

“**Gestionar:** 1. Llevar adelante una iniciativa o un proyecto. 2. Ocuparse de la administración, organización y funcionamiento de una empresa, actividad económica u organismo. 3. Manejar o conducir una situación problemática.”

— Real Academia Española

17

Gestión del tiempo

Contenidos

17.1 Introducción	2
17.1.1 Objetivos	2
17.2 El análisis del valor ganado	2
17.2.1 Definiciones básicas	4
17.2.2 Medición del avance	8
17.2.3 Determinación de los parámetros del análisis	11
17.2.4 Aplicación a un caso real: Programa A-12	19
17.3 Conclusiones	22
17.3.1 Puntos tratados	22
17.3.2 Preguntas abiertas	23
17.3.3 Lecturas recomendadas	23
Bibliografía	24

17.1 Introducción

17.1.1 Objetivos

Objetivos de la lección

Tras esta lección, el alumno conocerá:

- Los orígenes de la técnica del valor ganado (EVT)
- La metodología de implantación de la EVT
- Las ventajas de la EVT
- La diferencia entre el coste real, el valor planificado y el valor ganado
- Cómo medir en unidades monetarias la desviación de costes y plazos.
- Como determinar la evolución de los distintos tipos de costes a lo largo del tiempo
- Cómo calcular los parámetros básicos para realizar el análisis del valor ganado en un determinado punto de control sin precisar para ello del trazado del conjunto completo de curvas en S.
- El efecto que sobre los resultados del análisis pueden tener la inflación y los cambios en la productividad.
- Cuáles son y cómo han de interpretarse los índices de rendimiento más comúnmente utilizados.
- Un caso real en el que la utilización del análisis del valor ganado tuvo consecuencias determinantes sobre el desarrollo de un proyecto.

17.2 El análisis del valor ganado

Orígenes

La TÉCNICA DEL VALOR GANADO¹ es una herramienta de gestión desarrollada en el seno de la metodología EVMS (EARNED VALUE MANAGEMENT SYSTEM) y que integra los parámetros técnicos, de costes, y de planificación en una única herramienta.

Los criterios de la metodología EVMS definen los atributos que debe poseer un sistema de gestión de proyectos para poder utilizar efectivamente la técnica del valor ganado. Originalmente los criterios fueron establecidos por la U.S. AIR FORCE y denominados C/SPEC (COST/SCHEDULE PLANNING AND CONTROL SPECIFICATIONS) para su aplicación en grandes contratos de defensa. Posteriormente los criterios fueron adoptados por todos los servicios militares de los EE.UU. y denominados C/SCSC (COST/SCHEDULE CONTROL SYSTEMS CRITERIA)[2].

En 1996 los criterios fueron sensiblemente revisados a raíz del bochornoso abandono del programa A-12 para la U.S. NAVY y renombrados como EVMS (EARNED VALUE MANAGEMENT SYSTEMS CRITERIA)[3]. Distintas versiones de los criterios EVMS han sido utilizados por importantes agencias norteamericanas no relacionadas con la defensa, tales como el DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES, el DEPARTAMENTO DE LA ENERGÍA, el FBI, la NASA, etc. Recientemente el método del VALOR GANADO ha escapado de la esfera de las agencias gubernamentales norteamericanas para dar el salto a su aplicación a proyectos comerciales en todo el mundo.

¹También llamada Técnica del Valor Acumulado.

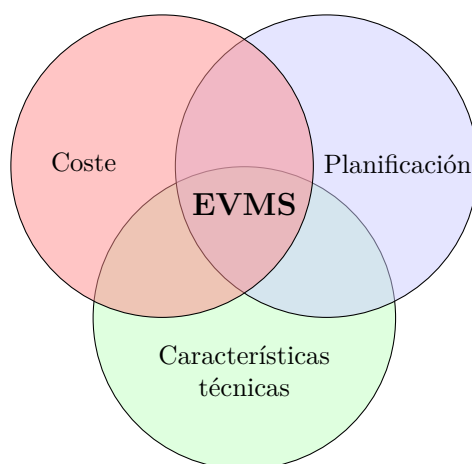


Figura 17.1: La técnica del valor ganado como una herramienta de integración.

Implantación del método del valor ganado

La implantación del método y su utilización supone un proceso iterativo, con el fin de aprovechar las posibilidades de predicción que dicho método puede ofrecer. Su desarrollo se realiza siguiendo el esquema que se muestra en la figura 17.2.

La línea base del rendimiento (PMB)² es la línea base que queda determinada por el coste planificado de las tareas que componen el proyecto. Como es lógico coincidirá con el coste del trabajo planificado. Su determinación se realiza en tres pasos:

- El primero consiste en identificar los trabajos a realizar y asignar la responsabilidad sobre dicha tarea. Para ello se utiliza la MATRIZ DE ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES (RAM)³
- El siguiente paso consistirá en planificar en el tiempo las diferentes tareas que hayan sido determinadas en el paso anterior.
- Por último, sobre dicha planificación se determinarán y colocarán los costes asociados a cada una de dichas tareas.

Una vez determinada la PMB, se procede a iniciar la ejecución de los trabajos, realizar la medida de dichos trabajos utilizando para ello alguna de las *técnicas de valor ganado*, calcular y analizar las desviaciones, implementar las medidas correctivas necesarias, y recalcular la planificación teniendo en cuenta dichas medidas con el fin de corregir las desviaciones anteriormente determinadas.

Ventajas de las técnicas de valor ganado

La completa aplicación de los criterios del EVMS es apropiada para proyectos de largo plazo de ejecución y de elevado coste, donde existe un evidente riesgo. Es necesario recordar que dicho método fue desarrollado por el DEPARTAMENTO DE DEFENSA NORTEAMERICANO para la gestión de sus proyectos militares. Sin embargo ocurre que esto no es necesariamente cierto para proyectos relativamente pequeños donde el coste no alcanza las grandes inversiones de los programas de defensa norteamericanos.

