

01-024

### **COST CONTROL OF A PROJECT WITH MICROSOFT PROJECT. ADAPTATION OF DIFFERENT METHODS.**

Viñoles-Cebolla, Rosario <sup>(1)</sup>; Segovia-Araya, Brian Leonardo <sup>(2)</sup>; Pastor-Ferrando, Juan Pascual <sup>(1)</sup>; Artacho-Ramírez, Miguel Ángel <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Investigación en Dirección de Proyectos, Innovación y Sostenibilidad (PRINS).  
Universitat Politècnica de València, <sup>(2)</sup> ABENGOA

This main objective is to study the integration of different methods into the MS Project tool to allow project managers a more detailed analysis of project development using different cost control methods. To this end, research has been carried out in the literature associated with the control and monitoring of projects identifying, analyzing and classifying different methods of analysis of cote variation and estimation calculation at the conclusion. Derived from the comparative analysis of the methods, a number of methods were selected relevance and ability to integrate with MS Project and its control tools. And finally, an assessment of the effectiveness and complexity of the proposed integrations through a case study, identifying the pros and cons of using each of the methods, to determine which methods are applicable or supported by MS Project.

Keywords: Cost control; methods; projects; Microsoft Project; Excel.

### **CONTROL DE COSTES DE UN PROYECTO CON MICROSOFT PROJECT. ADAPTACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS**

El presente trabajo tiene objetivo principal estudiar la integración de diferentes métodos en la herramienta MS Project con el fin de permitir a los directores de proyectos un análisis más detallado del desarrollo de los proyectos empleando diferentes métodos de control de costes. Para ello se ha llevado a cabo una investigación en la literatura asociada al control y seguimiento de proyectos, identificando, analizando y clasificando diferentes métodos de análisis de variación de cotes y cálculo de estimación a la conclusión. Derivado del análisis comparativo de los métodos se procedió a seleccionar diversos métodos, según su relevancia y capacidad de integración con MS Project y sus herramientas de control. Y finalmente, se efectuó una evaluación de la eficacia y complejidad de las integraciones propuestas a través de un caso práctico, identificándose las ventajas y desventajas que conlleva el uso de cada uno de los métodos, para determinar qué métodos son aplicables o compatibles con MS Project.

Palabras claves: Control de costes; métodos; proyectos; Microsoft Project; Excel.

Correspondencia: Rosario Viñoles Cebolla rovice@dpi.upv.es



## 1. Introducción

El control y monitorización de costes es uno de los procesos de mayor importancia para poder cumplir con éxito la gestión de proyectos. “Gran parte del esfuerzo de control de costes se dedica a analizar la relación entre los fondos del proyecto consumidos y el trabajo efectuado correspondiente a dichos gastos” (PMI, 2017). El objetivo principal del control de costes es que al finalizar el proyecto este se encuentre dentro del presupuesto establecido en la línea base elaborada en la etapa de planificación. Esto no sólo significa que se deben monitorear y guardar los datos de progreso, sino que se deben analizar estos y tomar medidas correctivas (Kerzner, 2009).

Para llevar a cabo el control de costes, en la literatura se pueden encontrar distintos métodos y herramientas para realizar el control y la estimación de costes al final del proyecto. Uno de los métodos más difundidos y utilizado el análisis del valor ganado (EVA: Earned Value Analysis) o gestión del valor ganado (EVM: Earned Value Management), el cual además de considerar mediciones de costes, incluye datos de programación y alcance de los proyectos. También existen otras extensiones que incluyen datos de riesgos o juicio de expertos para complementar las estimaciones a realizar.

Si bien, el análisis de valor ganado permite visualizar el estado de un proyecto, identificar tendencias y problemas (alertas tempranas), y establecer las bases para posibles acciones correctivas; a lo largo de los años se han ido desarrollando nuevos métodos y extensiones del EVA, que incluyen otras variables y técnicas para realizar el análisis de tendencias y pronósticos de estimaciones al final proyecto.

En la actualidad, la gestión y control de proyectos se desarrolla necesariamente complementada con el uso de herramientas tecnológicas o informáticas. Dentro de las cuales destaca MS Project, la herramienta más popular alrededor del mundo (Capterra, 2018), según el número de clientes, usuarios y presencia en redes sociales. MS Project, dentro de sus múltiples funcionalidades, posee características que permiten realizar el seguimiento y rendimientos de los costes asociados al proyecto, incluido parámetros relacionados con el análisis de valor ganado. Dentro de estas características considera varios tipos de informes predefinidos y tablas con datos útiles al momento de realizar el seguimiento del proyecto.

