

A PROJECT MONITORING AND CONTROL SYSTEM USING EVM AND MONTE CARLO SIMULATION

Acebes Senovilla, Fernando; Pajares Gutiérrez, Javier; Galán Ordax, José Manuel;
López Paredes, Adolfo

INSISOC – Universidad de Valladolid

Earned Value Management (EVM) tells the project manager whether the project has overruns (costs, delays) or it is running better than planned. But taking into account uncertainty, the methodology does not specify whether the deviation from planned values is within the possible deviations derived from the expected variability of the project.

In this paper, we propose an extreme different approach for monitoring and control projects under uncertainty. We use Monte Carlo simulation to obtain the “universe” of possible project runs and we define new and innovative graphs.

When the project is running, we represent within these graphs where the project is, so that we can know whether project cost or duration is under control at any time, for a given level of confidence.

Keywords: *Earned Value Management; Project Control; Uncertainty Management; Monte Carlo Simulation*

MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS UTILIZANDO METODOLOGÍA DE VALOR GANADO Y SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

La Metodología del Valor Ganado permite al Director de Proyecto identificar desviaciones en la ejecución del proyecto (costos, retrasos) respecto de su planificación, o conocer si se está ejecutando mejor que lo previsto. Teniendo en cuenta la incertidumbre de las actividades, la metodología no especifica si la desviación respecto de los valores previstos está dentro de las posibles desviaciones que se deriva de la variabilidad esperada del proyecto.

En este artículo, proponemos un novedoso y diferente enfoque para monitorizar y controlar proyectos bajo incertidumbre. Utilizamos simulación de Monte Carlo para obtener el “universo” de posibles ejecuciones de proyectos y con ello, definimos unos innovadores gráficos de control.

Durante la ejecución del proyecto, representamos en estos gráficos la evolución del mismo, así podremos saber si el coste del proyecto o la duración del mismo está bajo control en cualquier momento, para un determinado nivel de confianza

Palabras clave: *Metodología del Valor Ganado; Control de Proyectos; Gestión de la Incertidumbre; Simulación de Monte Carlo*

1. Introducción

Monitorizar y controlar el proyecto es el proceso de dar seguimiento, revisar e informar del avance del proyecto a fin de cumplir los objetivos de desempeño definidos en la etapa de planificación (Project Management Institute 2013).

Esta tarea, que se realiza a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, permite a los Directores de Proyecto revisar las medidas adoptadas y establecer proyecciones de futuro en cuanto a alcance, plazos y costes.

Una vez identificadas las áreas que requieren una atención especial, se adoptarán las acciones preventivas o correctivas que se estimen necesarias para resolver los problemas.

Un sistema efectivo de seguimiento y control debe definir claramente las estrategias de monitorización (cuándo y cómo monitorizar) y las estrategias de intervención (cuándo y cómo intervenir). La variable más decisiva para concretar estas estrategias es la frecuencia y la cantidad de actividades de seguimiento y control (Hazir & Schmidt 2013).

Tradicionalmente se ha utilizado la metodología del Valor Ganado para realizar el seguimiento de los proyectos, en programación y costes. Esta metodología tiene sentido bajo la hipótesis de entorno determinista, con información completa de las actividades. Sin embargo, durante la ejecución del proyecto, la incertidumbre y la variabilidad son hechos comunes en todas las actividades reales de los proyectos (Pajares & López-Paredes 2011).

La incertidumbre (para plazo y coste) es un aspecto importante en proyectos complejos. Existe incertidumbre procedente de la tecnología, productividad, recursos humanos, condiciones económicas y otros riesgos y eventos (Khodakarami & Abdi 2014).

Ward & Chapman (2003) establecen distintas áreas donde pueden aparecer incertidumbres en el ciclo de vida del proyecto. Jaafari (2006) redacta un listado de posibles incertidumbres que pueden aparecer en los proyectos de envergadura.

En general, la incertidumbre ocurre por distintas razones, que puede ser por realizar proyectos únicos (sin experiencia), por la variabilidad existente en la medida de costes, plazo y calidad, o por la ambigüedad del proyecto, por falta de claridad, de datos,... (Khodakarami & Abdi 2014).

Es por esto que, recientemente, varios autores comienzan a tener en cuenta la incertidumbre de las actividades para realizar el seguimiento y control de proyectos (véase Hazir & Shtub (2011), Pajares & López-Paredes (2011), Vanhoucke (2012), Aliverdi et al. (2013), Acebes et al. (2013) y Acebes et al. (2014)).

El objetivo del presente artículo es realizar el seguimiento y control de un proyecto modelo utilizando la metodología EVM y compararlo con dos metodologías que incorporan incertidumbre en las actividades, para exponer las ventajas e inconvenientes de cada una de las metodologías mostradas.

Para ello representamos las gráficas de control que ofrece cada metodología, realizamos una comparación entre ellas y comprobamos cuál de ellas puede ser la más útil para que el Director de Proyecto pueda realizar el seguimiento y control de su proyecto de manera eficaz.

Las metodologías a comparar frente a EVM son las propuestas por Pajares & López-Paredes (2011) y la propuesta por Acebes et al. (2014).

