

DOS MODELOS DE APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL VALOR GANADO (EVM) PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Fernando G. Valderrama

Soft SA

Rafael Guadalupe García

Escuela Técnica Superior de Topografía, Geodesia y Cartografía Universidad Politécnica de Madrid

Abstract

The Earned Value Management (EVM) method is not very common in the construction industry. Large companies have developed their own information systems, because EVM is not adapted to the specific economic model of this sector, and small businesses and professionals are unaware of it.

This paper develops two different applications of the EVM method: a simplified model, for the professional in charge of supervising the execution of the works, based on the available information, and a more complex model, targeted to the small construction company, since its cost management system must integrate actual and estimated cost with revenues.

Models have been implemented in Presto, software widely used in construction, suggesting the necessary changes so that professionals and small businesses get all the EMV results from data that they already use in their tasks. The goal is to replace a passive point of view, limited to record what is happening in the works, by an active strategy enabling them to take decisions and anticipate to possible deviations from cost and time.

Keywords: *EVM, construction; cost management*

Resumen

El método de gestión del valor ganado (Earned Value Management, EVM) no es muy habitual en el sector de la construcción. Las grandes empresas constructoras han desarrollado sus propios sistemas de información, ya que no existe una adaptación del EVM al modelo económico específico de este sector, y las empresas pequeñas y los profesionales lo desconocen.

Esta comunicación desarrolla dos modelos diferentes de aplicación del EVM: para el profesional que dirige la ejecución de obras, que necesita un modelo simplificado, basado en la información de que dispone, y la pequeña empresa constructora, que requiere un modelo más complejo, ya que en su sistema de gestión de costes estimados y reales tiene que integrar también los ingresos.

Los modelos se han implementado en Presto, un programa de amplia difusión en la construcción, proponiendo los cambios necesarios para que los profesionales y las pequeñas empresas obtengan todos los resultados del EVM a partir de datos que ya utilizan habitualmente en su trabajo. Pueden sustituir así su visión pasiva, limitada a registrar lo que ocurre en la obra, por una estrategia activa, que les permite tomar decisiones para corregir a tiempo las posibles desviaciones de la obra.

Palabras clave: *EMV; construcción; gestión de costes*

1. Introducción

El método del valor ganado (EVM), de implantación obligatoria en los proyectos promovidos por el Gobierno de los Estados Unidos, se utiliza también en muchos entornos relacionados directa o indirectamente con éste, incluyendo proyectos realizados en otros países cercanos, por influencia de los Estados Unidos, los proyectos de todo tipo realizados por empresas de este país en el resto del mundo y muchos proyectos relacionados con el diseño y ejecución de plantas industriales y gestionados por empresas de este ámbito.

Sin embargo, y fuera de este ámbito industrial, no es ni conocido ni mucho menos utilizado en el sector de la construcción en España, ni en la obra civil, en la que cabría un mayor paralelismo con el mundo industrial, ni en la edificación.

2. Objetivos

La comunicación define dos modelos de aplicación del EVM para dos tipos de agentes de la edificación. Un modelo muy reducido para la dirección de obra, que equivale en sentido amplio al gestor de proyectos y representa el punto de vista del promotor, y un modelo más amplio, para la empresa constructora.

Este modelo es aplicable al método de contratación tradicional, por precios unitarios y con medición abierta, habitual en España y en otros países de nuestro entorno cultural, estrechamente vinculado a su vez a la licitación competitiva sobre un proyecto acabado.

En este modelo se ha insertado la terminología del EVM, añadiendo las variables, funciones, ajustes, complementos, documentación y ejemplos necesarios para obtener todos los resultados aquí presentados.

Una vez definido, el modelo se aplica a un ejemplo concreto. Se intentarán extraer nuevas conclusiones sobre la escasa difusión del EVM en este sector y se mostrarán los beneficios de su aplicación para ambos tipos de agentes.

Se asume que el modelo EMV es suficientemente conocido y se utiliza directamente su terminología, aclarando únicamente los aspectos específicos de este modelo para la construcción.

3. Antecedentes

La Contratación Pública en España

La primera razón de este desconocimiento es, evidentemente, que la administración española no lo exige. Así, en la vigente LCSP, Ley de Contratos del Sector Público, no se menciona ningún tipo de procedimiento de seguimiento y control, exceptuando el sistema clásico de certificaciones mensuales avaladas por la dirección de la obra, con la fijación de unos topes de variación máxima del coste de ejecución respecto al presupuesto que pueden resultar hasta sorprendentes para los profesionales y las empresas de otros entornos.

Variación de mediciones respecto del presupuesto: 10 %.

Variación de coste respecto del presupuesto: 20 %

La aprobación de estas variaciones por la administración sólo requiere un trámite muy simplificado. En la realidad, se apuran hasta el límite en la mayoría de los proyectos y a veces se añaden a otras, como la figura del proyecto complementario, que puede alcanzar un 50 % más de coste añadido sin interrumpir la ejecución ni realizar un nuevo proceso de adjudicación.

En cuanto a los plazos, toda la mención de la LCSP se reduce a exigir para cualquier tipo de proyecto lo indicado en el siguiente texto:

Artículo 107 e) Un programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo, con previsión, en su caso, del tiempo y coste.

El incumplimiento de los plazos da lugar a algunas posibilidades de sanción de tipo administrativo, poco aplicadas en la práctica.

La LCSP no determina por completo el modelo de seguimiento a aplicar en cada proyecto, ya que cada departamento de la administración puede disponer de unas instrucciones específicas, más detalladas. Sin embargo, el departamento con más volumen de construcción, el Ministerio de Fomento, no dispone de tales instrucciones, habiéndolas publicado exclusivamente el Ministerio de Defensa, sin que tampoco se exija un sistema de seguimiento determinado.

Por su parte, los profesionales encargados de la dirección de obras, inducidos por la normativa de obra pública, se centran más en los procesos puramente administrativos del proceso de certificación que en el seguimiento activo de los costes y de los plazos.

