompañar a los documentos elaborados en cada etapa;
 - Los grupos de trabajo que se constituyen en DDV deben ser ágiles, no burocratizados y controlados por la oficina de gestión de programas permanente o un profesional técnico. El criterio técnico de los integrantes del grupo debe prevalecer sobre la categoría que ocupa en ese grupo, desvinculando a estos técnicos de cualquier relación jerárquica con el grupo y el organismo del que dependa;
 - La estructura funcional de la organización debería evolucionar a la orientada a proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

AENOR. UNE EN 60300-3-3. *Gestión de la confiabilidad. Cálculo del coste del ciclo de vida*. Madrid. 2009.

ÁLVAREZ, I; & FONFRÍA, A. 2.000. *Estructura e Innovación en la Industria de la Defensa Española. Economistas*. núm. 85. Madrid. I.S.S.N.: 0212-4386.

ARIAS, F; PASTOR, J. “La determinación del precio en ausencia de mercado”. *La Ley. Revista Práctica*. núm. 8. 2009.

BLANCHARD, B. S. *Ingeniería de sistemas*. ISDEFE. Madrid. 1996.

BLANCHARD, B. S. Design and manage to life cycle cost. Oregon: M/A Press, 1978.

BS DILLON. *Life cycle costing : techniques, models and applications*. Breach Science Publishers S.A. Amsterdam. ISBN: 2-88124-302-9. 1989.

DEGARMO. *Ingeniería económica de DeGarmo*. Pearson Prentice Hall. México. ISBN: 970-26-0529-6. 2004.

EE.UU (DoD).

2011. *Work Breakdown Structures for Defense Materiel Items*. MIL-STD-881C. Washington.

2014. *Life-Cycle Cost in Navy Acquisition*. MIL-HDBK-259. Washington.

2014. *Operating and support cost-estimating guide*. Office of the Secretary of Defense (CAPE). Washington.

EE.UU, NAVY. 2005. *Cost Estimating Handbook NAVSEA*. Washington.

EE.UU, US DEPARTMENT OF THE ARMY. *Cost Analysis Manual*. Washington. 2002.

ESPAÑA. Real Decreto Legislativo 3/2011 texto refundido de la ley de Contratos del Sector Público de España de 14 de noviembre. *Boletín Oficial del Estado*, 15 de noviembre de 2011, núm. 276.

ESPAÑA (MINISTERIO DE DEFENSA).

Orden ministerial 283/1998, de 15 de Octubre, Normas sobre los criterios a emplear en el cálculo de costes en determinados contratos de suministros, consultoría y servicios del Ministerio de Defensa. *Boletín Oficial de Defensa*, 18 de octubre de 1998, núm. 212/98.

Orden Ministerial 37/2005, de 30 de marzo, Proceso de planeamiento de la Defensa. *Boletín Oficial de Defensa*, 08 de abril de 2005, núm. 68/2005.

Modelo OTAN de evaluación de proyectos. PECAL 2050. Madrid. 2005. ISBN: 978-84-9781-174-3.

Instrucción SEDEF 128/2007, de 16 de octubre, Procedimiento para la prestación de los servicios de análisis de costes y precios en el ámbito del Ministerio de Defensa. *Boletín Oficial de Defensa*, 16 de octubre de 2007, núm. 212/07.

Instrucción SEDEF 2/2011, de 27 de enero, Proceso de Planeamiento de los Recursos Financieros y Materiales. *Boletín Oficial de Defensa*, 08 de febrero de 2011, núm. 26/2011.