El resto del artículo se estructura como sigue: en el apartado 2 se exponen las metodologías de seguimiento y control de proyectos; en el apartado 3 se muestra el modelo de proyecto y los estados planificado y real con el que realizamos la simulación. También se exponen los

resultados gráficos de cada análisis comparativo. Finalmente, en el capítulo 4 se exponen las conclusiones extraídas del análisis.

2. Seguimiento y control de proyectos

2.1 Metodología del Valor Ganado (EVM)

EVM es una metodología para el seguimiento y control de proyectos que utiliza unidades monetarias como base común para la medida del progreso del proyecto. Integra en una misma representación gráfica el control del plazo y del coste del proyecto.

Se basa en tres parámetros fundamentales: BCWS (Budget Cost of Work Schedule) coste presupuestado del trabajo planificado, también llamado PV (Planned Value), ACWP (Actual Cost of Work Performed) coste actual del trabajo ejecutado, también llamado AC (Coste Actual) y BCWP (Budget Cost of Work Performed) coste planificado del trabajo ejecutado, también llamado EV (Earned Value).

Las referencias bibliográficas sobre esta metodología son muy amplias, resaltando especialmente los trabajos de Anbari (2003), Fleming & Koppelman (1998), Project Management Institute (2005), Cioffi (2005).

Lipke (2003) y Lipke (2004) desarrolla el concepto de Programación Ganada (ES – Earned Schedule). ES se corresponde con la fecha en la que el Valor Ganado en el tiempo actual debería haberse logrado. Con este concepto se resuelve el problema que aparece en los momentos finales del proyecto, donde EV tiende a igualarse siempre a la curva PV. Esta situación conduce a que los indicadores de programación de la metodología EVM no ofrecen unos resultados completamente ciertos.

Pero la aplicación práctica de la metodología EVM también tiene otras limitaciones (Kutsch & Hall 2005): no se diferencian las actividades críticas y no críticas, se asume que las actividades son independientes, no se tienen en cuenta aspectos del comportamiento de gestión ni del equipo de proyecto, ni siquiera de la morfología de la red.

Sin duda, otro de los inconvenientes de esta metodología es que no incluye la gestión de los riesgos ni la incertidumbre de las actividades.

2.2 Schedule Control Index (SCol) / Cost Control Index (CCol)

Pajares & López-Paredes (2011) desarrollaron una metodología para el seguimiento y control de proyectos integrando la gestión de riesgos junto con la EVM.

No sólo se trata de saber si el proyecto se atrasa o se adelanta (existen sobre costes o infra costes) con respecto a la planificación inicial sino de saber si ese adelanto o retraso (sobre coste o infra coste) se encuentra dentro del rango de variabilidad esperado por el Director de Proyecto.

Los autores utilizan simulación de Monte Carlo para obtener los parámetros estadísticos de las funciones de distribución a la salida del proyecto. Se decide el nivel de confianza con el que se quiere controlar el proyecto y se obtiene el margen de confianza final del proyecto, tanto para plazo como para coste.

Como el Director de Proyecto necesita controlar el proyecto en cada periodo de seguimiento y no debe esperar a la finalización del mismo para saber la evolución del proyecto, los autores ponderan el “buffer” o margen de confianza a la finalización del proyecto en cada periodo de ejecución.

Para ello definen la Línea Base de Riesgos como la evolución del Riesgo del Proyecto a lo largo del ciclo de vida del mismo. La ponderación del buffer final a cada periodo de tiempo se realizará en función del riesgo eliminado entre cada periodo de tiempo consecutivo.

Finalmente, integrando los parámetros extraídos de la metodología EVM y utilizando el dato del buffer ponderado en cada periodo de tiempo, los autores definen dos nuevos indicadores de control: SCol (para el plazo) y CCol (para el coste).

Acebes et al. (2013) completa el trabajo anterior proporcionando un entorno gráfico de control donde incorporar los indicadores SCol y CCol.

En función de los valores que tomen los indicadores dentro del entorno gráfico de control, se determina intuitiva y visualmente el estado de realización del proyecto, pudiendo presentar para cada periodo de tiempo de control los siguientes posibles estados: proyecto ejecutado según la planificación inicial (en plazo y/o coste), proyecto en adelanto (infra coste) dentro de los márgenes de variabilidad esperados, adelanto (infra coste) por encima de la variabilidad esperada, retraso (sobre coste) dentro de los márgenes esperados de variabilidad y, por último, retraso (sobre coste) mayor del esperado según la variabilidad aportada por las actividades.

2.3 Triad (% , t, coste)

Acebes et al. (2014) utilizan Simulación de Monte Carlo para determinar todas las posibles ejecuciones de proyectos y obtener con ello los parámetros estadísticos de las funciones de distribución de plazo y coste en cada porcentaje de ejecución del proyecto, medido en términos de coste.

La terna (% , t, c) obtenida se proyecta en dos gráficas de control, de tiempo (t,%) y de coste (% ,c) y será en estas dos gráficas donde se realizará el seguimiento y control del proyecto, representando en cada una de ellas la evolución del proyecto real en plazo y coste, en función siempre del % de ejecución del proyecto.