El Valor del Plazo y del Coste

Otra razón para la falta de uso del modelo EVM para la construcción en España y países de nuestro entorno es el diferente origen de las empresas dominantes y su relación con sus respectivas culturas.

En el sector de la industria, los líderes mundiales son empresas que provienen de Estados Unidos, donde aparece el EVM. Es característica allí su preocupación fundamental por los tiempos, tanto o más que por los costes. Cuando se dispone de abundantes recursos materiales, el tiempo se vuelve el factor crítico, ya que es el único recurso que no se puede ampliar a voluntad. En el sector de la construcción, por el contrario, las empresas más importantes a nivel global son europeas, concretamente españolas, y acusan una obsesión por los costes, propia de países de recursos limitados, con una preocupación mucho menor por los tiempos de ejecución.

Estas empresas españolas, cuya penetración en el mercado global de la construcción y especialmente en el mercado derivado de las concesiones debe ser objeto de reconocimiento y de estudio, tienen por supuesto potentes sistemas de información. Sin embargo, estos sistemas están muy orientados a la gestión de la relación entre los ingresos y los costes, más que a la comparación entre las estimaciones anteriores a la ejecución y la realidad de la obra, que es el ámbito del EVM.

La Estructura Jerárquica

A diferencia del modelo general, la descomposición del presupuesto en una estructura de desglose del trabajo WBS es muy habitual en la obra privada y pública. Ello es debido a la amplia difusión que desde 1973 tuvieron en España las Normas Tecnológicas de la Edificación, NTE, promovidas por el Ministerio de la Vivienda, que disponían de una elegante clasificación analítica en tres niveles de capítulos, apartados y normas, que pronto resultó más eficiente que el sistema tradicional de organización por oficios.

Los cuadros de precios para la construcción posteriores adoptaron este mismo sistema jerárquico, pero con esquemas mucho más desarrollados y exhaustivos, de forma que la mayoría de los presupuestos actuales, en proyectos de la envergadura adecuada para aplicar el EVM, se realizan desde el inicio, de forma natural, con una estructura WBS.

4. Desarrollo

Modelo General Económico para la Construcción

El modelo de datos original se ha tomado del modelo general de costes de la construcción desarrollado en su momento por uno de los autores de esta comunicación para Presto, un sistema de gestión de costes para la construcción ampliamente difundido en los países de lengua española.

Este modelo económico considera dos variables fundamentales, cantidad y precio, de cuyas combinaciones se deducen todos los demás resultados necesarios para el seguimiento de la obra.

Cantidades

Las principales cantidades que se gestionan en la construcción son:

- La cantidad presupuestada, es decir, la que ha sido estimada por el autor del proyecto y figura en el presupuesto.
- La cantidad objetivo, denominada también *master* o *target*, resultado del estudio del proyecto por la empresa adjudicataria.

Estas cifras son totales para cada unidad de obra. Para obtener resultados operativos durante la ejecución se necesitan tres cantidades periodificadas:

- La cantidad planificada, es decir, el fraccionamiento temporal de la cantidad total del objetivo en la unidad de tiempo conveniente para realizar los pagos y el seguimiento, que se debe conocer antes del inicio de la ejecución.
- La cantidad ejecutada de cada unidad de obra en ese mismo período temporal, que sólo se conoce a medida que avanza la ejecución.
- La cantidad certificada, o parte de la unidad de obra que en cada período ha sido aprobada por la dirección de la obra para su pago por el promotor, que por diversas razones puede no coincidir con la cantidad realmente ejecutada.

El comportamiento de estas cantidades a lo largo de la ejecución y especialmente de sus diferencias permite entender la situación económica de la obra.

Por ejemplo, una función del jefe de obra (JO) es conseguir que la cantidad del presupuesto aprobado por el promotor coincida tan pronto como sea posible con el objetivo vigente. La diferencia entre este objetivo y el presupuesto representa la parte del presupuesto no aprobada y debe ser nula al finalizar la obra, no resultando aceptable que una parte del presupuesto aprobado o previsto no se ejecute, o que una parte de la obra ejecutada no se pueda pasar al cobro. Para ello, el objetivo y el presupuesto se irán revisando durante la ejecución, traspasando al presupuesto vigente las variaciones del objetivo cuando son aprobadas. El objetivo vigente representa siempre la cantidad final previsible de cada unidad de obra.

Todo modelo viable para la construcción debe recoger además las prácticas no habituales en otros sectores, como la diferencia entre cantidad certificada y ejecutada o la costumbre de ejecutar obra que no figura en el presupuesto aprobado. La aparición de nuevos elementos durante la ejecución, no contemplados en el proyecto original, que es también una característica inherente a la edificación y a la obra civil, se trata simplemente como la variación de una cantidad que previamente era nula.

Precios

Un modelo simplificado, pero suficientemente realista y útil, contempla tres precios unitarios:

- El precio del presupuesto o de la oferta, es decir, el precio unitario que figura en el proyecto, corregido por la baja de subasta, o el precio ofertado directamente en la licitación. Este precio es ingreso o venta para el constructor y coste para el promotor.
- El precio de coste objetivo, precio que la empresa constructora estima por adelantado para la ejecución de la unidad de obra, cuya diferencia con el anterior, ajustada adecuadamente, representa el margen o beneficio esperado.
- El coste real que la empresa acaba satisfaciendo por esa unidad de obra, que sólo es conocido a medida que la ejecución de la obra avanza.

El modelo tiene en cuenta explícitamente sólo la parte de la obra que forma la producción, es decir, la que se certifica como tal y se abona por el promotor. Los costes indirectos, gastos generales y otros conceptos encajan también en el modelo, pero es necesario un sistema de porcentajes y de reparto para que pasen a formar parte de los conceptos certificables.

Pueden existir otros precios, como el precio contratado, que se puede considerar como una corrección del precio estimado por el jefe de obra, que a su vez es una actualización del obtenido durante la preparación de la oferta. En el coste real unitario es conveniente aceptar la suposición de que se trata del precio medio ponderado. Otros recursos posibles, como el uso de líneas de base, no se consideran por el modelo, puesto que aumentaría su complejidad sin aumentar proporcionalmente la utilidad de la información generada.