En consideración a lo anterior, toma importancia el estudio y análisis de: ¿qué otros métodos de análisis de control o extensiones del EVA pueden ser utilizados directamente con el programa o con los datos entregados por el mismo? Por ello, el objetivo planteado en el presente trabajo es Investigar, analizar y comparar las distintas alternativas de cálculo del costo estimado a la conclusión (EAC) de acuerdo con la gestión del valor ganado y comparar éstas con las herramientas incluidas en MS Project, con su posterior implementación a un proyecto.

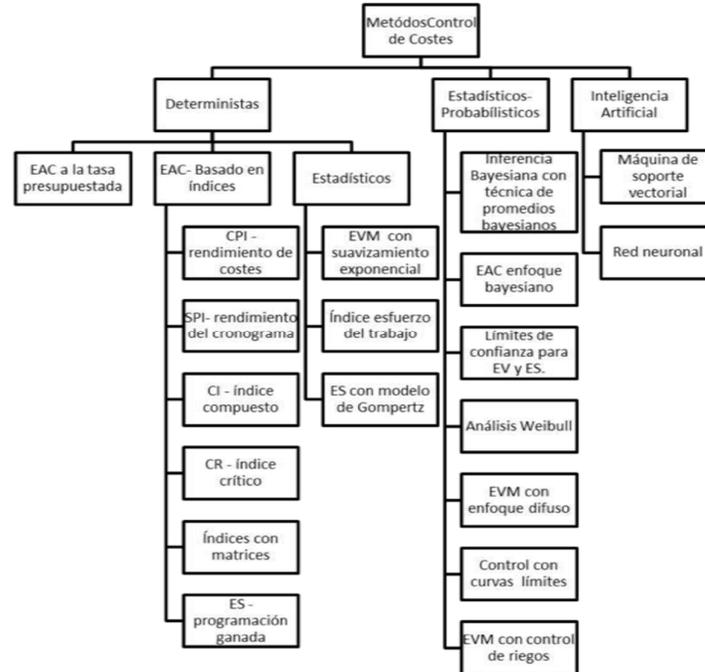
## 2. Métodos de análisis de variación de progreso de los proyectos

Si bien es cierto que, el objetivo de este trabajo es analizar los métodos de control de costes, principalmente el cálculo de EAC, es crucial aclarar que existe una gran interrelación entre varias de las variables de análisis, especialmente entre los cálculos de duración y costo.

En este apartado se detallarán los métodos de mayor relevancia y más investigados en el ámbito del control de proyectos y algunos otros un poco más específicos que abordan nuevos enfoques y técnicas complementarias a las establecidas en la metodología del valor ganado.

Se ha establecido una clasificación de métodos basados en análisis deterministas, estadísticos probabilísticos e inteligencia artificial (Figura 1).

**Figura 1: Clasificación de Métodos de Control de Costes**



Para realizar la selección de los métodos, primero fue necesario recopilar, revisar y analizar información de varios artículos y libros referidos al tema de control de proyectos. Una vez recopiladas las fuentes bibliográficas se debió revisar y filtrar los artículos que tuvieran relación directa con el control de costes en proyectos. Dentro del proceso de revisión de artículos fue fundamental la publicación de Willems & Vanhoucke (2015), debido a que esta realiza una clasificación de los artículos de control de proyectos y valor ganado, por lo que propone un filtro para establecer la importancia de los artículos y una serie de clasificaciones de las distintas publicaciones. En la Tablas 1 se presenta un resumen de las referencias consultadas, así como los métodos que se mencionan en cada una de ellas.

**Tabla 1. Métodos de control en fuentes bibliográficas (parte 1)**

	Análisis Weibull		CR	Curvas límites	Enfoque bayesiano	Enfoque difuso	ES	ES-Gompertz	índices con control de riesgos	Índices con matrices	Índice de relación de esfuerzo	Inferencia Bayesiana	Límites de confianza	Máquinas de soporte vectorial	Redes neuronales	SPI	Suavizamiento exponencial
	CI	CPI															
(Aliverdi, Moslemi & Salehipour, 2013)		X		X		X								X			
(Anbari, 2003)		X	X														X
(Barraza & Bueno, 2007)				X													
(Batselier & Vanhoucke, 2017)	X	X					X									X	X
(Bryde, Unterhitzberger, & Joby, 2018)		X					X					X				X	
(Chao & Chien, 2009)															X		
(Chen, 2008)										X							
(Cheng et al., 2010)		X												X		X	
(Cheng, Tsai, & Liu, 2009)				X	X										X		
(Christensen, 1999)	X	X	X				X									X	
(Christensen, Antolini, & McKinney, 1995)	X	X	X				X									X	
(Cioffi, 2006)		X									X					X	
(De Marco & Narbaev, 2013)		X					X									X	
(Fleming & Koppelman, 2010)	X	X															
(Hazir, 2015)					X		X	X					X				
(Kerkhove & Vanhoucke, 2017)		X				X	X				X					X	
(Kerzner, 2009)		X															
(Lipke, 2005)	X	X	X				X									X	
(Lipke, Zwikael, Henderson, & Anbari, 2009)		X					X						X				
(Naeni, Shadrokh, & Salehipour, 2011)		X				X	X						X			X	
(Narbaev & De Marco, 2014a)		X			X	X	X	X	X				X			X	
(Narbaev & De Marco, 2014b)		X	X	X				X				X				X	
(Pajares & López-Paredes, 2011)		X		X		X	X	X					X			X	
(Pewdum, Rujiranyong, & Sooksatra, 2009)	X	X				X									X		
(PMI, 2005)	X	X	X				X									X	
(Ponz-Tienda, Pellicer & Yepes, 2012)		X				X										X	
(Vandevoorde & Vanhoucke, 2006)	X	X	X				X									X	
(Wauters & Vanhoucke, 2014)							X							X			