La representación del proyecto actual se compara con los diferentes percentiles obtenidos para el modelo de proyecto, según la variabilidad prevista del conjunto de actividades, de tal manera que se puede deducir fácilmente en qué rango de variabilidad se ejecuta el proyecto y, dependiendo del margen de confianza fijado por el Director de Proyecto, se podrá determinar si se debe actuar sobre el proyecto, o si el comportamiento es acorde con la variabilidad esperada de las actividades que lo componen.

Esta metodología nos ofrece además dos gráficas complementarias para el control del proyecto, una para coste y otra para plazo. Su construcción se basa en la comparación de cada una de las curvas de los percentiles de probabilidad con respecto a la curva de valor planificado (PV), representando esa diferencia, en función del % de ejecución en coste del proyecto.

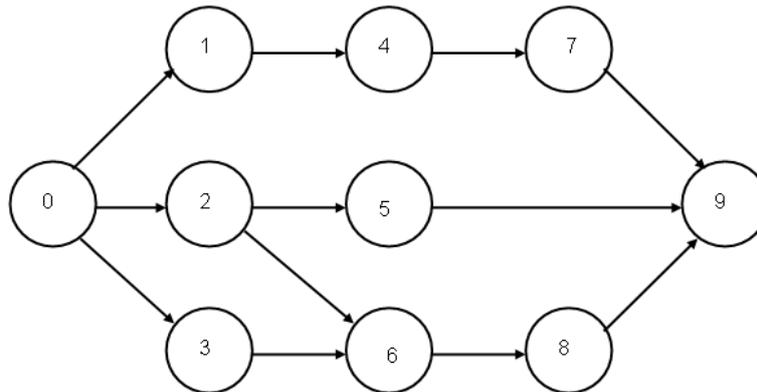
Así obtendremos que la curva del valor planificado coincidirá con el eje de abscisas y el resto de curvas resultará de la comparación con respecto a la primera.

Cuando incorporamos la representación real del proyecto en ejecución para su seguimiento y control, podremos obtener gráficamente el avance o retraso (infra coste o sobre coste) en valor absoluto del proyecto en ejecución con respecto a la curva de valor planificado así como con respecto al resto de curvas percentiles de probabilidad. Se puede deducir en qué rango de probabilidad se encuentra el proyecto ejecutado y, conforme al margen de confianza prefijado por el Director de Proyecto, se sabrá si debe o no actuar sobre el proyecto.

3. Caso de Estudio

Para realizar la comparación entre las distintas metodologías de seguimiento y control de proyectos y poder representar las gráficas resultantes de cada una de ellas, utilizaremos el modelo de proyecto representado mediante la red AON en la figura 1. Esta red de proyecto fue utilizado por Lambrechts et al. (2008) en sus trabajos de investigación.

Figura 1: Red AON del modelo de Proyecto



La red utilizada es simple pero a la vez ofrece la suficiente complejidad para poder obtener los resultados que pretendemos mostrar. Dispone de tres caminos paralelos, dos de ellos conectados a través de una actividad.

La duración de las actividades ha sido modelada como función de distribución de probabilidad normal, según los parámetros que figuran en la tabla 1. (Hemos elegido función de distribución de probabilidad normal para modelizar la duración de las actividades por facilidad en su uso pero podría haber sido elegida cualquier otro tipo de distribución, según el comportamiento que siga la actividad, por ejemplo beta, triangular, uniforme,... Iguualmente, se han considerado actividades independientes pero podrían haber sido programadas correlaciones entre las actividades del proyecto).

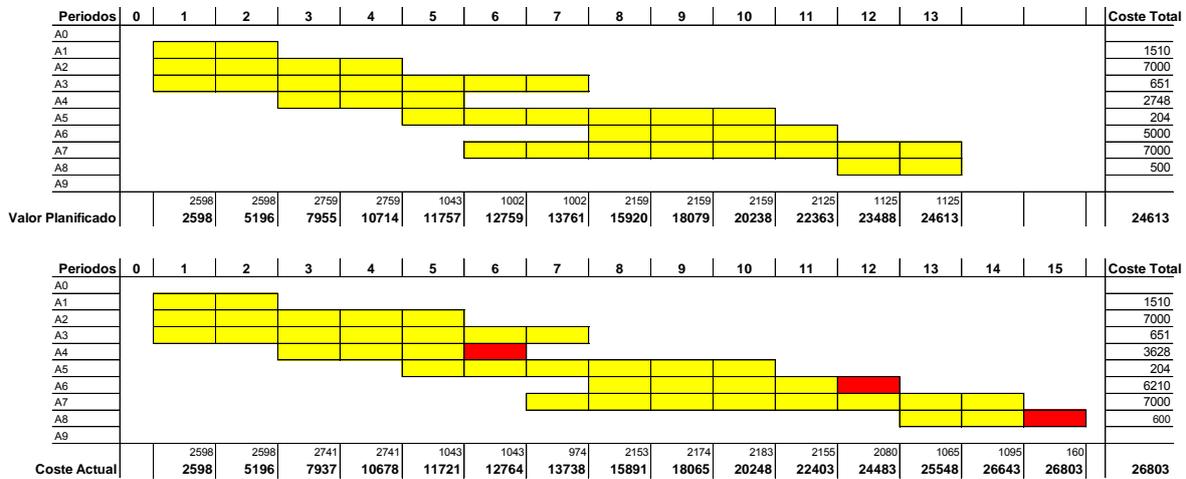
Tabla 1: Duración de las actividades modeladas con distribución normal. Coste variable en función de la duración