Importes

Los tres precios unitarios se pueden aplicar a las cinco cantidades, obteniéndose las combinaciones que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Modelo Económico de la Obra

	Precio	Presupuesto	Estimado	Real
Cantidad				
Medición del presupuesto		Presupuesto	-	-
Aceptada por el promotor		Certificación	-	-
Medición del constructor		Producción final	Objetivo	Previsión de coste final
Planificada hasta el momento		Producción planificada	Coste estimado del período	-
Ejecutada en la realidad		Producción	Producción a coste estimado	Coste real

Todas las casillas representan el sumatorio de los productos de la cantidad que figura a la izquierda por el precio unitario de la columna, extendido a las unidades de obra de toda la obra. Las casillas vacías contienen combinaciones poco significativas.

Cada agente de la edificación trabaja con un subconjunto de esta tabla. Por ejemplo, el proyectista puro, que no participa en la dirección de la obra, sólo tiene en cuenta la primera casilla, "Presupuesto", que contiene la medición original del proyecto y su precio unitario,

aunque el fijado como referencia en el proyecto será sustituido antes del inicio de la ejecución por el ofertado por la empresa adjudicataria.

Las casillas vacías no proporcionan información útil para la marcha de la obra, como las valoraciones del presupuesto y de la parte certificada al precio real y al precio estimado, y la planificación a coste real.

Modelo EVM Reducido para la Dirección de Obra

La Ley de Ordenación de la Edificación, LOE, asigna a la Dirección de Obra y a la Dirección de Ejecución de la Obra, que denominaremos conjuntamente DO, la responsabilidad sobre el desarrollo y la ejecución de la obra, con especial énfasis en la calidad técnica. La única mención a los aspectos económicos es la elaboración de las certificaciones y la liquidación final, es decir, la conformidad con la parte de la obra realmente ejecutada.

Aferrándose casi en exclusiva a estas atribuciones legales, los profesionales se centran en el procedimiento administrativo de registro para el abono de la obra ejecutada, sin asumir un papel proactivo para conocer las dos preguntas básicas de un sistema de gestión:

- ¿Qué parte de la obra está ejecutada o queda por ejecutar?
- ¿Cuál será el coste total?

¿Cómo se puede incorporar la metodología EVM en los datos del modelo económico de manera que la DO deje de ser un simple procedimiento administrativo y se convierta en una herramienta para la toma de decisiones?

La casilla específica de la DO en el modelo es la "Certificación", situada bajo el presupuesto, que contiene la cantidad de la obra que se certifica como realizada y que multiplicada por el precio unitario del presupuesto se abonará al constructor.

Ahora bien, desde el momento en que pueden aparecer variaciones entre las mediciones del proyecto y la realidad ejecutada en obra, no es suficiente con conocer y registrar la cantidad certificada globalmente. Es necesario segmentar esta información, identificando en cada certificación parcial la parte de obra que ha surgido con posterioridad al inicio de la ejecución y que no corresponde al presupuesto aprobado.

El modelo EVM reducido que se propone se basa en adoptar como valor ganado EV la parte presupuestada de cada certificación, es decir, la que figura en el presupuesto inicial, con las demás variables que figuran en la Tabla 2:

Tabla 2 Aplicación del EVM al Seguimiento de Certificaciones

	Precio	Presupuesto	Ejemplo
Cantidad			
Medición del presupuesto		Presupuesto BAC	100
Certificación dentro del presupuesto		Valor ganado EV	37
Certificación total		Coste real AC	42

Aunque el significado original del valor ganado en el modelo EVM no es idéntico al de esta propuesta, permite obtener los resultados necesarios con un esfuerzo adicional muy pequeño, a partir de los datos que manejan habitualmente los profesionales de la DO.

Por ejemplo, el índice del desempeño del coste se obtiene como:

$$CPI = EV / AC [37 / 42 = 0,88] \quad (1)$$

Para obtener el coste final esperado EAC el método EVM exige establecer hipótesis sobre las desviaciones futuras, cada una de las cuales proporciona una predicción distinta.

Tabla 3 Estimaciones del Coste Final Esperado EAC y del SPI

Hipótesis	Coste final EAC	Índice SPI %
El exceso de medición se compensará	100	42
No habrá nuevos incrementos	$100+5 = 105$	40
La desviación actual se mantendrá	$100*42/37 = 113,51$	37
Nueva estimación, basada en datos reales	$100+x$	$42/(100+x)$

Basado en el ejemplo de la Tabla 2

El valor de la primera fila es también el que se obtiene si se conoce exclusivamente el presupuesto y la certificación total, sin desglose.

Aunque no exista una planificación, se puede estimar un índice aproximado del desempeño del plazo SPI, a la derecha de la Tabla 3, aplicando la proporción entre el coste real y el coste final esperado al plazo previsto inicialmente. Si se dispone de la planificación periodificada PV, que figurará en la casilla "Producción planificada", se puede obtener la estimación del desempeño en plazo de la manera estándar:

$$SPI = PV / EV \quad (2)$$

Aunque los ejemplos están realizados sobre una sola unidad de obra, y la cifra puede ser una cantidad o un importe, en la obra completa siempre se utilizarán importes, actuando los precios unitarios como un factor de ponderación para comparar cantidades. Si durante la ejecución aparecen unidades de obra no contempladas en el proyecto, el tratamiento es el mismo que para los aumentos en la medición, en el caso particular de medición inicial nula.

Alternativamente a este planteamiento, se puede registrar la certificación no correspondiente al presupuesto como una modificación del presupuesto vigente:

Tabla 4 Alternativa con Presupuesto y Modificado

Cantidad	Precio	Presupuesto	Ejemplo
Presupuesto inicial		Presupuesto BAC	100
Presupuesto vigente		Coste final EAC	105
Certificación		Coste real AC	42
Certificación dentro del presupuesto		Valor ganado EV	$42-(105-100) = 37$
La desviación actual se mantendrá		Coste final EAC	$100*42/37 = 113,51$

En este caso, el valor ganado se obtiene a partir de la diferencia entre el presupuesto modificado y el inicial del proyecto, y los demás datos se obtienen a partir de ese resultado.