Principalmente este estudio se centrará en aquellos métodos o técnicas relacionados con la gestión del valor ganado. Se abarcan desde métodos que sólo utilizan índices obtenidos directamente de los datos del proyecto hasta métodos que integran la incertidumbre, riesgos, datos históricos o experiencia, a través de cálculos estadísticos o matemáticos más complejos.

### **3. Propuesta de integración de métodos de valor ganado en MS Project**

En el mundo de la gestión de proyectos es primordial contar con una herramienta informática que apoye todas las labores relacionadas al inicio, planificación, ejecución, control y cierre de los proyectos. Actualmente en el mercado existen un gran número de herramientas automatizadas para la gestión de proyectos, siendo estas utilizadas principalmente en la planificación, seguimiento y control de los proyectos (Sajad, Sadiq, Naveed, & Iqbal, 2016).

MS Project es un software desarrollado para abordar uno o varios proyectos, ayudando al director y/o al equipo de proyectos en las siguientes tareas (Lledó & Rivarola, 2007). Una de las ventajas más significativas de trabajar con MS Project es el entorno de trabajo, ya que al pertenecer a la familia de programas de Microsoft Office utiliza un interfaz de usuario Fluent Design, incluida en el sistema operativo Windows 10 y en todos los productos Office de Microsoft. Esto permite que el manejo de los menús y herramientas sea más intuitivo y, por lo tanto, de más rápido entendimiento y adaptabilidad para los usuarios.

La selección de métodos de control de costes a implementar en MS Project se debe basar principalmente en la capacidad del programa para introducir las distintas fórmulas y/o la utilidad de los datos de salida del programa para ser aplicado en los métodos.

La clasificación realizada en el apartado 2, donde se determinan tres tipos de métodos estudiados (Deterministas, Estadísticos-Probabilísticos y basados en Inteligencia Artificial), es uno de los factores más relevantes al momento de seleccionar los métodos a implementar. MS Project funciona como herramienta de control de proyectos basado esencialmente en la utilización de datos planificados y de ejecución de recursos, costes y plazos (Viñoles, 2009). Por lo tanto, los datos de salida que suministra se basan en valores reales y planificados, es decir, no considera el azar ni la incertidumbre en el proceso de control. Por esta razón, se deduce que el control de proyectos con MS Project es fundamentalmente un proceso determinista.

Atendiendo a esta última consideración, implementar los métodos basados en datos estadísticos probabilísticos o en inteligencia artificial plantea una mayor complejidad, debido a que implica la utilización de otros programas y/o datos adicionales al uso de MS Project. Por este motivo y debido al alcance de este trabajo, en una primera instancia se estudiará la implementación de aquellos métodos clasificados como deterministas. Asimismo, se deben diferenciar aquellos métodos deterministas que requieren la utilización de otros programas adicionales a MS Project y Excel. Se puede individualizar dentro de esta última categoría solo el método de combinación de programación ganada y el modelo de crecimiento de Gompertz de Narbaev & De Marco (2014b), debido a que este método requiere efectuar una regresión no lineal, procedimiento que resulta complejo y que no es posible realizar con Excel y debe utilizarse un programa estadístico más especializado, como por ejemplo, Minitab.

De lo anteriormente expuesto, finalmente se seleccionan los siguientes métodos a implementar con MS Project:

- Clásico
- CPI

- SPI
- Índice Crítico - CR
- Índice Compuesto - CI
- Programación Ganada - ES
- Cálculo de índices mediante matrices
- EVM con fórmula de suavizamiento exponencial
- Índice de relación de esfuerzo del trabajo restante

Las variables más tradicionales y básicas del EVM vienen incluidos de manera preestablecida dentro del programa, ya sea a través de los campos que se visualizan en las vistas de tablas, en los informes de gráficas o tablas y en los informes visuales para exportar en Excel. En consecuencia, debido a que en la mayoría de los métodos seleccionados se utilizan los valores de EV, AC y PV como base de los cálculos, los campos de EVM disponibles en MS Project sustentarán gran parte de los cálculos requeridos.