Las ventajas de la aplicación de estos criterios son muchas pero también su coste asociado es significativo. Algunas de dichas ventajas no sólo están asociadas a la implementación de los citados criterios, sino al uso

²PMB: Performance measurement baseline.

³RAM: Responsibility assignment matrix.

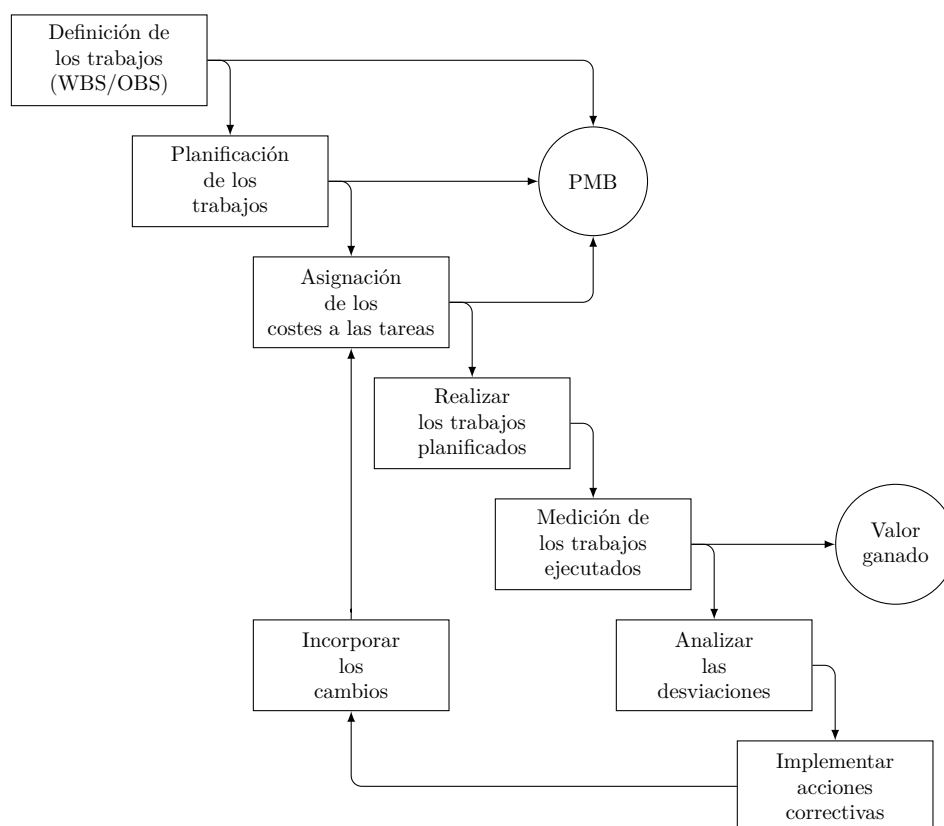


Figura 17.2: Esquema de la implantación de un sistema basado en el método del Valor Ganado.

de la técnica del valor ganado, accesible para cualquier organización. De entre éstas últimas podríamos citar:

- Es un sistema simple de gestión y control, que proporciona datos creíbles.
- Integra en una única técnica, el trabajo, la planificación y el coste, utilizando para ello, la estructura de descomposición del proyecto.
- Proporciona una identificación temprana de los problemas, mediante el uso de los índices de rendimiento del coste (CPI) y de la planificación (SPI).
- Permite predecir con una cierta seguridad, dentro de un rango, el coste final del proyecto.
- Es posible predecir, mediante el índice de rendimiento del trabajo que queda por completar (TCPI), el comportamiento futuro del proyecto, y actuar en consecuencia para corregir desviaciones.
- Así mismo es posible evaluar el coste final estimado (EAC) del contratista, u otros posibles objetivos críticos en la gestión del proyecto.

17.2.1 Definiciones básicas

Para utilizar el método del valor ganado es necesario conocer el significado de los términos básicos⁴ que a continuación se presentan.

⁴Es importante destacar, que el *análisis del valor ganado* se puede aplicar a una sola actividad, a un grupo de actividades o a todo el proyecto. Es por esto, que cuando hablemos de trabajo planificado, se debe entender que puede ser el trabajo correspondiente a todo un proyecto completo o la de una actividad o grupos de ellas.

Cuantificación de lo realizado, lo esperado y lo pagado

- *Valor planificado*

Estimación de los pagos correspondientes a los trabajos que deberían haberse realizado hasta la fecha de acuerdo con la planificación inicial.

El concepto recibe diferentes denominaciones:

BCWS: Budgeted cost of work scheduled

CPTP: Coste presupuestado para el trabajo planificado

PV: Planned value

- *Valor ganado*

Valor según el presupuesto inicial de los trabajos realizados hasta la fecha.

El concepto recibe diferentes denominaciones:

BCWP: Budgeted cost of work performed

CPTR: Coste presupuestado para el trabajo realizado

EV: Earned value

Es conveniente recalcar que el *valor ganado* muestra el coste inicialmente planificado de lo realmente realizado y, así, su valor nos proporciona una indicación de carácter temporal del trabajo que llevamos realizado, estipulado, eso sí, en unidades monetarias, no en unidades temporales.

- *Coste real*

Coste en el que se ha incurrido realmente para desarrollar los trabajos realizados hasta la fecha.

El concepto recibe diferentes denominaciones:

ACWP: Actual cost of work performed

CRTR: Coste real del trabajo realizado

AC: Actual cost

- *Costes finales planificados*

Estimación del coste final planificado de la actividad o grupo de actividades considerado.

El concepto recibe diferentes denominaciones:

BAC: Budget at completion

CPF: Coste planificado final

- *Costes finales estimados*

Estimación del coste final de la actividad de acuerdo al desarrollo del proyecto⁵.