Id Actividad	Planificación			Ejecución Real	
	Duración	Varianza	Coste Total	Duración	Coste Total
A1	2	0,15	1510	2	1510
A2	4	0,83	7000	4	7000
A3	7	1,35	651	7	651
A4	3	0,56	2748	4	3628
A5	6	1,72	204	6	204
A6	4	0,28	5000	5	6210
A7	8	2,82	7000	8	7000
A8	2	0,14	500	3	600

En la tabla 1 hemos incluido las actividades planificadas, con la duración media estimada y el coste previsto en fase de planificación. Además hemos incluido en la misma tabla un caso hipotético de proyecto ejecutado, especificando la duración real de cada una de las

actividades para dicha ejecución de proyecto. El coste real asociado a cada actividad se obtiene directamente una vez se conoce la duración de la actividad.

Figura 2: Diagrama de Gantt de Proyecto Planificado y Proyecto Ejecutado



En Figura 2 se muestra el diagrama de Gantt del Coste planificado del proyecto y del Coste Actual. En este último caso resaltamos aquellas actividades que han alargado su duración.

3.1 Metodología del Valor Ganado (EVM)

Con los datos del proyecto planificado y con los datos del proyecto ejecutado que hemos utilizado en este caso de estudio, aplicamos metodología EVM y representamos en la Figura 3 el gráfico de Valor Ganado, en la Figura 4 el gráfico de Varianzas de Coste y de Programación y en la Figura 5 la Programación Ganada (ES).

En la figura 4 se observa como la varianza en programación (SV) tiende a 0 en los periodos finales de ejecución del proyecto. Con el desarrollo de la programación ganada se soluciona este problema. En la Figura 5 representamos la varianza en Programación Ganada $ESV(t)$; este último gráfico nos proporciona valores absolutos de tiempo de retraso o de adelanto del proyecto. En nuestro caso, se observa que el proyecto finaliza con 2 periodos de retraso respecto de su planificación.

Figura 3: Gráfico Valor Ganado

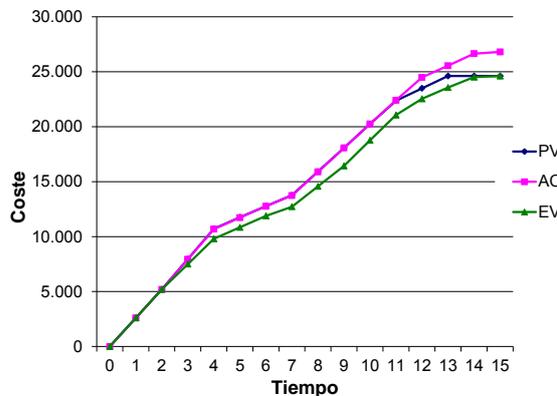


Figura 4: Gráfico Varianzas Coste y Programación

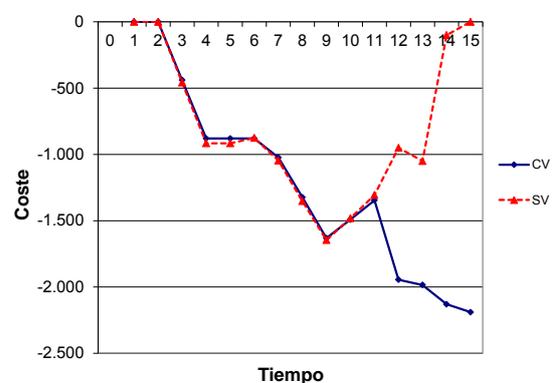
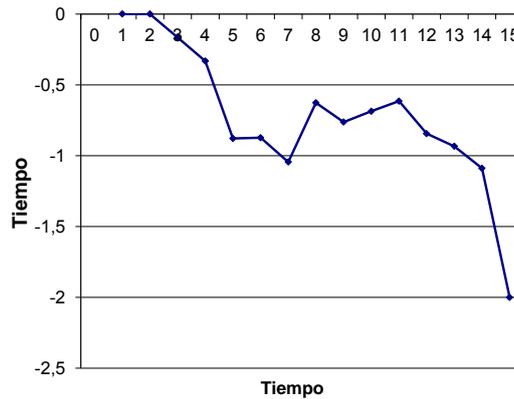


Figura 5: ESV(t)



A pesar de obtener el resultado del retraso del proyecto en cada periodo de tiempo, EVM no incorpora incertidumbre por lo que no sabemos si el retraso obtenido es mucho o poco, ni si está dentro del retraso que podríamos esperar debido a la incertidumbre de las actividades. No podemos fijar un margen de tolerancia o buffer de control en el proyecto a la hora de realizar el seguimiento.