Producción

Hasta ahora se han utilizado las dos primeras celdas de la columna izquierda de la Tabla 1, el presupuesto y la certificación, y opcionalmente la planificación. Las tres celdas inferiores de esta columna corresponden al concepto que en obra se denomina *producción*, es decir, la obra valorada al precio del presupuesto, que representa el ingreso esperado.

Dependiendo de la cantidad a la que se aplique, la producción puede ser la producción total esperada, la realmente ejecutada o la planificada hasta el momento.

Las variables de la producción se utilizan tanto por el JO como por la DO, si bien cada uno tendrá valores diferentes, adecuados a la información de que disponen y a su punto de vista. La producción planificada PV no es necesariamente la misma. Pueden ser diferentes incluso si la empresa constructora realiza la planificación, pero entrega al promotor los valores ALAP.

Lo mismo ocurre con los otros dos valores de la producción, ya que la empresa transmitirá los que estime más convenientes al DO, con el objetivo de que transforme la mayor cantidad posible de producción en certificación y que convierta la producción final esperada en el presupuesto vigente lo antes posible.

Tabla 5 Cantidades que Intervienen en la Ejecución de la Obra

Cantidad	Para el DO	Para el JO
Presupuesto	100	100
Certificación	42	42
Producción final prevista	113,5	115
Producción planificada	40	50
Producción	47	45

Todos los importes valorados a precio de presupuesto

Los cinco importes de la columna "Presupuesto" de la Tabla 1, más sus posibles desgloses por su estado de aprobación, están valorados con el mismo precio unitario, lo cual permite realizar entre ellos todo tipo de combinaciones sin que el diferente precio en que se basan las demás columnas de la tabla enmascare las diferencias entre los importes.

Estas comparaciones proporcionan información fundamental sobre la marcha de la obra, que se completan con el modelo presentado a continuación, exclusivo para el punto de vista de la empresa constructora.

El Modelo Económico Completo de la Obra

La empresa constructora tiene un punto de vista más amplio que el de la dirección de la obra, utilizando también las columnas de coste estimado y coste real del modelo. Para incorporar la metodología EVM al modelo económico completo de la tabla 1 se propone la siguiente asignación de variables.

Tabla 6 Modelo EVM Completo para la Construcción

Cantidad	Precio	Presupuesto	Estimado	Real
Medición del presupuesto		Presupuesto	--	--
Aceptada por el promotor		Certificación	--	--
Medición del constructor		Producción final	Objetivo BAC	Previsión EAC
Planificada hasta el momento		Producción planificada	Valor planificado PV	--
Ejecutada en la realidad		Producción	Valor ganado EV	Coste real AC

Se describen a continuación las variables principales del modelo, que se obtienen en cada momento de la obra a partir de las combinaciones de precios y cantidades indicadas en la tabla. Se indican sólo las propiedades específicas del modelo para la construcción.

Valor ganado (*Earned Value*, EV)

Importe de la obra ejecutada hasta el momento, valorada al coste estimado, también llamado *crédito* en algunos sistemas de información para la construcción, ya que representa el importe asignado inicialmente al JO para realizar la obra ejecutada.

Objetivo (*Budget At Completion*, BAC)

Volumen total de obra previsto inicialmente según los datos de la empresa constructora, valorado al coste estimado, también llamado objetivo inicial.

Valor planificado (*Planned Value*, PV)

Volumen de obra planificado hasta el momento actual, valorado al coste estimado.

Coste real (*Actual Cost*, AC)

Coste en el que se ha incurrido para realizar la parte de obra ejecutada hasta el momento.

Previsión (*Estimate At Completion*, EAC)

En el modelo estándar, si no hay más desviaciones de coste, el coste final estimado de la obra EAC es el coste real AC, que ya se ha gastado para ejecutar la parte de obra indicada por el valor ganado EV, más lo que queda por construir, que es la diferencia entre el objetivo final de coste BAC y el valor ganado EV.

$$EAC I = AC + BAC - EV \quad (3)$$

Otra hipótesis posible es asumir que se mantendrá el mismo porcentaje de desviación en coste en el que se ha incurrido hasta ahora, por lo que la parte que queda por construir debe ajustarse en esa misma proporción.

$$EAC II = AC + (BAC - EV) / CPI \quad (4)$$

Un tercer enfoque alternativo y específico para el sistema de precios unitarios de la construcción es calcular el valor de EAC utilizando como cantidad el objetivo vigente y como precio unitario el precio real, cuando ya se conoce, y el precio de objetivo o de contrato, en otro caso. Este resultado requiere más recursos de cálculo, puesto que no se obtiene operando con variables ya conocidas, pero es más preciso.

También se puede estimar el valor EAC, evidentemente, mediante una valoración manual de lo que queda por construir.

En todos los casos, el coste final estimado EAC coincide con el objetivo BAC al inicio de la ejecución, y a medida que se avanza va tendiendo al coste real, AC.

Las demás variables del EVM se obtienen aplicando las especificaciones del modelo.

Variación del plazo (*Schedule Variation*, SV)

Índice de desempeño del plazo (*Schedule Performance Index*, SPI)

El precio estimado actúa como factor de ponderación. También se puede obtener comparando la producción con la producción planificada, actuando en este caso como ponderación el precio del presupuesto. La posible diferencia o cociente entre estas dos estimaciones muestra que la medida del avance de la obra no es unívoca, ya que para comparar cantidades es necesario multiplicarlas por precios, y por tanto

siempre se obtienen comparaciones desde un punto de vista económico, que pueden no medir el volumen real de esfuerzo.

Variación del coste (*Cost Variation, CV*)

Índice del desempeño del coste (*Cost performance index, CPI*)

Puesto que ambos valores están aplicados a la cantidad ejecutada, la diferencia o el cociente es la desviación en coste del proyecto.