El concepto recibe diferentes denominaciones:

EAC: Estimate at completion

CEF: Coste estimado final

Desviaciones en costes y plazos

La comparación del valor que adoptan los tres valores considerados —PV, AC y EV—permite juzgar en términos de plazos y costes la evolución del proyecto considerado:

- Si el *coste real* es similar al *valor ganado* y al *valor planificado*, el trabajo va correctamente según lo planificado, tanto en costes como en plazos.
- Si el *coste real* es mayor que el *valor ganado*, tenemos un sobrecoste.
- Si el *coste real* es menor que *valor ganado*, tenemos un ahorro en costes.
- Si el *valor ganado* es menor que el *valor planificado*, tenemos retrasos.
- Si el *valor ganado* es mayor que el *valor planificado*, el proyecto está adelantado.

Conocidos los valores de los datos básicos, la cuantificación de los retrasos y los sobrecostes en los que se ha incurrido en la ejecución del proyecto resulta sencilla. A tal propósito, se suelen utilizar los siguientes indicadores:

- *La variación del coste:*

Indica el sobrecoste en el trabajo realizado. Habitualmente recibe la denominación CV (cost variance). En su estimación intervienen EV y AC:

$$CV = EV - AC \quad (17.1)$$

- *La variación del cronograma:*

Indica, en unidades monetarias, el retraso respecto a la planificación de referencia. Habitualmente recibe la denominación SV (schedule variance). En su estimación intervienen EV y PV:

$$SV = EV - PV \quad (17.2)$$

Aun cuando el valor de SV se refleje habitualmente en unidades monetarias, también es posible medir el retraso en unidades de tiempo. Para ello bastará con considerar no la distancia vertical, sino la distancia horizontal que existe desde la curva EV y la curva PV a la altura del valor que tomará EV en la fecha de control. Esta diferencia representa, de forma muy intuitiva, el retraso del proyecto, ya que muestra el tiempo de trabajo que deberá transcurrir desde el momento del control hasta que la curva de *valor ganado* alcance el valor que debería tener en el control (ver figura 17.3).

⁵También es denominado LRE (*Latest Revised Estimate*) cuando es referido al calculado por el contratista.

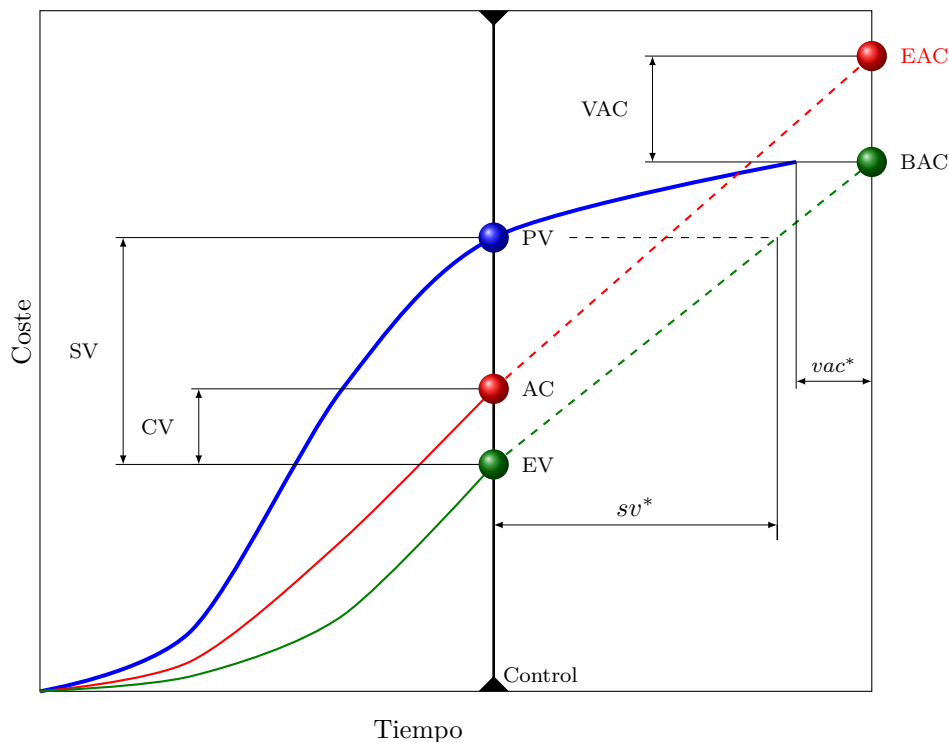


Figura 17.3: Curvas más importantes para comprender el análisis del valor ganado.

- *La variación a la finalización del proyecto:*

Indica el sobrecoste que existirá a la finalización del proyecto con respecto a lo inicialmente previsto. También tiene en cuenta el retraso que se producirá en la finalización del proyecto. Habitualmente se denomina VAC (variance at completion). En su estimación intervienen la estimación planificada de la actividad o grupo de actividades considerado (BAC) menos la estimación del coste final de la actividad de acuerdo al desarrollo del proyecto (EAC), es decir:

$$VAC = BAC - EAC \quad (17.3)$$

En la figura 17.3 se ha representado una posible evolución del *coste real* —color rojo— y del *valor ganado* —verde— hasta un determinado punto de control. Se ha representado además —azul— la evolución del *valor planificado* a modo de referencia como indicador de cual era el progreso esperado del proyecto. Para una determinada fecha de control, tan sólo se conocerá la evolución completa de la curva correspondiente al *valor planificado*, pues se corresponde con la planificación inicial. Del *coste real* y del *valor ganado* tan sólo se conocerá el tramo que va desde el inicio hasta el punto de control, pues lógicamente aun no se dispone de los datos correspondientes al desempeño real de las tareas futuras. Nada impide, no obstante, la predicción de su posible evolución futura basándonos en los datos recogidos hasta el momento. Todas ellas se obtendrán, como veremos a continuación, acumulando los costes del tipo correspondiente desde el inicio hasta el punto de control.