3.2 Schedule Control Index (SCol) / Cost Control Index (CCol)

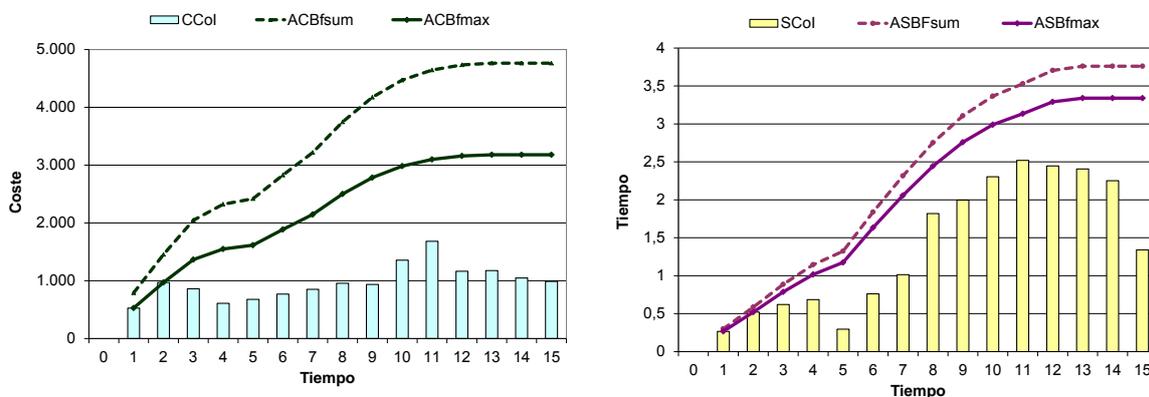
Para aplicar esta metodología se tiene en cuenta la incertidumbre de las actividades.

Elegimos como margen de confianza del proyecto los percentiles 90% y 10%, tanto en costes como en programación.

Representamos en la Figura 6 el índice de control de costes, CCol, y el índice de control SCol, para programación.

En las dos figuras observamos cómo los índices de costes CCol y de programación SCol se encuentran situados entre el eje de abscisas y la gráfica de ACBf y ASBf respectivamente. Esto significa que el proyecto tiene sobre coste y se está ejecutando con retraso, respectivamente, pero dentro del margen de confianza (90%) que fijó el Director de Proyecto en fase de planificación.

Figura 6: Índice de control de costes CCol y de programación SCol



A pesar de que el proyecto se ejecuta con dos periodos de retraso respecto de lo planificado (15 periodos de ejecución frente a los 13 previstos), este retraso está dentro de lo que

podiera esperarse debido a la incertidumbre que aportan las actividades al proyecto, al ser el índice de control, en ambos casos, menor que el ACBf y ASBf respectivamente.

En este caso de estudio se ha elegido como margen de confianza o buffer de control el margen entre el 10% y el 90% (para costes y para programación). Si el Director quisiera ser más riguroso y ejercer un control más preciso sobre el proyecto y decidiese elegir unos márgenes más estrechos (por ejemplo 25% y 75%), deberíamos rehacer los cálculos de nuestro gráfico de control y de los índices, obteniendo unas nuevas curvas de control (ACBf y SCBf) y unos nuevos índices (CCol y SCol).

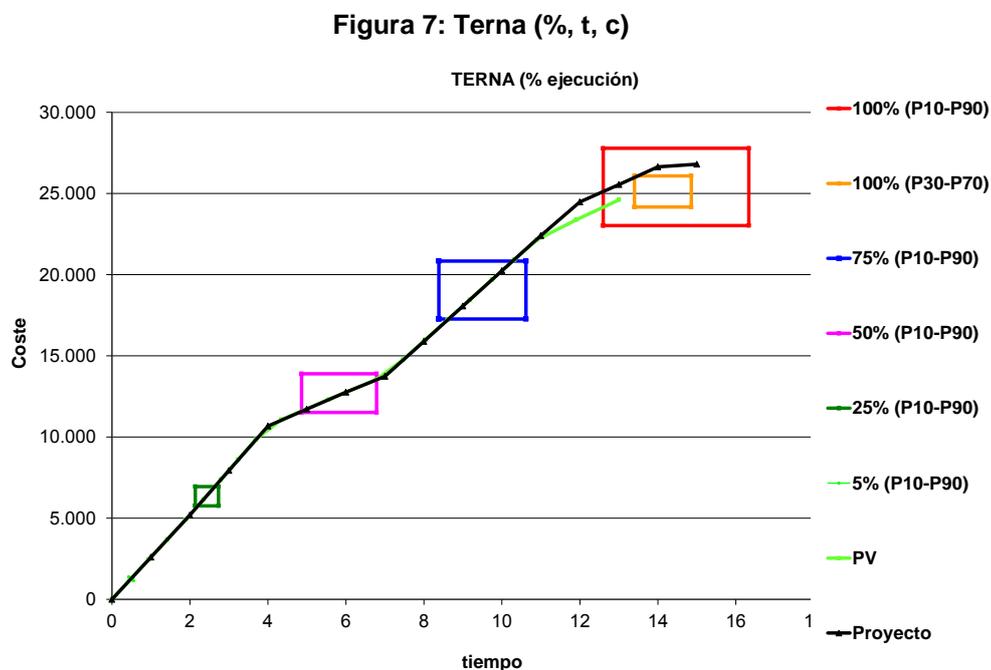
En este caso, esta metodología nos ofrece la posibilidad de controlar el proyecto en un entorno con incertidumbre. Una vez fijado el buffer de control, podemos realizar el seguimiento del proyecto en cada periodo de tiempo, observando su evolución.