Otras Comparaciones

La combinación de las variables definidas en esta aplicación del método EVM con las variables de la primera columna, todas ellas valoradas al precio de presupuesto, da lugar a nuevas comparaciones:

- La diferencia entre producción y coste real, una vez introducidos los ajustes y correcciones correspondientes, es el beneficio.
- La diferencia entre producción y certificación indica el importe de la parte ejecutada de la obra pendiente de aprobar por la DO.
- La diferencia entre objetivo y presupuesto representa la producción en trámite de aprobación.

Se pueden comparar además todos los valores que comparten o bien la cantidad o bien el precio, es decir, que están en la misma fila o en la misma columna. De esta forma, el efecto de la magnitud compartida se anula entre sí y la diferencia o el cociente entre ambas mide sólo las desviaciones de la magnitud restante.

5. Implementación del Método en el Programa

Para implementar los dos modelos del EVM específicos para la construcción sobre el modelo de Presto ha sido necesario realizar una serie de cambios.

La información generada previamente con el programa se basaba exclusivamente en la comparación de las cinco estructuras principales de precios indicadas en la tabla 1.

Figura 1. La información antes del modelo EMV

	Código	NatC	Resumen	ImpPres	ImpCert	ImpReal	ImpObj	ImpPlan
	CENZANO		Vivienda unifamiliar en Pozuelo	166.766,15	113.053,54	90.412,66	146.482,70	56.898,03
1	E02		Acondicionamiento del terreno	4.665,00	4.838,99	3.056,40	2.988,89	2.988,89
2	E03		Red de saneamiento	2.895,23	2.895,23	1.729,67	1.757,35	1.757,35
3	E04		Cimentaciones	4.035,96	4.035,96	2.800,68	2.777,03	2.777,03
4	E05		Estructuras	35.257,17	33.709,76	21.369,05	23.796,22	23.796,22
5	E07		Cerramientos y divisiones	27.129,66	22.928,73	18.665,44	19.409,20	17.067,35
6	E08		Revestimientos y falsos techos	13.767,31	7.040,72	5.175,50	9.284,84	7.579,91
7	E09		Cubiertas	4.914,61	3.998,74	3.024,35	3.091,68	0
8	E10		Aislamiento e impermeabilización	7.650,40	7.650,40	6.051,06	5.502,87	0
9	E11		Pavimentos	15.297,32	17.196,92	10.141,50	12.119,40	0
10	E12		Alicatados, chapados y prefabricados	2.296,47	2.296,47	1.318,93	1.278,07	0
11	E13		Carpintería de madera	6.461,62	6.461,62	4.900,00	5.065,44	0
12	E14		Carpintería de aluminio y PVC	9.027,36	0	0	5.438,97	0

Cada columna representa una estructura de precios

A partir de estos datos se puede obtener numerosa información económica sobre la obra, pero toda ella refleja exclusivamente el estado actual, sin obtener ningún tipo de proyección al futuro que permita tomar decisiones.

Figura 2. Los resultados antes del modelo EMV

Cuadro de control detallado de avance de obra						
Vivienda unifamiliar en Pozuelo						
Código	Resumen	Medición	Precio	Importe	ImpAcCap	ImpAcOtra
CAPÍTULO E02 Acondicionamiento del terreno						
E02A01E10 m2 Destar y limpiar terreno a máquina						
Venta	Presupuesto de adjudicación	37,52	0,47	17,63	17,63	17,63
	Pres. de adj. Incl. IG, BI y baja	37,52	0,47	17,63	17,63	17,63
	Reformados aprobados	24,00	0,47	11,28	11,28	11,28
	Total obra contratada	61,52	0,47	28,91	28,91	28,91
	Total obra confr. Incl. IG, BI y baja	61,52	0,47	28,91	28,91	28,91
	Reformados pendientes	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Total posible	61,52	0,47	28,91	28,91	28,91
	Total posible Incl. IG, BI y baja	61,52	0,47	28,91	28,91	28,91
	Certificación mes anterior	80,00	0,47	37,60	37,60	37,60
	Planificación mes anterior	0,00	0,47	37,60	37,60	37,60
	Desv. certif. mes anterior	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Certificación mes (parcial)	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Planificación mes (parcial)	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Desv. certificación mes (parcial)	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Certificación mes (a origen)	80,00	0,47	37,60	37,60	37,60
	Planificación mes (a origen)	80,00	0,47	37,60	37,60	37,60
	Desv. certificación mes (a origen)	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Pendiente de certificar	-18,48	0,47	-8,69	-8,69	-8,69
	Pendiente planificado	-18,48	0,47	-8,69	-8,69	-8,69
Coste	Estudio inicial de obra (objetivo)	80,00	0,37	29,60	29,60	29,60
	Objetivo Incl. GI, GD, GC	80,00	0,37	29,60	29,60	29,60
	Adiciones al objetivo	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00
	Objetivo actualizado	80,00	0,37	29,60	29,60	29,60
	Objetivo actualizado Incl. GI, GD, GC	80,00	0,37	29,60	29,60	29,60
	Coste obra ejecutada mes anterior	80,00	0,43	34,40	34,40	34,40
	Planificación mes anterior	80,00	0,37	29,60	29,60	29,60
	Desviación coste mes anterior	0,00	0,06	-4,80	-4,80	-4,80
	Coste obra ejecutada mes	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00
	Planificación mes	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00
	Desviación coste mes	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
	Coste obra ejecutada mes (a origen)	80,00	0,43	34,40	34,40	34,40
	Planificación mes (a origen)	80,00	0,37	29,60	29,60	29,60
	Desviación coste mes (a origen)	0,00	0,06	-4,80	-4,80	-4,80
	Coste pendiente previsto	-18,48	0,37	-6,84	-6,84	-6,84
	Coste pendiente ajustado	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00
Producción	Producción mes anterior	80,00	0,47	37,60	37,60	37,60
	Desv. planificación mes anterior	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Producción no certificada mes anterior	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Producción mes (parcial)	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Desv. producción mes (parcial)	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Producción no certificada mes (parcial)	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Producción a origen	80,00	0,47	37,60	37,60	37,60
	Desviación producción a origen	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Producción no certificada a origen	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
	Pendiente producir	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00
Beneficio	Coste real Incluso GI, GD, GC		0,43			
	Beneficio unitario previsto		0,10			
	Beneficio unitario real		0,04			
	Desviación coste real		-0,06			
	Beneficio del estudio inicial (objetivo)			-11,97	-11,97	-11,97
	Beneficio del objetivo actualizado			-0,69	-0,69	-0,69
	Beneficio obra ejecutada mes anterior			3,20	3,20	3,20
	Flujo de caja obra ejec. mes anterior			3,20	3,20	3,20
	Beneficio obra ejec. mes (parcial)			0,00	0,00	0,00
	Flujo de caja obra ejec. mes (parcial)			0,00	0,00	0,00
	Beneficio obra ejecutada origen			3,20	3,20	3,20
	Flujo de caja obra ejecutada origen			3,20	3,20	3,20