Si analizamos la figura 17.3 y los conceptos ahora explicados, podemos deducir que CV y SV reflejan el rendimiento del coste y del tiempo de cualquier proyecto.

Estado del proyecto o actividad

Existen igualmente unas variables que permiten conocer el estado del proyecto en ejecución, aunque también pueden ser aplicados a un paquete de trabajo cualquiera del proyecto o a una tarea⁶.

- *PC (percent complete)*:

Porcentaje completado. Es el cociente entre el coste presupuestado del trabajo realizado, y el coste final previsto del proyecto. Mide el avance del proyecto respecto de lo presupuestado. Es decir,

$$PC = \frac{EV}{BAC} \quad (17.4)$$

- *PS (percent spent)*:

Porcentaje gastado. Es el cociente entre el coste real del trabajo realizado, y el coste final previsto del proyecto. Indica la situación de costes respecto del presupuesto. Es decir,

$$PS = \frac{AC}{BAC} \quad (17.5)$$

- *PP (percent planned)*:

Porcentaje sobre lo planificado. Es el cociente entre el coste del trabajo planificado, y el coste final previsto del proyecto. Mide la situación de calendario en un momento determinado de control. Es decir,

$$PP = \frac{PV}{BAC} \quad (17.6)$$

En los tres casos se utilizan los valores acumulados.

17.2.2 Medición del avance

Para poder aplicar el análisis del valor ganado debe establecerse un método de medida del avance de cada actividad. En función de las características de las actividades (duración, tipo de entregables), existen distintas técnicas recomendadas (ver cuadro 17.1 y figura 17.4):

Duración de la tarea	Características de los entregables	
	Tangibles	Intangibles
Duración corta (uno o dos periodos de medición)	• Fórmula fija	• Esfuerzo proporcional • Nivel de esfuerzo
Duración larga (más de dos periodos de medición)	• Hitos ponderados • Porcentaje completado • Hitos ponderados con porcentaje completado • Unidades completadas	

Cuadro 17.1: Técnicas de medición del valor ganado.

⁶En el caso en que nos estemos refiriendo a los costes asociados a un determinado periodo, reflejaremos a través de un subíndice el periodo correspondiente. En caso de referirnos a un proyecto completo, no se utilizarán subíndices y será preciso acumular los costes en los que se haya incurrido en los periodos precedentes.

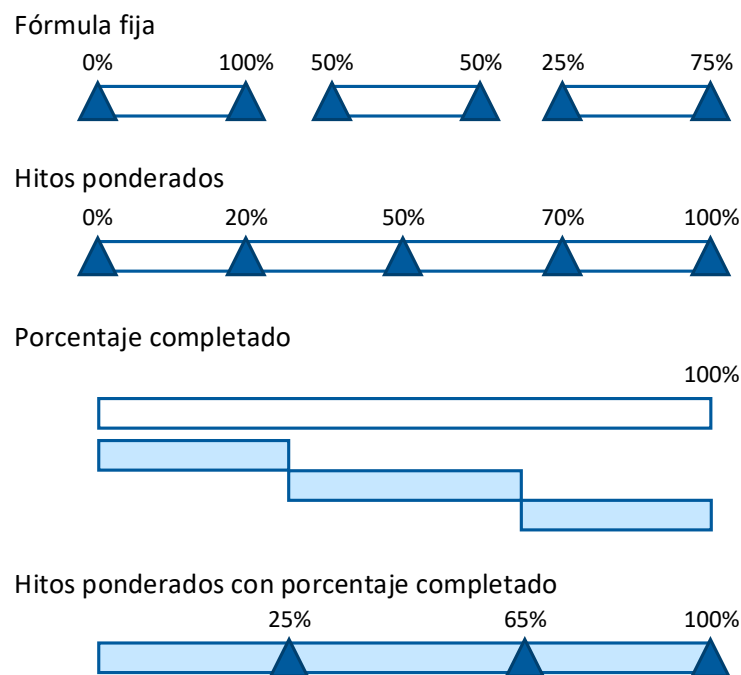


Figura 17.4: Medición del avance con la programación del proyecto.

Fórmula fija

Si bien es un método simplificado que permite evaluar el progreso de las tareas de forma simple y rápida, para que funcione correctamente, las actividades definidas deberían abarcar periodos cortos de tiempo, no excediendo uno o dos periodos de medición (medidos de forma semanal o mensual).

Este método aplica un porcentaje completado al iniciarse una actividad y el resto al finalizarla. Aunque se podría usar cualquier combinación, los valores más comunes son:

0/100 Se asigna el 100 % de avance al finalizar la actividad.

50/50 Se asigna el 50 % de avance cuando comienza la actividad y el 50 % restante a su finalización.

25/75 Se asigna el 25 % de avance cuando comienza la actividad y el 75 % restante a su finalización.

Hitos ponderados

Este método se recomienda para aquellas tareas de duración larga para las que es difícil evaluar el avance parcial, pero en las que es posible establecer hitos intermedios con resultados medibles parciales a los que se asigna un valor ponderado para establecer el avance. No todos los hitos tienen por qué tener el mismo nivel de progreso.

El presupuesto total se divide en función del valor del peso asignado a cada hito. Una vez que el trabajo ha comenzado, no deberían modificarse los valores asignados inicialmente.

Porcentaje completado

Es el método más empleado, ya que es muy sencillo de aplicar. Sin embargo, también puede ser el método con mayor subjetividad.

El avance parcial de la actividad se mide de acuerdo con el porcentaje completado a la fecha. Este

porcentaje completado se puede calcular de diferentes maneras, de acuerdo con las características de la tarea y de sus resultados esperados:

- % de *duración* completada = duración real a la fecha / duración total

Se recomienda para tareas que tengan un desempeño lineal (proporcional uniforme) a largo de su duración.