No obstante, esta metodología debe ir acompañada de la metodología EVM, tanto para realizar el cálculo de los índices, como para saber el valor absoluto del adelanto/retraso (infra coste/sobrecoste) del proyecto, ya que los índices SCol/CCol por sí solos no nos proporcionan esos datos absolutos y necesitamos la representación de las gráficas CV y SV(t) para obtenerlos.

3.3 Triad (% , t, coste)

Esta metodología también tiene en cuenta la incertidumbre de las actividades.

Aplicamos Simulación de Monte Carlo y obtenemos los estadísticos de coste y programación de todos los posibles proyectos en cada porcentaje de ejecución del proyecto medido en costes. En la Figura 7 representamos la terna (% , t, c) con los datos extraídos de la simulación de Monte Carlo. Las gráficas se representan en fase de planificación y después, durante la ejecución, se representará la curva correspondiente a la ejecución del proyecto para realizar el seguimiento y control del mismo.



En la Figura 8 representamos la gráfica (% , coste). Proyectamos para cada % de ejecución del proyecto el coste correspondiente; en fase de planificación los costes de los percentiles y de valor planificado, y durante la ejecución del proyecto el coste de ejecución del mismo.

La linealidad que se aprecia en la gráfica del coste de debe a la proporcionalidad existente entre la duración de la actividad y el coste de la misma.

Figura 8: Proyección (% , coste)

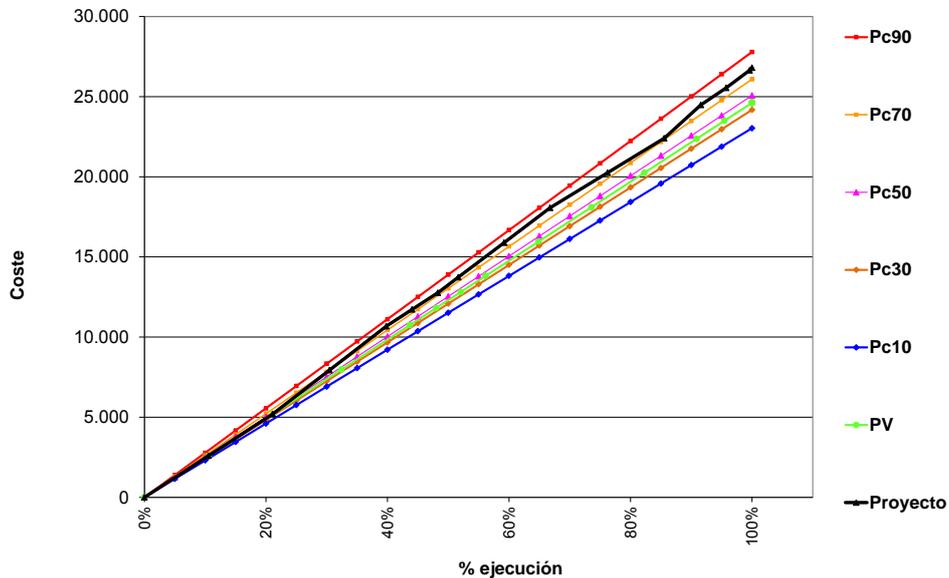
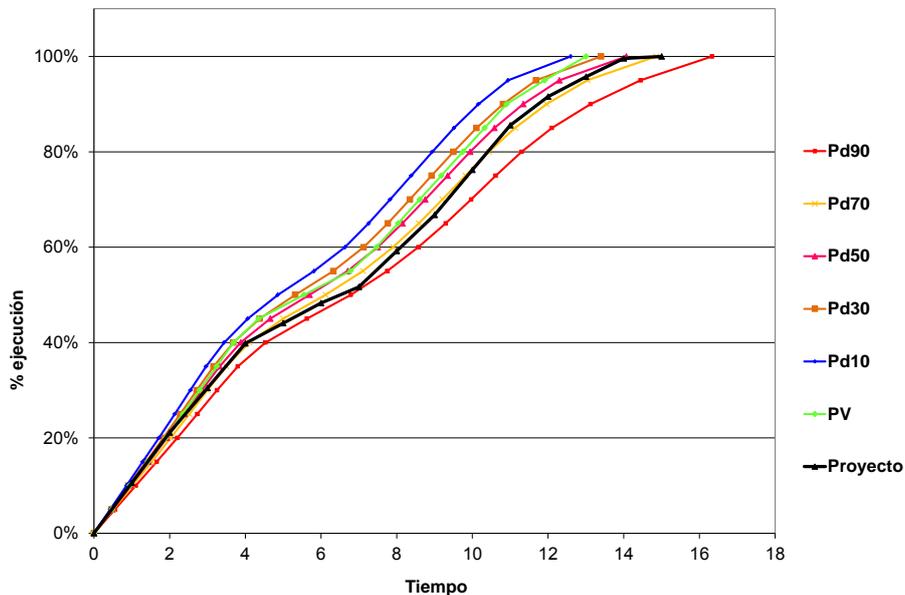


Figura 9: Proyección (t, %)



Lo mismo hacemos para la programación en la Figura 9. En este caso la gráfica resultante (t, %) se obtiene proyectando para cada % de ejecución del proyecto, el tiempo correspondiente.