#### **4. Caso práctico y resultados**

##### **4.1 Caso de estudio y suposiciones**

El proyecto seleccionado para el desarrollo y análisis de los métodos de control de costos con Project se extrae desde la literatura revisada, en particular se trata de el ejemplo de desarrollo método de las matrices de Chen (2008).

La elección de este caso práctico derivada del análisis de los distintos escenarios de ejemplos de caso práctico. Refiriéndose en particular a la cantidad y tipo de datos que se incluirían para realizar la planificación y, en especial, el seguimiento del proyecto. El ejemplo escogido se describe como un escenario que incluye información de las tareas con duración, recursos y trabajo de recursos con costos de tasas estándar.

Para la aplicación de los diferentes métodos al caso de estudio se tuvieron en consideración los siguientes aspectos:

- Se debe definir puntos de control o fechas de estados donde se analizarán los resultados. Considerando que el proyecto estudiado tiene una duración programada de 16 semanas, se considerará tres puntos de control de estado a las 4, 8 y 12 semanas, es decir, llevado a fechas serían el 26 de julio del 2019, 23 de agosto del 2019 y 20 de septiembre del 2019.
- El procedimiento general para recoger los resultados de cada una de las fechas de estado consiste en; seleccionar la fecha de estado deseada (Proyecto>Fecha de estado) y luego calcular el proyecto (Proyecto>Calcular proyecto) o cambiando que el programe calcule el proyecto después de cada modificación en Archivo>Opciones>Avanzado sección "Cálculo".
- Para el caso de los resultados de pronósticos de costos al finalizar, los resultados a considerar serán aquellos correspondientes a la tarea resumen del proyecto, por lo que no se consideran el detalle de los valores de valor ganada cada tarea en específico. Por otro lado, los valores de los índices y estimaciones a la conclusión tradicionales son calculados en base a los valores acumulados de las variables del valor ganado.

##### **4.2 Resultados**

Considerando los resultados recogidos en la tabla 2, se determina cómo cada uno de los

métodos presentan las variaciones de costo y cómo se podrían interpretar sus alertas respecto al futuro del proyecto:

- Método clásico: Se puede apreciar que los valores de la estimación a la conclusión de los costos, en las tres fechas de control, no presentan importantes variaciones respecto al presupuesto. Esto es debido a que es una estimación optimista de los costos al final del proyecto, ya que considera que no existirán más sobrecostos posteriores y el proyecto se terminará de acuerdo con el rendimiento planificado.
- Método CPI: La primera forma de analizar los resultados es interpretar el valor del rendimiento de costos (*CPI*). Valor que cuando es menor a 1 señala que el proyecto se encuentra con sobrecostos. Sin embargo, como se puede observar en el *EAC (CPI)*, la desviación es leve y los costos al final seguirán siendo cercanos al presupuesto. Gran parte de la eficacia del *EAC* depende en este caso de que las variaciones de las tasas de los recursos se mantengan controladas.
- Método SPI: Este método tiene mejores resultados en proyectos donde los costos dependen en gran parte de la duración de las tareas. En el primer control los valores indican que el proyecto tendrá un sobrecosto importante al final del proyecto, esto es debido a que el valor de *SPI* considera una variación importante debido a que las pocas tareas ejecutadas presentan retrasos tempranamente. Sin embargo, a medida que progresa el proyecto, estos desvíos son proporcionalmente menores respecto al total de las tareas y, por lo tanto, los valores de *EAC (SPI)* se van ajustando más al presupuesto original.
- Método CR: Lo primero que se debe notar es que el índice establece qué costo final del proyecto se verá influenciado por los sobrecostos como los retrasos. En este caso, los valores de *EAC (CR)* en las dos primeras fechas de control indican que el proyecto claramente se está desviando del presupuesto original. Esto es como consecuencia de que en los períodos evaluados existe un leve sobrecoste y un importante retraso de algunas actividades. Por lo tanto, el índice refleja un enfoque conservador de los costos al finalizar.
- Método CI: En relación con los valores de *CI* y *EAC (CI)*, estos evidencian claros desvíos de costos en el proyecto desde una primera fecha de control. La utilización de un índice compuesto permite dar cierto peso a la duración respecto a los costos que se obtendrán al finalizar. Esto permitiría en el caso de este proyecto, colocar cierto énfasis en la duración de las tareas y no solo controlar los costos. Cabe destacar, que a pesar de que las tareas se encuentran en la programación planificada ( $SPI=1$ ), esta estimación sigue proyectando que se continuarán generándose sobrecostos en las tareas restantes. Los valores calculados en este método permiten estar atento a las desviaciones (programación y costo), sin llegar a ser tan conservador en el caso de amplias variaciones de tiempo como se muestra en el primer control.
- Método ES: Al igual que para el método de *SPI* del valor ganado, este método se encuentra dirigido a proyectos donde la programación tiene una importante influencia sobre los costos. Los valores de *EAC (ES)* obtenidos en las fechas de estado donde existen claros retrasos de algunas de las tareas, los pronósticos de costos son mucho mayor al presupuesto inicial. Las dependencias de las tareas no son restrictivas y no existe vinculación de la duración de las tareas con los costos. Los pronósticos se encuentran distantes del costo final del proyecto.
- Método mediante matrices: Permite obtener el *CPI* a través del promedio de los valores de los periodos anteriores, no sólo a través del valor ganado del instante evaluación. Esto se refleja en que los valores de *CPI (matrices)* no tengan mayores variaciones y sigan cierta tendencia. Según los pronósticos obtenidos, el proyecto siempre proyecta con