- % de *trabajo* completado = trabajo real a la fecha / trabajo total

Se recomienda para tareas en las cuales el avance parcial sea el mismo que la proporción de las horas reales trabajadas con respecto al trabajo (cantidad de horas) total.

- % de *unidades* físicas completadas = unidades físicas reales a la fecha / unidades totales

Se recomienda para tareas en las cuales el avance parcial se estime a partir de las unidades físicas entregadas con respecto a las totales; por ejemplo, metros cúbicos de hormigón o toneladas de acero montadas.

Hitos ponderados con porcentaje completado

Este método combina la sencillez de estimaciones por porcentaje completado con hitos tangibles. Estos hitos se usan como «puertas» de desempeño a lo largo de tareas de larga duración. De este modo, es posible realizar estimaciones de avance hasta un cierto valor para cada hito, pero sin superar dicho hito hasta que ciertos criterios tangibles predefinidos se hayan cumplido.

Unidades completadas (medida física)

En este caso, el nivel de progreso depende de alguna medida física. Se recomienda para tareas en las cuales el avance parcial se evalúe por el volumen físico alcanzado (por ejemplo, metros de cable, metros cúbicos de excavación, etc.).

Esfuerzo proporcional

Este método sería aceptable cuando el avance de una tarea tiene una relación directa con el avance de otra tarea que tiene su propia técnica de medición. No obstante, su aplicación requiere la existencia de registros de rendimiento validados para poder asignar el nivel de esfuerzo.

Nivel de esfuerzo

Aunque no es el método más recomendable, puesto que puede distorsionar el progreso real del proyecto, puede ser empleado en aquellas tareas que no producen resultados tangibles y verificables, o que producen demasiados. Es el caso, por ejemplo, de las tareas necesarias para el desarrollo del proyecto que están más orientadas al «tiempo» que al «desempeño» (dirección de proyectos, programación, presupuestación, administración, etc.). En estos casos, el paso del tiempo es el que determina el avance de la tarea, siendo el valor ganado igual al valor presupuestado hasta la fecha, sin importar cuánto trabajo se haya realizado realmente.

Tarea	Predecesora	Duración estimada	Coste estimado	Duración real	Coste real	Trabajo realizado
A	—	2	40	3	30	100 %
B	A	3	45	4	60	100 %
C	A	4	60	4	80	100 %
D	A	7	70	8	80	100 %
E	B, C	6	90	5	60	50 %
F	C, D	3	60	—	—	0 %
G	B, C, D	5	100	1	40	10 %
H	E, F, G	2	60	—	—	0 %

Cuadro 17.2: Datos necesarios para realizar la valoración de la gestión de un determinado proyecto.

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	BAC
A	20	20															40
B			15	15	15												45
C			15	15	15	15											60
D			10	10	10	10	10	10	10								70
E							15	15	15	15	15	15					90
F										20	20	20					60
G										20	20	20	20	20			100
H															30	30	60
PV_k	20	20	40	40	40	25	25	25	25	55	55	55	20	20	30	30	
PV	20	40	80	120	160	185	210	235	260	315	370	425	445	465	495	525	

Figura 17.5: Diagrama de GANTT con detalle de la evolución del valor planificado.

17.2.3 Determinación de los parámetros del análisis

Determinación de la evolución de los parámetros

La tabla 17.2 representa la planificación inicial y los datos reales observados hasta el décimo segundo periodo en un determinado proyecto que utilizaremos a modo de ejemplo para desarrollar la determinación de los parámetros implicados en el *análisis del valor ganado*. A partir de estos datos, podemos representar el diagrama de GANTT correspondiente a la planificación inicial (figura 17.5). Sobre este diagrama, resulta sencillo representar los costes planificados para el desarrollo de las actividades en cada uno de los periodos⁷. En la fila correspondiente a PV_k se han recogido los valores de estos costes planificados a lo largo de toda la duración esperada del proyecto. En la fila correspondiente a PV se han ido acumulando estos costes a fin de obtener la evolución del *valor planificado* correspondiente a cada periodo de ejecución del proyecto.

Si, en lugar de considerar la evolución esperada de acuerdo a la planificación inicial, representamos la evolución del proyecto realmente observada, obtendremos un diagrama de GANTT similar al representado en la figura 17.6. Sobre él se han anotado los costes reales de ejecución de los trabajos realizados. De modo análogo al anteriormente comentado, en la fila AC_k se han indicado los costes correspondientes a cada periodo y en la fila AC se han ido acumulando esos costes para obtener la evolución del *coste real* de los trabajos

⁷A fin de simplificar la explicación, se ha supuesto un reparto homogéneo de los costes de cada actividad a lo largo de su desarrollo.

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	AC
A	10	10	10														30
B				15	15	15	15										60
C				20	20	20	20										80
D				10	10	10	10	10	10	10	10						80
E								12	12	12	12	12					60
F																	—
G												40					40
H																	—
AC_k	10	10	10	45	45	45	45	22	22	22	22	52					
AC	10	20	30	75	120	165	210	232	254	276	298	350					

Figura 17.6: Diagrama de GANTT con detalle de la evolución del coste real.

realizados hasta la fecha.

Aprovechando el diagrama de GANTT que acabamos de utilizar y que representa la ejecución real del proyecto, podemos cuantificar en cuánto valoramos los trabajos realizados en el proyecto hasta la fecha. Para ello, utilizaremos los precios que aparecían en el presupuesto inicial. De manera análoga a la anterior, e imputando a cada periodo su coste correspondiente, obtenemos (figura 17.7) en la fila EV_k el *valor ganado* correspondiente a la ejecución de las actividades de cada periodo y, acumulando éstos en la fila EV, el *valor ganado* correspondiente a la ejecución del proyecto hasta la fecha de control.