Con esta metodología obtenemos, en fase de planificación las curvas correspondientes a los percentiles de ejecución del proyecto, dependiendo de la incertidumbre de cada actividad.

Cuando representamos el proyecto real, observaremos en todo momento sobre que percentil se encuentra la ejecución del mismo, tanto para costes como para programación. Al estar representados todos los percentiles, podremos saber si nuestro proyecto ha sobrepasado el percentil prefijado inicialmente por el Director de Proyecto o incluso si el

proyecto, aun encontrándose en zona de ejecución prevista según la incertidumbre de las actividades, pudiera acercarse peligrosamente a zona de riesgo y le permita al Director de Proyecto estar alerta para poder adoptar medidas correctivas. También nos permite cambiar el rigor de control por parte del Director de Proyecto durante la ejecución del proyecto ya que tenemos representado todos los posibles percentiles.

Por otra parte, en las gráficas de tiempo y coste, los valores representados son absolutos, por lo que podemos determinar el adelanto/retraso y el infra coste/sobrecoste existente entre el proyecto en ejecución respecto de cualquiera de las restantes curvas.

3.3.1 Diferencia respecto al valor planificado

En la Figura 10 representamos la diferencia existente entre la curva del valor planificado (PV) de programación con respecto al resto de curvas percentiles (TSV). Incorporamos la curva del proyecto en ejecución, en este caso, la diferencia del proyecto ejecutado con respecto a PV.

Figura 10: Gráfico TSV. Comparación con curva SV(t)

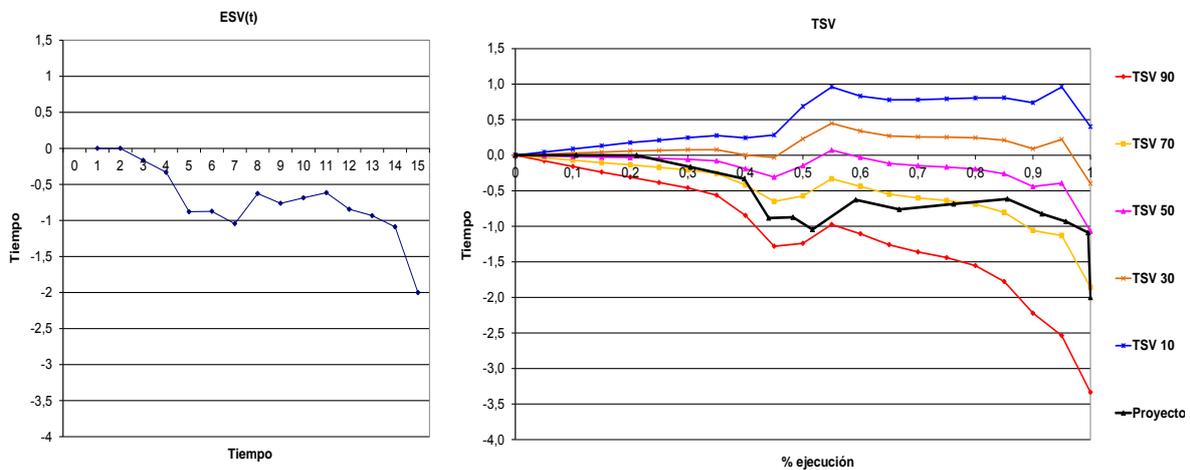
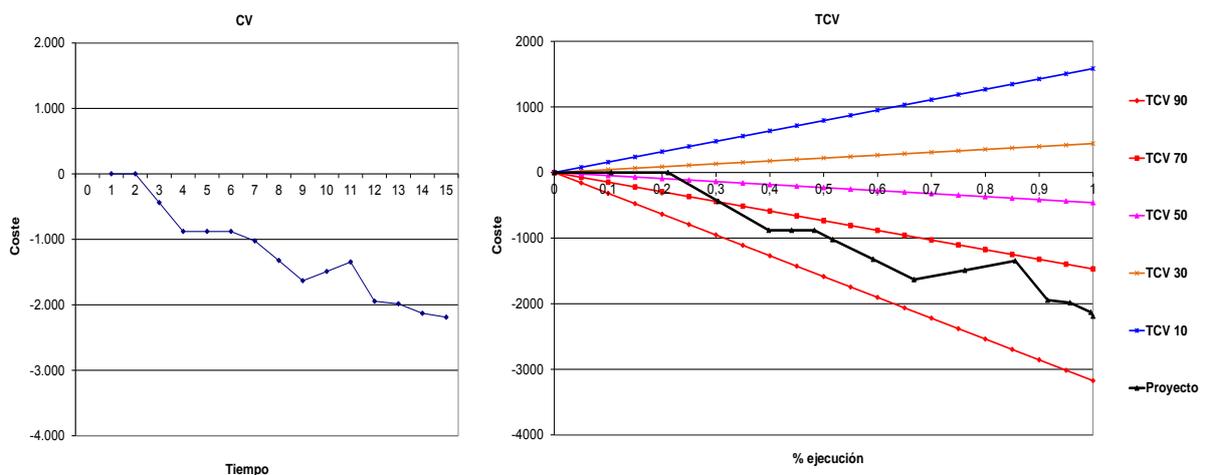


Figura 11: Gráfico TCV. Comparación con curva CV



En la Figura 11 la representación para los costes (TCV) es idéntica a la anterior.