sobrecostos, esto en virtud de que las variaciones de las tasas de los recursos inciden directamente en el cálculo.

- Método suavizamiento exponencial: Este método utiliza variables de EVM de periodos individuales y no los valores acumulados. Los resultados de las predicciones de costos obtenidos mediante el suavizamiento exponencial demuestran que los constantes sobrecostos afectan directamente a estas predicciones. Los valores calculados para cada uno de los periodos muestran sobrecostos al finalizar, dado que en todos estos períodos existían sobrecostos. Aunque estos valores fueron suavizados mediante un valor beta más cercano a cero (0,3) y, de este modo, los resultados no fueran tan conservadores y no fueran afectados por variaciones puntuales.
- Método índice de relación de esfuerzo: A diferencia de los anteriores, enfoca los resultados solamente a un índice y no a la predicción de costos. Este índice expresa una relación numérica que señala el esfuerzo que se requiere para rectificar sobrecostos y cumplir con el presupuesto planificado. En este caso los índices obtenidos muestran un incremento a medida que la fecha de control se acerca al final del proyecto. Esto tiene su origen en que las variaciones de los costos para este proyecto se encuentran vinculadas con las variaciones de tasas de los recursos. Por lo tanto, su variación se va acumulando en aquellas tareas en las cuales están asignados estos recursos. A partir de la segunda fecha de estado, el índice más alejado del 1, lo que advierte la mayor dificultad de redirigir el proyecto bajo el presupuesto inicial, ya que esto requeriría que los trabajos futuros tuvieran un rendimiento de costos mejor al planificado.

**Tabla 2. Caso práctico - Resultados obtenidos con cada método.**

Método	Indicador	Resultados		
		Pto control 1	Punto control 2	Pto control 3
Clásico	EAC	90.557,40 €	91.703,00 €	92.500,00 €
CPI	CPI	0,99	0,98	0,98
	EAC (CPI)	90.945,91 €	91.949,60 €	92.617,38 €
SPI	SPI	0,90	0,95	1,00
	EAC (SPI)	97.033,78 €	92.489,22 €	92.500,00 €
CR	CR	0,90	0,93	0,98
	EAC (CR)	97.463,57 €	92.749,56 €	92.617,38 €
CI	CI	0,98	0,98	0,98
	EAC (CI)	92.073,94 €	92.054,37 €	92.593,44 €
ES	SPI (ES)	0,94	0,73	0,1
	EAC (ES)	94.300,71 €	96.915,92 €	92.500,00 €
Matrices	CPI (Matrices)	1,00	0,98	0,95
	EAC (Matrices)	90.823,96 €	91.935,59 €	92.577,81 €
Suavizamiento exponencial	EAC (S. Exp)	90.994,51 €	92.056,77 €	92.751,49 €
Índice de relación de esfuerzo		1,01	1,24	1,38

La cantidad de estudios relacionados al control de costes usando el valor ganado es muy extenso y variado. Los métodos abarcan desde únicamente el uso de variables básicas del valor ganado hasta métodos que utilizan la inteligencia artificial para modelar predicciones de

cómo evolucionará un proyecto a partir de datos de ejecución.

En la tabla 3 se realiza un resumen comparativo centrado en las ventajas e inconvenientes que ofrece cada uno de los métodos para su aplicación e integración con MS Project.

**Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de integrar cada método en MS Project**

Método	Ventajas	Inconvenientes
Clásico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil implementación en Project.</li> <li>Resultados se pueden exportar a todos los informes de Project.</li> <li>Rápido implementación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es demasiado optimista en casos que ya se aprecia una tendencia a los sobrecostos.</li> <li>Carece de un índice que relacione las variaciones de costos.</li> </ul>
CPI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Project lo incluye por defecto.</li> <li>Exportable a los informes de Project.</li> <li>El índice permite establecer una relación de los desvíos de los sobrecostos.</li> <li>Altamente utilizado y estudiado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No considera las variaciones en la programación.</li> </ul>
SPI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Útil en proyectos donde la duración de las tareas es relevante respecto a los costos.</li> <li>Índice incluido en Project.</li> <li>Con el campo personalizado EAC se puede exportar mediante los informes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No considera las variaciones en los costos.</li> <li>El índice en la parte final de los proyectos tiende a 1, es decir, la variación tiende a 0.</li> </ul>
CR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Considera las variaciones de programación y costos en el pronóstico.</li> <li>Índice de fácil implementación en Project.</li> <li>Exportable a los informes de Project.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El índice es muy conservador en el caso de sobrecostos y retrasos simultáneos.</li> <li>Por sí solo no permite identificar los problemas de las tareas.</li> </ul>
CI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Considera las variaciones de programación y costos en el pronóstico.</li> <li>Índice fácil de incluir en Project.</li> <li>Exportable a los informes de Project.</li> <li>Inclusión de juicio de experto a través del peso a cada índice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En MS Project se deben incluir valores de entradas de los pesos y el cálculo no es totalmente automático.</li> <li>Los pesos deben ser definidos por expertos.</li> </ul>
ES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Útil en proyectos donde la duración de las tareas es relevante respecto a los costos.</li> <li>La obtención del índice se hace respecto a la programación.</li> <li>Representa la variación de la programación durante todo el proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se puede integrar en Project con campos personalizados.</li> <li>Formulación en Excel requiere definir una serie de fórmulas definidas en función de periodos de control definidos.</li> <li>No considera las variaciones de costos.</li> </ul>
Matrices	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite obtener cálculos índices del valor ganado análogos a los establecidos en MS Project.</li> <li>Aplicación directa con los datos extraídos desde los informes de MS Project.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se puede integrar en Project con campos personalizados.</li> <li>Formulación en Excel requiere manejo de fórmulas matriciales en Excel.</li> <li>No considera la opción de incluir los</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Focalizada en proyectos con variación en los costos unitarios de los recursos.</li> </ul>	costos fijos de las tareas.
Suavizamiento exponencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite definir un peso al rendimiento de costos para el pronóstico de costos.</li> <li>Tiene la posibilidad de distribuir el peso de rendimiento y priorizar el rendimiento de ciertas tareas para realizar los pronósticos (Juicio de expertos).</li> <li>Aplicación directa con los datos de valor ganado de los informes de MS Project.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se puede integrar en Project con campos personalizados.</li> <li>No permite integrar las variaciones de programación y costo en un solo índice.</li> </ul>
Índice de relación de esfuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Índice de fácil implementación en Project.</li> <li>Exportable a los informes de Project.</li> <li>Índice entrega una relación numérica al esfuerzo a invertir en el desempeño para cumplir con el presupuesto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En Project se deben incluir valores de entradas y el cálculo no es totalmente automático.</li> <li>No permite integrar las variaciones de programación y costo en un solo índice.</li> </ul>

## 5. Conclusiones

Como se evidenció en este trabajo la cantidad de estudios relacionados al control de costes usando el valor ganado es muy extenso y variado. Los métodos abarcan desde únicamente el uso de variables básicas del valor ganado hasta métodos que utilizan la inteligencia artificial para modelar predicciones de cómo evolucionará un proyecto a partir de datos de ejecución. No obstante, estos métodos no han logrado expandirse o masificarse en su uso, una muestra de esto es que el PMBoK no incluye ninguna referencia a estas extensiones, más allá de las estimaciones a la conclusión basado en el rendimiento presupuestado, en el CPI y en el índice crítico. Por lo que es necesario incluir nuevas alternativas o herramientas de predicción de costes que engloben otras variables como lo son los riesgos, el juicio de expertos, el how-know, las lecciones aprendidas, entre otras, y con ello proporcionar enfoques más generales y adecuados para una mayor cantidad de tipos de proyectos.

Sobre la base de las comparaciones expuestas, determinar si un método es mejor que otro depende en gran medida del tipo y tamaño del proyecto ejecutado. Sin embargo, se puede señalar que los métodos del valor ganado permiten una rápida y correcta visión de cómo afectarán los desvíos actuales en el futuro del proyecto. Paralelamente si se desea tener un resultado o pronóstico más exacto y confiable, que a su vez asegure que las acciones correctivas tengan mayor certeza de eficacia, es indudable que se debe recurrir a técnicas que incluyan otros datos, más allá de los meramente deterministas del valor ganado.