Determinación de los parámetros únicamente en el punto de control

Supongamos que, como en las figuras anteriores, realizamos un control al finalizar el periodo 12. Si, en lugar de necesitar una evolución completa hasta la fecha de estos parámetros, como la mostrada en la figura 17.8, tan sólo deseamos conocer sus valores en la fecha correspondiente al punto de control, podemos obtenerlos mediante sencillas operaciones aritméticas a partir de los datos obtenidos en el seguimiento del proyecto⁸. Para ello, se dan los siguientes pasos:

1. Se representa únicamente el diagrama de GANTT de la planificación inicial (figura 17.5)⁹.
2. A partir de este diagrama, y conocida la fecha del punto de control, se puede conocer la fracción de trabajos que se esperaba haber ejecutado. Utilizando los precios del presupuesto inicial, se calcula el *valor planificado* (PV) para el punto de control.
3. A partir de los datos procedentes del seguimiento del proyecto se determinan los valores correspondientes a los porcentajes de realización y a los costes reales en los que se ha incurrido para la consecución de los trabajos realizados.
4. A partir del porcentaje de completación y de los costes inicialmente estimados, se calcula el *valor ganado* ($EV = BAC \times PC$).

⁸Recordemos, tabla 17.2.

⁹Como veremos en los siguientes pasos, los otros dos diagramas de GANTT no son estrictamente necesario si tan sólo se desea obtener el valor de los parámetros en el punto de control y no su evolución hasta dicha fecha.

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	EV
A	13.33	13.33	13.33														40
B				11.25	11.25	11.25	11.25										45
C				15	15	15	15										60
D				8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75						70
E								9	9	9	9	9					45
F																	—
G												10					10
H																	—
EV_k	13.33	13.33	13.33	35	35	35	35	17.75	17.75	17.75	17.75	19					
EV	13.33	26.67	40	75	110	145	180	197.75	215.5	233.25	251	270					

Figura 17.7: Diagrama de GANTT con detalle de la evolución del valor ganado.

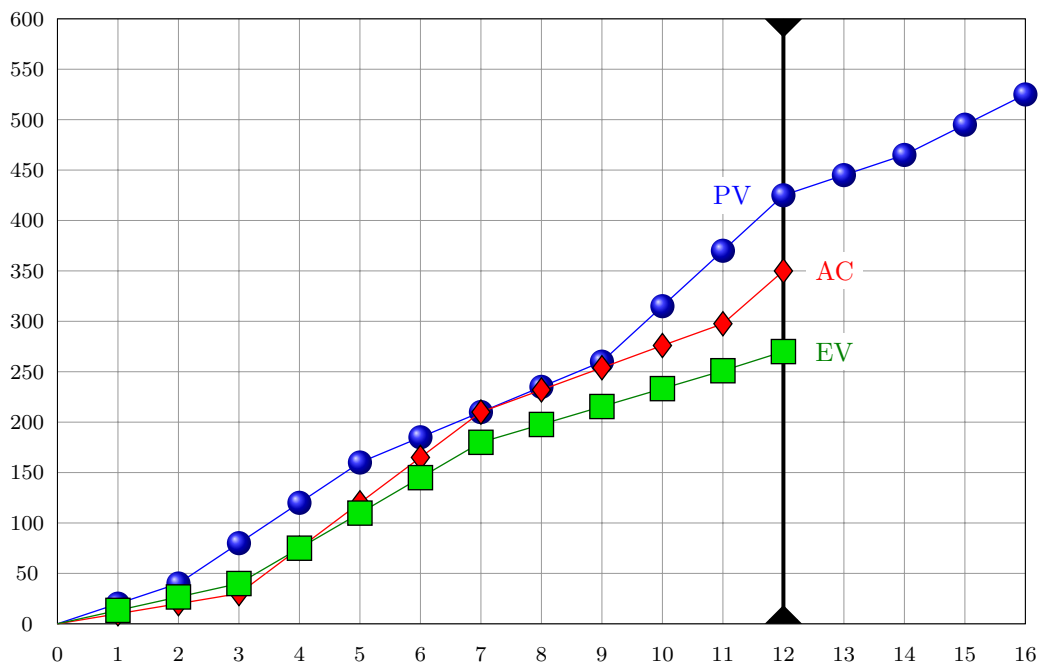


Figura 17.8: Evolución de los tres tipos de costes

5. Conocidos PV, EV y AC se pueden calcular las desviaciones en costes y plazos.

$$SV = EV - PV \quad (17.7)$$

$$SV \% = SV/PV \quad (17.8)$$

$$CV = EV - AC \quad (17.9)$$

$$CV \% = CV/EV \quad (17.10)$$

6. Si se extrapola el rendimiento observado en la ejecución de las tareas, se obtiene el valor de la EAC.

$$EAC = \begin{cases} AC/PC & \text{si } PC > 0 \\ BAC & \text{si } PC = 0 \end{cases} \quad (17.11)$$

La tabla 17.3 recoge los datos y resultados correspondientes al ejemplo considerado.

Posibles alteraciones

Efecto de los cambios en la productividad. La extrapolación del *valor ganado* se mantiene mientras se suponga que la productividad de la tarea continua siendo constante. Sin embargo esto no siempre es así, entre otras cosas debido a la curva de aprendizaje. Por eso debe preverse que en general la curva tenderá a subir, es decir, a mejorar la productividad, reduciendo las desviaciones negativas debido a este aprendizaje. Sin embargo, también existirán proyectos, especialmente aquellos que poseen una alta carga de investigación e innovación, en los que la importancia de esta curva de aprendizaje sea mínima o incluso negativa (ver figura 17.9).

Efecto de la inflación. Además, los cambios monetarios influyen sobre la apreciación del valor ganado, puesto que el *valor planificado* y el *valor ganado* se cuantifican en valores monetarios constantes y el *coste real* con valores monetarios actuales. Por lo tanto, es necesario actualizar esos costes, generalmente reduciendo el valor del *coste real* al valor de unidades monetarias constantes. Se obtiene entonces una división del valor de la variación de coste en dos valores: el debido a la desviación y el relacionado realmente con el proyecto (ver figura 17.10).