Información correspondiente a una sola unidad de obra

El siguiente paso ha sido introducir una periodificación mensual del objetivo, o producción total esperada, que equivale a la "planificación".

Figura 3. Periodificación

FaseCert	Cert	Real	Plan
1	16.603,48	10.469,07	9.101,17
2	10.846,88	7.583,22	15.150,63
3	19.837,51	18.755,48	10.542,94
4	7.864,93	11.745,33	6.511,07
5	9.868,34	7.647,61	7.334,88
6	55.107,10	33.914,10	3.761,93
7	6.982,70	4.761,27	4.631,11
8			8.328,51
9			12.516,16
10			12.780,30
11			10.499,79
12			2.744,37

Para desglosar los datos según se necesita en el modelo EVM reducido, se crea un sistema de estados del presupuesto, que considera el presupuesto inicial (Ini), el presupuesto modificado y aprobado (Mod) y el presupuesto en trámite de aprobación (Pte).

Figura 4. Desglose por estados del presupuesto

	Código	NatC	Resumen	ImpPresIni	ImpPresMod	ImpCertIni	ImpCertMod	ImpRealIni	ImpRealMod	ImpObjIni	ImpObjMod
	CENZANO		Vivienda unifamiliar en Pozuelo	164.148,96	2.617,19	108.055,36	2.617,19	76.328,50	1.733,73	109.707,87	1.792,91
1	E02		Acondicionamiento del terreno	3.346,41	1.318,59	3.039,01	1.318,59	1.994,72	893,73	1.813,68	895,11
2	E03		Red de saneamiento	2.895,23	0	2.895,23	0	1.729,67	0	1.757,35	0
3	E04		Cimentaciones	4.035,96	0	4.035,96	0	2.800,68	0	2.777,03	0
4	E05		Estructuras	35.257,17	0	33.709,76	0	21.369,05	0	23.796,22	0
5	E07		Cerramientos y divisiones	27.129,66	0	22.928,73	0	18.665,44	0	19.409,20	0
6	E08		Revestimientos y falsos techos	13.767,31	0	7.040,72	0	5.175,50	0	8.456,79	0
7	E09		Cubiertas	4.914,61	0	3.998,74	0	3.024,35	0	3.091,68	0
8	E10		Aislamiento e impermeabilización	7.650,40	0	7.650,40	0	6.051,06	0	5.502,87	0
9	E11		Pavimentos	13.998,72	1.298,60	13.998,72	1.298,60	9.299,10	840,00	9.803,80	897,80
10	E12		Alicatados, chapados y prefabricados	2.296,47	0	2.296,47	0	1.318,93	0	1.278,07	0
11	E13		Carpintería de madera	6.461,62	0	6.461,62	0	4.900,00	0	5.065,44	0
12	E14		Carpintería de aluminio y PVC	9.027,36	0	0	0	0	0	5.438,97	0

El presupuesto vigente es la suma del inicial más el modificado

A continuación, se añaden y se calculan las variables que contienen las combinaciones de precios, utilizando todavía la terminología tradicional.

Figura 5. Nuevas combinaciones de precios

Código	Resumen	Producción	Producción prevista	Producción total prevista	Previsión	Credito
CENZANO	Vivienda unifamiliar en Pozuelo	[121.048,62]	[84.383,42]	[187.623,56]	[147.551,55]	[84.202,89]
E02	Acondicionamiento del terreno	5146,39	4838,99	4838,99	3598,26	3147,49
E03	Red de saneamiento	2895,23	2895,23	2895,23	1729,67	1757,35
E04	Cimentaciones	4035,96	4035,96	4035,96	2800,68	2777,03
E05	Estructuras	33787,53	35334,94	35334,94	22293,85	22789,6
E07	Cerramientos y divisiones	24476,3	25198,39	29135,53	23011,09	12934,78
E08	Revestimientos y falsos techos	7040,72	11045,23	13767,37	9366,98	4839,84
E09	Cubiertas	4054,09	0	5015,41	3909,36	1975,26
E10	Aislamiento e impermeabilización	7309,01	0	7309,01	6087,93	3799,56
E11	Pavimentos	19162,83	0	19162,83	11556,9	10701,6
E12	Alicatados, chapados y prefabricados	2296,47	0	2296,47	1317,56	1278,07
E13	Carpintería de madera	10231,11	0	10231,11	4900	5065,44
E14	Carpintería de aluminio y PVC	0	0	0	0	0

"Previsión" es la cantidad de objetivo, al precio probable. "Credito" es la cantidad real por precio estimado.

El valor de la previsión calculado en esta fase es el primero del programa que indica una estimación ajustada del coste futuro.

El último paso es utilizar la terminología del modelo EVM, mediante la equivalencia que se ve en la Tabla 6.

Tabla 6 Variables, equivalencia EVM y Presto

Presupuesto		
Pres		
Certificación		
Cert		
Producción final	Objetivo	Previsión
ObjPres	BAC: Obj	EAC: ObjReal
Producción planificada	Valor planificado	
PlanPres	PV: Plan	
Producción	Valor ganado	Coste real
RealPres	EV: RealObj	AC: Real

Como paso futuro, queda la obtención directamente en el programa de las variables acumuladas a origen, ya que en este momento es necesario realizar este cálculo final mediante una hoja de cálculo, que se aprovecha también para generar las gráficas.