- Instrucción SEDEF 67/2011 de 15 de septiembre, Proceso de Obtención de Recursos Materiales. *Boletín Oficial de Defensa*, 27 de septiembre de 2011, núm. 189/11.
- Instrucción SEDEF 72/2012 de 02 de octubre, Proceso de Obtención de Recursos Materiales. *Boletín Oficial de Defensa*, 16 de octubre de 2012, núm. 202/2012.
- FABRICKY, Wolter J. *Análisis del coste del ciclo de vida de los Sistemas*. ISDEFE. Madrid. ISBN: 84-89338-15-9. 1997.
- FABRICKY, Wolter J; BLANCHARD, S. *Life-cycle cost and economic analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.
- FONFRÍA MESA, A. *Efectos del gasto militar sobre la rentabilidad de la industria de defensa en España*. Madrid. Instituto de Estudios Fiscales, Universidad Complutense de Madrid. 2009.
- FONFRÍA MESA, A. *Sobre la naturaleza y alcance de la economía de la defensa*. 79/2012. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Madrid. 2012.
- GIL, J. A. *Reestructuración de la industria de defensa en España*. Minerva Ediciones. Madrid, 2002. pp. 53-76.
- GODET, M. *La Caja de Herramientas de la Prospectiva Estratégica*. 4ª Edición. Cuaderno 5. Paris, Librairie des Arts et Métiers. 2000.
- GREGORY, T. Haugan. *Effective Work Breakdown Structures*. 1ª ed. Vienna. PMI Library. ISBN-13: 978-1567261353. 2002.
- International Organization for Standardization (ISO).
- Systems and software engineering. System life cycle processes*. ISO/IEC 15.288. Suiza, Ginebra. 2008.
- ISDEFE. *Ingeniería de Sistemas Aplicada*. Madrid, ISDEFE. ISBN: 84-89338-05-01. 1997.
- ISPA. *Parametric Estimating handbook*. 4ª Ed. Vienna. International society of parametric analysts. ISBN: 0-9720204-7-0. 2008.
- JOHN C. STERLING. *Analysis of life cycle cost models for DoD and industry use in "design-to-lcc"*. Monterey. 2002.
- KORPI, Eric; ALA RISKU, Timo. *Life Cycle Costing : a review of published case studies*. Managerial Auditing Journal. Vol. 23. Finlandia. ISSN: 0268-6902. 2008.
- LAFFONT, J. J. y TIROLE, J. *Using Cost Observation to Regulate Firms*. The University of Chicago Press. Journal of Political Economy, vol. 94, nº 3. 1986.

LAFFONT, J. J. y TIROLE, J. *A theory of incentives in procurement and regulation*. Cambridge. MIT Press. Cambridge, Massachusetts. ISBN: 9780262121743. 1993.

NASA. *NASA Cost estimating Hand Book*. Washington. 2015.

National Estimator. SCEA (EE.UU), *Society of cost estimating and Analysis*. Vienna. ISSN: 10404-20. Otoño 2011.

NATO.

2001. *Ways to Reduce Costs of Ships*. Allied Naval Engineering Publication. ANEP-49. ed 2. Bruselas.

2002. *Continuous Acquisition and Life-cycle Support*. NATO CALS Handbook. Bruselas.

2005. *Ship Costing*. Allied Naval Engineering Publication. ANEP-41. 4ª ed. Bruselas.

2007. Bruselas. *NATO System Life Cycle Stages and Processes*. AAP-48. 1ª ed. Bruselas.

2008. *NATO Guidance on Life Cycle Costs*. AC/327. ALCCPr. Bruselas.

2010. *The Handbook of the Phased Armaments Programming System (PAPS)*. AAP-20. 2ª ed. Bruselas.

NATO RTO – RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANIZATION.

2003. *Cost Structure and Life Cycle Costs for Military Systems*. RTO TR-058 SAS-028. Neuilly-sur-Seine, (París). RTO Publication.

2007. *Methods and models for life cycle costing*. RTO TR-SAS-054. Neuilly-sur-Seine, (París). RTO Publication.

2009. *Code of Practice for Life Cycle Costing*. RTO-TR-SAS-069. Neuilly-sur-Seine, (París). RTO Publication.

2009. *Cost Structure and Life Cycle Cost (LCC) for Military Systems*. RTO-SAS-036. Neuilly-sur-Seine, (París). RTO Publication.

2012. *Independent cost estimating and the role of Life Cycle Cost Analysis in Managing The Defence Enterprise*. RTO-SAS-076. Neuilly-sur-Seine, (París).

OCCAR.

2013. *OCCAR.EA-ISS (In Service Support) Guide*. Bonn.

2014. *OCCAR.EA-Midlife guide line*. Bonn.

2014. *OCCAR.EA-OMP1. Principal Management Procedure*. Bonn.

2014. *OCCAR.EA-OMP6. Contract Terms and conditions*. Bonn.