El uso de programas informáticos de gestión es una práctica totalmente arraigada en el ejercicio de la dirección y gestión de proyectos. Sin embargo, el uso de éstos generalmente va asociado a las tareas de planificar, recopilar y mostrar datos de avance. Consecuentemente, el proceso de controlar los proyectos con programas de gestión no se aborda desde otra perspectiva que no sea la de visualizar datos.

En el caso de MS Project, además de los datos de progreso incorpora las variables de EVM, incluidos los índices de rendimiento tradicionales (CPI y SPI) y un pronóstico de costes (CEF) basado en el CPI. Aun cuando la inclusión de EVM dentro del programa proporciona una ventaja al momento de controlar los proyectos, la singularidad de acotar los cálculos a sólo los índices de rendimiento de costes e índice de rendimiento del cronograma limita el campo

de aplicación del control de proyectos. Una de las variables que debería ser indispensable incluir a corto plazo en el programa MS Project es la variable programación ganada (ES), ya que, como se ha afirmado en varios estudios (Lipke, 2003; Lipke et al., 2009; Martens & Vanhoucke, 2017; Narbaev & De Marco, 2014<sup>a</sup>; entre otros), ésta refleja de forma más confiable el rendimiento de la programación del proyecto. Por ello, en los últimos años, las nuevas técnicas de control de proyectos recomiendan el uso de SPI basado en ES para la determinación de sus fórmulas.

En este trabajo se ha podido demostrar que es posible incorporar, en MS Project, gran parte de los métodos basados en índices mediante el uso de la herramienta de campo personalizado. El manejo responde a una forma simple de agregar estos valores en todas aquellas vistas que ofrecen el programa, inclusive en la creación de informes. En contraposición, esta simplicidad de utilización de los campos personalizados repercute en limitación de uso de fórmulas, puesto que las fórmulas sólo se presentan en función de cada tarea o recurso, impidiendo realizar cálculo que involucren relaciones entre tareas o recursos distintos, incluso no permiten establecer relaciones de tiempo o programación.

Otra de las ventajas que deriva de la utilización de MS Project como herramienta de control de costes es la vinculación directa y completa integración con Excel. La combinación de ambos programas brinda mayor diversidad, por ende, libertad a la hora de escoger un método de control que se adapte de mejor manera al proyecto específico que se esté gestionando.

Con todo ello, cabe resaltar que el objetivo planteado al inicio del trabajo de investigar, analizar y comparar las distintas alternativas de cálculo del costo estimado a la conclusión de acuerdo con la gestión del valor ganado se ha alcanzado con éxito.

## 6. Referencias

- Aliverdi, R., Moslemi, L. & Salehipour, A. (2013). Monitoring project duration and cost in a construction project by applying statistical quality control charts. *International Journal of Project Management*, 31, 411-423. doi:10.1016/j.ijproman.2012.08.005
- Anbari, F. T. (2003). Earned value project management method and extensions. *IEEE Engineering Management Review*, 32, 97–110. doi:10.1109/EMR.2004.25113
- Barraza, G. A., & Bueno, R. A. (2007). Probabilistic control of project performance using control limit curves. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(12), 957-965. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2007)133:12(957)
- Batselier, J., & Vanhoucke, M. (2017). Improving project forecast accuracy by integrating earned value management with exponential smoothing and reference class forecasting. *International Journal of Project Management*, 35(1), 28-43. doi:10.1016/j.ijproman.2016.10.003
- Bryde, D., Unterhitzenberger, C. & Joby, R. (2018). Conditions of success for earned value analysis in projects. *International Journal of Project Management*, 36 (3), 474-484.
- Capterra. (2018). *Los 20 más populares software de gestión proyectos*. Obtenido el 28 de junio de 2018, desde: <https://www.capterra.es/directory/30002/project-management/software#most-popularinfographic>
- Chao, L.-C., & Chien, C.-F. (2009). Estimating project S-curves using polynomial function and neural networks. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(3), 169-

177. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135
- Chen, P. H. (2008). Integration of cost and schedule using extensive matrix method and spreadsheets. *Automation in Construction*, 18(1), 32-41. doi:10.1016/j.autcon.2008.04.009
- Cheng, M. Y., Peng, H. S., Wu, Y. W., & Chen, T. L. (2010). Estimate at completion for construction projects using evolutionary support vector machine inference model. *Automation in Construction*, 19, 619-629. doi:10.1016/j.autcon.2010.02.008
- Cheng, M. Y., Tsai, H. C., & Liu, C. L. (2009). Artificial intelligence approaches to achieve strategic control over project cash flows. *Automation in Construction*, 18(4), 386-393. doi:10.1016/j.autcon.2008.10.005
- Christensen, D. S. (1999). Value cost management report to evaluate the contractor's estimate. *Acquisition Review Quarterly*, (Summer), 283-296. Obtenido de [http://www.dau.mil/pubscats/PubsCats/AR\\_Journal/arq99/chrisevm.pdf](http://www.dau.mil/pubscats/PubsCats/AR_Journal/arq99/chrisevm.pdf)
- Christensen, D. S., Antolini, R. C., & McKinney, J. W. (1995). A review of estimate at completion research. *The Journal of Cost Analysis And Management*, 12(1), 41-62. doi:10.1080/08823871.1995.10462292
- Cioffi, D. F. (2006). Completing projects according to plans: An earned-value improvement index. *Journal of the Operational Research Society*, 57(3), 290-295. doi:10.1057/palgrave.jors.2602007
- De Marco, A., & Narbaev, T. (2013). Earned value-based performance monitoring of facility construction projects. *Journal of Facilities Management*, 11(1), 69-80. doi:10.1108/14725961311301475
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2010). *Earned value: Project management*. Obtenido de <https://www.pmi.org>
- Hazir, Ö. (2015). A review of analytical models, approaches and decision support tools in project monitoring and control. *International Journal of Project Management*, 33(4), 808–815. doi:10.1016/j.ijproman.2014.09.005
- Kerkhove, L. P., & Vanhoucke, M. (2017). Extensions of Earned Value Management : Using the Earned Incentive Metric to Improve Signal Quality. *International Journal of Project Management*, 35 (2), 148-168.
- Kerzner, H. (2009). *Project Management, A systems approach to planning, scheduling and control*. (tenth). Wiley.
- Lipke, W. (2005). Connecting earned value to the schedule. *CrossTalk*, 18(6), 1-16.
- Lipke, W., Zwikael, O., Henderson, K., & Anbari, F. (2009). Prediction of project outcome. The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes. *International Journal of Project Management*, 27(4), 400-407. doi:10.1016/j.ijproman.2008.02.009
- Lledó, P., & Rivarola, G. (2007). *Gestión de Proyectos - Como dirigir proyectos exitosos, coordinar los recursos humanos y administrar los riesgos*. Obtenido de [http://www.cdi.gob.mx/jovenes/data/gestion\\_de\\_proyectos.pdf](http://www.cdi.gob.mx/jovenes/data/gestion_de_proyectos.pdf)
- Naeni, L. M., Shadrokh, S., & Salehipour, A. (2011). A fuzzy approach for the earned value management. *International Journal of Project Management*, 29(6), 764-772. doi:10.1016/j.ijproman.2010.07.012
- Narbaev, T., & De Marco, A. (2014a). An earned schedule-based regression model to improve cost estimate at completion. *International Journal of Project Management*, 32(6), 1007-

1018. doi:10.1016/j.ijproman.2013.12.005

- Narbaev, T., & De Marco, A. (2014b). Combination of growth model and earned schedule to forecast project cost at completion. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(1). doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000783
- Pajares, J., & López-Paredes, A. (2011). An extension of the EVM analysis for project monitoring: The cost control index and the schedule control index. *International Journal of Project Management*, 29(5), 615-621. doi:10.1016/j.ijproman.2010.04.005
- Pewdum, W., Rujirayanyong, T., & Sooksatra, V. (2009). Forecasting final budget and duration of highway construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 16(6), 544-557. doi:10.1108/09699980911002566
- PMI. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Ponz-Tienda, J. L., Pellicer, E., Yepes, V. (2012). Complete fuzzy scheduling and fuzzy earned value management in construction projects. *Journal of Zhejiang University Science A.*, 13(1), 56-68. doi:10.1631/jzus.A1100160
- Sajad, M., Sadiq, M., Naveed, K., & Iqbal, M. (2016). Software project management: Tools assessment, Comparison and suggestions for future development. *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, 16(1), 31-42.
- Viñoles, R. (2009). *Programación y Control de Proyectos con Microsoft Project*. Valencia: UPV Editorial.
- Vandevoorde, S., & Vanhoucke, M. (2006). A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management*, 24(4), 289-302. doi:10.1016/j.ijproman.2005.10.004
- Wauters, M., & Vanhoucke, M. (2014). Support vector machine regression for project control forecasting. *Automation in Construction*, 47, 92-106. doi:10.1016/j.autcon.2014.07.014
- Willems, L. L., & Vanhoucke, M. (2015). Classification of articles and journals on project control and earned value management. *International Journal of Project Management*, 33, 1610-1634. doi:10.1016/j.ijproman.2015.06.003

### Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