6. Ejemplos

Modelo Reducido para la Dirección de Obra

Para aplicar el modelo al mismo ejemplo de vivienda unifamiliar de la Figura 1, sólo ha sido necesario desglosar los datos originales de acuerdo con los cambios del programa indicados en el apartado anterior.

- Desglosar la planificación en períodos.
- Identificar los aumentos de la medición durante la ejecución que no corresponden al presupuesto inicial.

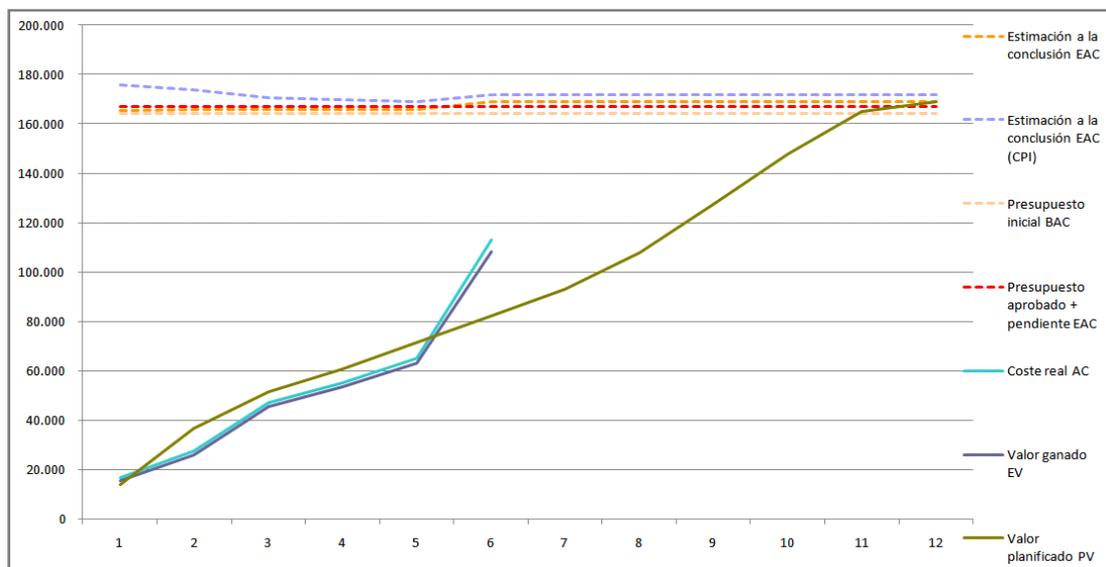
Figura 6. Modelo Reducido de EVM

	Totales			Estimaciones				Variaciones		Indices	
	Coste real AC	Valor ganado EV	Valor planificado PV	Estimación a la conclusión EAC	Estimación a la conclusión EAC (CPI)	Presupuest o inicial BAC	Presupuest o aprobado + pendiente EAC	Variación del coste CV	Variación del cronogram a SV	Indice del desempeño del coste CPI	Indice del desempeño del cronogram a SPI
1	16.603	15.494	13.963	165.259	175.906	164.149	166.902	-1.110	1.530,72	0,93	1,11
2	27.450	25.898	36.522	165.702	173.990	164.149	166.902	-1.553	-10.624,44	0,94	0,71
3	47.210	45.410	51.614	165.949	170.656	164.149	166.902	-1.800	-6.203,89	0,96	0,88
4	55.075	53.275	60.689	165.949	169.695	164.149	166.902	-1.800	-7.413,84	0,97	0,88
5	64.943	63.143	71.513	165.949	168.828	164.149	166.902	-1.800	-8.369,81	0,97	0,88
6	113.054	108.055	82.382	169.147	171.742	164.149	166.902	-4.998	25.673,44	0,96	1,31
7			93.061	169.147	171.742	164.149	166.902				
8			107.830	169.147	171.742	164.149	166.902				
9			127.479	169.147	171.742	164.149	166.902				
10			147.691	169.147	171.742	164.149	166.902				
11			164.806	169.147	171.742	164.149	166.902				
12			168.840	169.147	171.742	164.149	166.902				

Generado con Presto y exportado a Excel para la visualización

Las desviaciones en plazo pueden obtenerse incluso sin planificación, de manera aproximada, como se ha indicado anteriormente.

Figura 7. Modelo Reducido de EVM (Gráfico)



La certificación equivale a la curva de coste real

Modelo Completo para el Jefe de Obra

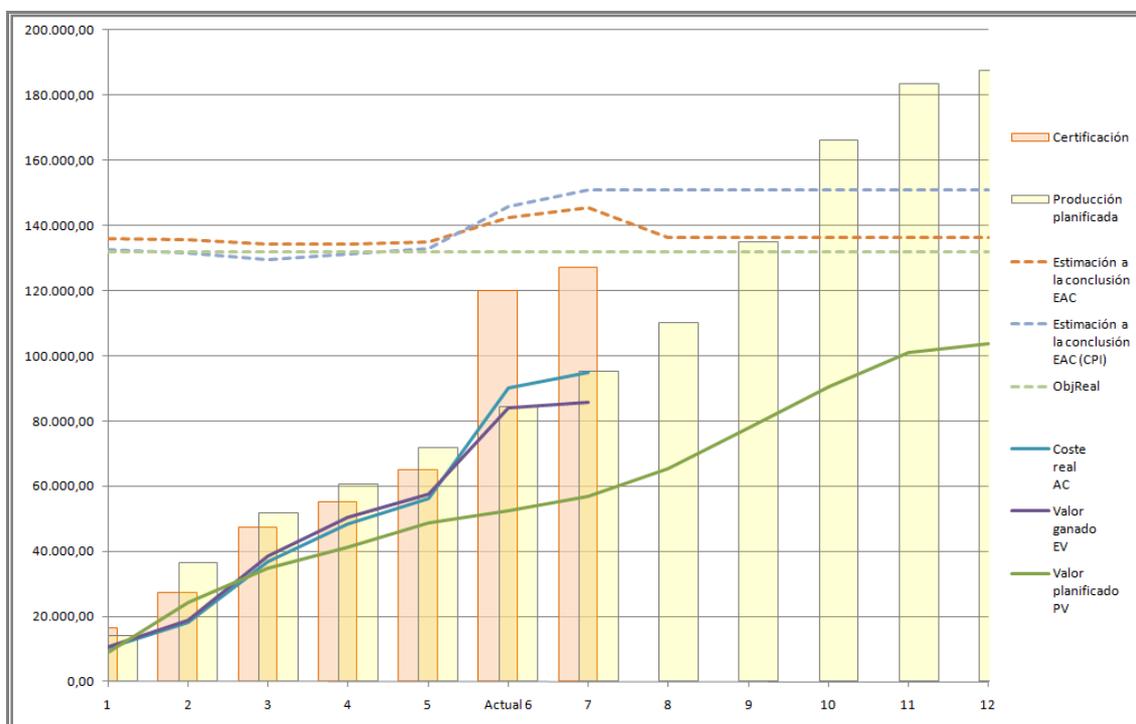
La Tabla 7 y la Figura 8 muestran todos los datos mensuales necesarios para conocer la evolución de esta obra con el modelo EVM completo..