- ORTÚZAR, R. *Una propuesta metodológica para la estimación del coste del ciclo de vida en inversiones militares*. Dr. Navarro A. Universidad de Granada, Facultad De Ciencias Económicas y Empresariales, Granada. Editorial de la Universidad de Granada. 2008. 585 p. ISBN: 978-84-691-8343-4.
- PAUL BARRINGER H. DAVID P WEBER. *Life Cycle Cost Tutorial*. Gulf Publishing Company. Houston, Texas. 1996.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE.
2006. *Practice Standard for Work Breakdown Structures*. PMI. (Second Edition). Pennsylvania, Filadelfia. ISBN: 1-933890-13-4.
2013. *Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. PMI. Quinta edición. Filadelfia, Pennsylvania. ISBN: 978-1-62825-009-1.
- TORRÓN DURÁN, R. *El análisis de Sistemas*. ISDEFE. Madrid. 1997. ISBN: 8489338-16-7.
- WILLIAN G SULLIVAN, E. WICKS y J. LUXHOJ. *Ingeniería de económica de DeGarmo*. Pearson Prentice Hall. Mexico. 2004. ISBN: 970-26-0529-6.

ACRÓNIMOS

- ALCCPr: Allied Life Cycle Costs Publication.
- BOD: Boletín Oficial de Defensa.
- CAL: Concepto de Apoyo Logístico.
- CANOA: Contabilidad Analítica Normalizada de Organización Administrativa.
- CARD: Cost Analysis Requirement Description.
- CBS: Cost Breakdown Structure.
- CCV: Coste del Ciclo de Vida.
- CER: Cost Estimating Relationship.
- CERD: Cost Estimation Requirement Document.
- COTS: Commercial available Off-The-Self.
- DADD: Data and Assumptions Definition Document.
- DDP: Directiva de Programa.
- DDR: Documento de Requisitos.

DDV:	Documento de Viabilidad.
DGAM:	Dirección General de Armamento y Material del Ministerio de Defensa Español.
DIGENECO:	Dirección General de Asuntos Económicos del Ministerio de Defensa Español.
DIGENIN:	Dirección general de Infraestructura.
DIMAN:	Dirección de Mantenimiento de la Armada Española.
DNO:	Documento de Necesidad Operativa.
DNF:	Documento de Necesidad Funcional.
EDA:	Estructura de Descomposición de actividades.
EDC:	Estructura de Descomposición de costes.
EDD:	Especificaciones de Diseño.
EDT:	Estructura de Descomposición de trabajo de Tareas.
EDP:	Estructura de Descomposición del Producto.
EDS:	Estructura de Descomposición de Sistemas.
GCBS:	Generic Cost Breakdown Structure.
GDC:	Grupo de Coste.
GEC:	Grupo de Evaluación de Costes.
ISDEFE:	Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España S.A.
ISO/IEC:	International Standards Organisation/International Electro technical Commission.
I+D+i:	Investigación, Desarrollo e Innovación.
LCC:	Life Cycle Cost.
LCCBS:	Life Cycle Cost Break Structure.
LCM:	Life Cycle Management.
LCSP:	Ley de Contratos del Sector Público.
MDAL:	Master Data and Assumptions List.
MINISDEF:	Ministerio de Defensa.
NASA:	National Aeronautics and Space Administration.

- NODECOS: Normas sobre los criterios a emplear en el cálculo de costes en determinados contratos de suministros, consultoría y servicios del Ministerio de Defensa.
- OCCAR: Organización Conjunta para la Cooperación de Armamento.
- OEM: Objetivo de Estado Mayor.
- OMP: OCCAR Management Procedure.
- ORM: Objetivo del Recurso Material.
- OTAN/NATO: Organización del Tratado del Atlántico Norte.
- PAPS: Phased Armament Programming System.
- PBS: Product Breakdown Structure.
- PECAL: Publicación Española de Calidad.
- PMBOOK: A Guide to the Project Management Body of Knowledge.
- PMI: Project Management Institute.
- REM: Documento de Requisitos de Estado Mayor (Sustituye al NSR).
- ROM: Rough Order of Magnitude.
- RTO: Research and Technology Organisation.
- SAS: System analysis and studies.
- SEDEF: Secretario de Estado para la Defensa.
- SLCM: System Life Cycle Management.
- WBS: Work Breakdown Structure.

- Artículo recibido: 13 de mayo de 2015.

- Artículo aceptado: 27 de octubre de 2015.