Junto a la gráfica de TSV hemos colocado la gráfica de Varianza en la Programación Ganada, SV(t), y junto a la gráfica de TCV hemos colocado la gráfica de Varianza en Costes, CV.

Es muy interesante observar como en los gráficos de tiempo (TSV y SV(t)), los valores de retraso del proyecto coinciden, por un lado (SV(t)) medidos en función del periodo de ejecución del proyecto y por otro lado (TSV) medidos en función del % de ejecución del proyecto. Lo mismo sucede para las gráficas de coste (TCV y CV), donde se llega a los mismos resultados en cuanto a valores absolutos de sobrecoste. Cada vértice de la curva de proyecto en ejecución de las gráficas TSV y TCV se corresponde con un periodo de ejecución del proyecto.

4. Conclusiones

En este artículo hemos realizado una comparación de varias metodologías de seguimiento y control de proyectos utilizando un mismo modelo de proyecto y un mismo supuesto de proyecto ejecutado.

Las metodologías utilizadas han sido, en primer lugar, la metodología del Valor Ganado, por su amplia y reconocida utilización por parte de los Directores de Proyecto. Debido a las debilidades que presenta esta metodología, hemos elegido otras dos metodologías para compararlas con la anterior, en este caso considerando la presencia de incertidumbre en las actividades que componen el proyecto.

Una vez representados los resultados gráficos que proporcionan cada una de las metodologías utilizadas, podemos llegar a la conclusión de que la metodología TRIAD propuesta por Acebes et al. (2014) es la más completa y potente de las utilizadas.

La primera razón es debido a que incorpora en su análisis el riesgo del proyecto, traducido en forma de incertidumbre en la duración de las actividades. Con esto permite al Director de Proyecto fijar un margen de confianza para realizar el seguimiento y control del proyecto, en base al rigor y precisión con el que quiera realizar el control antes de llegar a adoptar medidas correctivas sobre el proyecto.

Además de ello, permite obtener los valores absolutos de desvío del proyecto ejecutado, tanto en coste como en plazo con respecto a la planificación inicial así como con respecto a cualquiera de las curvas de control que fije como guía.

Finalmente, indicar que el esfuerzo necesario para la utilización de esta metodología no es superior al necesario si se utiliza la metodología EVM. Simplemente es necesario un conocimiento básico sobre Simulación de Monte Carlo y conocimientos básicos estadísticos de los procesos y actividades.

4. Bibliografía

- Acebes, F. et al., 2014. A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics. *International Journal of Project Management*, 32, pp.423–434.
- Acebes, F. et al., 2013. Beyond Earned Value Management: A Graphical Framework for Integrated Cost, Schedule and Risk Monitoring. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 74, pp.231–239.
- Aliverdi, R., Moslemi Naeni, 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(3), pp.411–423.
- Anbari, F.T., 2003. Earned Value Project Management method and extensions. *Project Management Journal*, 34(4), pp.12–23.

- Cioffi, D.F., 2005. Completing projects according to plans: an earned-value improvement index. *Journal of the Operational Research Society*, 57(3), pp.290–295.
- Fleming, Q.W. & Koppelman, J.M., 1998. Earned Value Project Management. *CROSSTALK The Journal of Defense Software Engineering*, (July), pp.19–23.
- Hazir, Ö. & Schmidt, K.W., 2013. An integrated scheduling and control model for multi-mode projects. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25, pp.230–254.
- Hazir, Ö. & Shtub, A., 2011. Effects of the information presentation format on project control. *Journal of the Operational Research Society*, 62(12), pp.2157–2161.
- Jaafari, A., 2006. Management of risks , uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift. *International Journal of Project Management*, 19(2001), pp.89–101.
- Khodakarami, V. & Abdi, A., 2014. Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items. *International Journal of Project Management*.
- Kutsch, E. & Hall, M., 2005. Intervening conditions on the management of project risk: Dealing with uncertainty in information technology projects. *International Journal of Project Management*, 23(8), pp.591–599.
- Lambrechts, O., Demeulemeester, E. & Herroelen, W., 2008. Proactive and Reactive Strategies for Resource-Constrained Project Scheduling with Uncertain Resource Availabilities. *Journal of scheduling*, 11, pp.121–136.
- Lipke, W., 2004. Connecting Earned Value to the Schedule. *The Measurable News*, Winter, pp.1–16.
- Lipke, W., 2003. Schedule Is Different. *The Measurable News*, Summer.
- 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), pp.615–621.
- Project Management Institute, 2013. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBoK(R) Guide. Fifth Edition*,
- Project Management Institute, 2005. *Practice Standard for Earned Value Management*
- Vanhoucke, M., 2012. Measuring the efficiency of project control using fictitious and empirical project data. *International Journal of Project Management*, 30(2), pp.252–263.
- Ward, S. & Chapman, C., 2003. Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21(2), pp.97–105.