Índices de rendimiento

Lo realmente interesante del *análisis del valor ganado* es que nos permite calcular índices de rendimiento del proyecto en cada momento del mismo.

- *Índice de rendimiento del coste*

CPI: *Cost performance index*. Este índice mide el coste presupuestado para el trabajo completado frente al coste actual. Dicho de otro modo, es el rendimiento del coste para el trabajo realizado hasta la fecha. Un valor $CPI < 1$ es considerado desfavorable, dado que indicaría que por cada unidad monetaria invertida en el proyecto, se ha realizado un trabajo por valor inferior a la unidad. Se calcula mediante la siguiente fórmula,

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (17.12)$$

Tarea (1)	BAC (2)	PV (3)	PC (4)	EV (5)=(2)*(4)	AC (6)	SV (7)=(5)-(3)	SV % (8)=(7)/(3)	CV (9)=(5)-(6)	CV % (10)=(9)/(5)	EAC (11)
A	40	40	100	40	30	0	0	10	25	30
B	45	45	100	45	60	0	0	-15	-33.3	60
C	60	60	100	60	80	0	0	-20	-33.3	80
D	70	70	100	70	80	0	0	-10	-14.3	80
E	90	90	50	45	60	-45	-50	-15	-33.3	120
F	60	60	0	0	0	-60	-100	0	0	60
G	100	60	10	10	40	-50	-83.3	-30	-300	400
H	60	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Total	525	425	460	270	350	-155		-80		890

Cuadro 17.3: Datos y resultados del proyecto tomado como ejemplo.

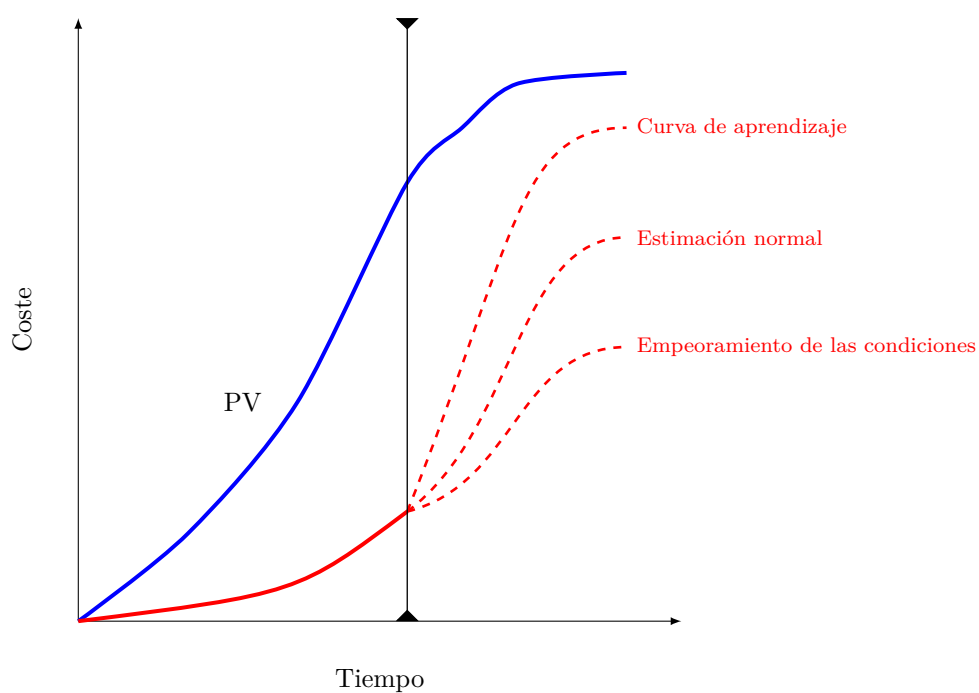


Figura 17.9: Diferentes tipos de extrapolación.

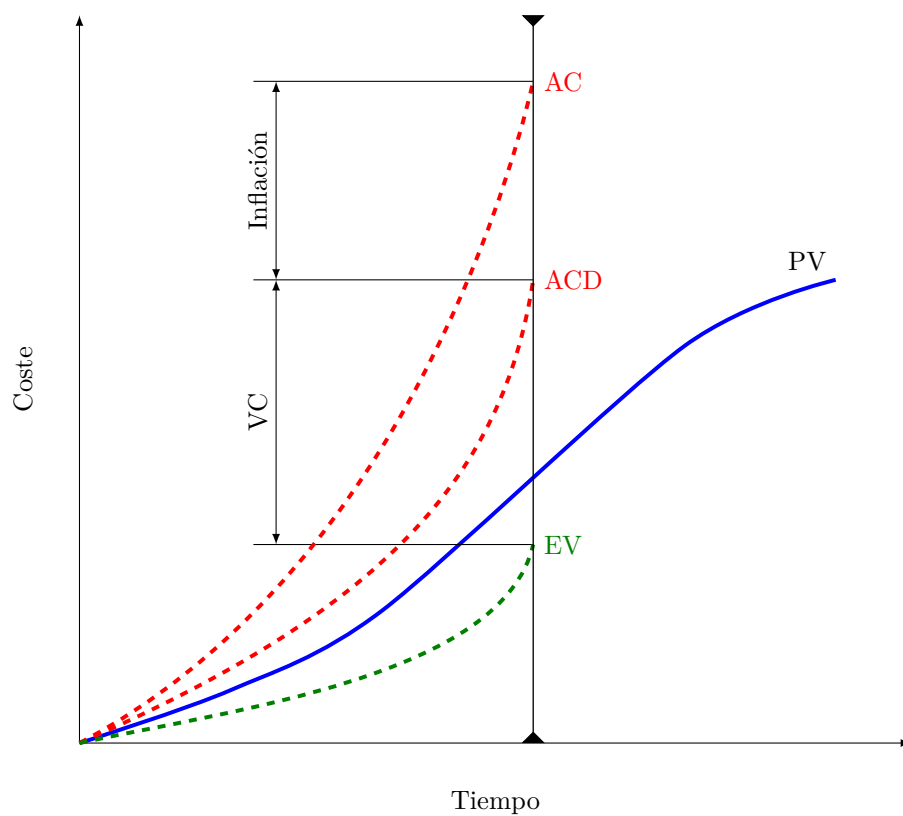


Figura 17.10: Influencia de la Inflación.