Tabla 7 Modelo completo de EVM

N	C	PP	EAC I	EAC II	EV	PV	AC	CV	CPI	SV	SPI
1	16.603	13.963	136.051	132.459	10.777	9.101	10.469	308	1,03	1.676	1,18
2	27.450	36.522	135.686	131.456	18.726	24.252	18.052	673	1,04	5.526	0,77
3	47.288	51.692	134.460	129.670	38.706	34.795	36.808	1.899	1,05	3.912	1,11
4	55.153	60.767	134.443	131.182	50.469	41.306	48.553	1.916	1,04	9.163	1,22
5	65.021	71.766	134.985	133.105	57.575	48.641	56.201	1.374	1,02	8.934	1,18
6	120.128	84.383	142.283	145.954	84.190	52.403	90.115	5.924	0,93	31.788	1,61
7		95.205	136.359	145.933		57.034					
8		110.210				65.362					
9		135.058				77.878					
10		166.255				90.659					
11		183.490				101.158					
12		187.587				103.903					

C Certificación; PP Producción planificada. Resultados obtenidos con una versión de Presto 10 modificada para tener en cuenta los resultados de esta comunicación.

Figura 8. Modelo completo de EVM (Gráfico)



Las variables principales AC, PV y EV figuran en línea continua y las sucesivas estimaciones del BAC y EAC en línea de trazos.

Las variables fuera del modelo, como la certificación y la producción planificada, se representan en columnas, poniendo de manifiesto que no son directamente comparables con las restantes, puesto que incluyen los costes indirectos, gastos generales y beneficio.

El mismo análisis se puede aplicar a una unidad de obra aislada o a un capítulo.

6. Conclusiones

La comunicación desarrolla dos formas distintas y complementarias para aplicar el EVM en la ejecución de una obra.

Desde el punto de vista de la DO, este método permite que estos agentes superen una actitud pasiva, basada en recopilar información para registrar *lo que ha pasado* en la obra, adoptando un enfoque estratégico que les permita conocer por adelantado *lo que va a pasar*, y tomar medidas para que se parezca a *lo que debería pasar*. Pueden expandir así su papel tradicional y asumir nuevos perfiles profesionales, como el gestor de proyectos o el responsable de costes.

En cuanto a las necesidades de información de la empresa constructora, se puede observar que la primera columna del modelo, que contiene la producción y los ingresos, no interviene en el EVM. Al mismo tiempo, el coste estimado es una referencia secundaria en la construcción; el coste proporcionado por el departamento de estudios, o el ofertado finalmente por la dirección, pueden no reflejar en absoluto los costes previsibles, mientras que el preparado por el JO puede estar desviado al alza. De esta forma, el EVM controla la desviación entre las previsiones y la realidad, pero no gestiona directamente la información económica más importante en la obra, que es la relación entre la realidad y los ingresos, y se adapta poco al entorno de contratación tradicional con mediciones abiertas, donde existen grandes variaciones entre el presupuesto inicial y la ejecución real, que son definitivas para la rentabilidad de las obras.

Se explica así el poco uso de la metodología EVM en la construcción y la necesidad de las grandes empresas constructoras de desarrollar o adquirir sistemas de información específicos.

Sin embargo, la incorporación del EVM a estos modelos específicos permite asignar una terminología normalizada y común a algunas variables de uso habitual, proporciona otras nuevas y es un complemento natural de un modelo económico más completo. La utilización de todas las combinaciones de cantidades y precios del modelo y sus desgloses en los diferentes estados de aprobación da lugar a un enorme conjunto de datos, que configuran un panel de control exhaustivo y fiable para conocer en cada momento la situación económica y temporal de la obra.

Referencias

Dotor, S. El método de las desviaciones de avance y coste (Earned Value Management) en el contexto español. Comunicación del IV Congreso Nacional de la Ingeniería Civil Madrid 2003

Fleming, Q. & Koppelman, J (2005). Earned Value Project Management. Pennsylvania: Project Management Institute.

Instrucciones para la elaboración de proyectos de obras Dirección General de Infraestructura, Ministerio de Defensa. Madrid, 2002.

Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público.

Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación.

Ministerio de la Vivienda. Normas Tecnológicas de la edificación. Madrid, 1973.

Monsalve, J.A y Rodríguez, C. Modelo Integral de Gestión de Costos para Empresas Constructoras Venezolanas, 7th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology

Project Management Institute (2008). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Pennsylvania: Project Management Institute.

Valderrama, F. Mediciones y presupuestos. Editorial Reverté, Barcelona, 2007.

Valderrama, F. Planificación, costes y la riqueza de las naciones. Informació i Debat, Barcelona, noviembre 1997.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Fernando G. Valderrama
Phone: + 34 91 448 3800
Email : fvalderrama@presto.es
URL : www.presto.es

Rafael Guadalupe
Email: rafael.guadalupe@upm.es