Este índice será útil, tal como se verá más adelante, para la determinación de un límite inferior para el EAC.

Distintos estudios afirman que una vez que el proyecto ha superado el 20 % de ejecución (PC), el CPI no cambia más de un 10 %. En realidad, en la mayor parte de los casos, empeora.

- *Índice de rendimiento de la planificación*

SPI: *Schedule performance index*. Este índice mide el coste del trabajo realizado frente al coste del trabajo planificado. Es la eficacia con que el trabajo se ha ido cumpliendo de acuerdo a lo planificado. Es decir, un valor $SPI < 1$, al igual que ocurría con el CPI, indicaría un caso desfavorable, ya que en tal caso, por cada unidad monetaria de trabajo planificado, se ha ejecutado un trabajo por valor inferior a la unidad. Se calcula mediante la siguiente fórmula,

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (17.13)$$

El SPI identificará posibles problemas de planificación, pero dado que este tipo de problemas acostumbran a resolverse realizando un gasto adicional, también será útil como predictor de futuros gastos.

El cálculo de ambos índices puede hacerse tanto con valores instantáneos como con valores acumulados, en función de qué es lo que se pretende analizar.

- *Índice de rendimiento del trabajo por completar*

TCPI: *To-complete performance index*. Indica para cada unidad monetaria gastada, cual será la cantidad de trabajo necesario para finalizar el proyecto con el coste dado por EAC. Es el rendimiento del coste, que será necesario para completar el proyecto dentro del presupuesto. Se calcula de la siguiente fórmula,

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{EAC - AC} \quad (17.14)$$

Así, un valor $TCPI > 1$ indicará que será necesario realizar más trabajo que dinero invertido, a partir del momento del control, si lo que se pretende es terminar el proyecto con un coste dado por EAC.

Existen varias versiones de este índice, en función de cual sea la estimación final. Así, mientras que el anterior es conocido también como $TCPI(EAC)$, también son utilizados los siguientes:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC} \quad (17.15)$$

Si se utiliza como referencia el BAC. En este caso, permitirá estimar, por comparación con el CPI, si el contratista podrá terminar dentro del presupuesto.

Mientras que el CPI refleja el rendimiento pasado, hasta la fecha del control, el TCPI refleja el posible comportamiento futuro del proyecto. Si las diferencias de comportamiento son ostensibles, se puede prever que no podrá alcanzarse el objetivo fijado al final del proyecto. Si se utiliza como referencia el LRE, permite estimar si el LRE propuesto por el contratista es razonable.

Por ejemplo, si el CPI es igual 0.42, mientras que el $TCPI(LRE)$ es igual a 1.05. ¿Es razonable el LRE propuesto por el contratista?

En este caso, dicho contratista había trabajado con un rendimiento hasta la fecha del 42 %, mientras que asegura que puede ejecutar lo que resta del proyecto con una eficacia del 105 %. Obviamente eso parece

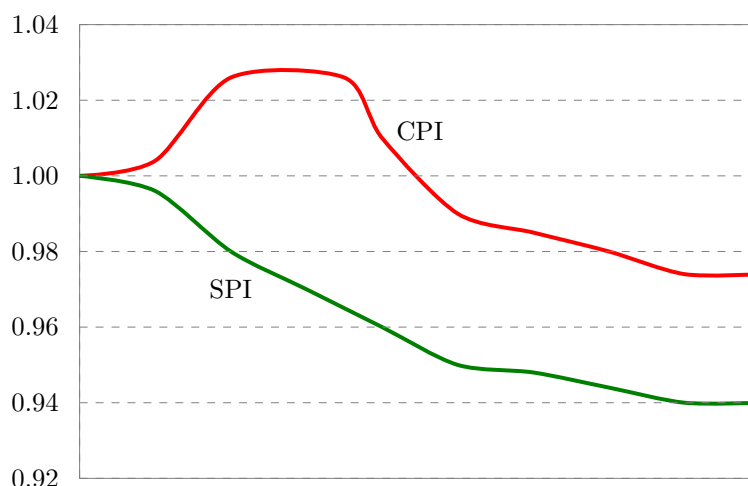


Figura 17.11: Ejemplo de evolución de los índices CPI y SPI de un proyecto.

poco verosímil, pues hasta ahora, por cada 100 unidades monetarias invertidas, 42 se han convertido en proyecto, mientras que asegura que a partir de esta fecha por cada 100 unidades monetarias logrará construir 105 u.m.

Determinación del coste estimado a la finalización

La técnica del valor ganado, además de ser utilizada como una herramienta para detectar los problemas que durante la ejecución del proyecto se puedan presentar, puede ser utilizada para realizar estimaciones.

Durante la ejecución de un proyecto, la estimación tiene dos objetivos:

- Proporcionar una estimación del resultado del proyecto basada en el estado actual y la tendencia en la evolución.
- Detectar tendencias y desviaciones futuras que requieran acciones correctoras.

Cuando se realizan estimaciones, debe tenerse en cuenta la fase en la que el proyecto se encuentra. Así, al comienzo del proyecto, los datos dan lugar a estimaciones con una incertidumbre es alta. Por el contrario, estimaciones realizadas en los últimos meses del proyecto presentan una incertidumbre mucho menor.

A partir de los datos proporcionados por la técnica del valor ganado, el promotor puede realizar su propio cálculo del coste a la finalización del proyecto, con el fin de confirmar lo razonable que pueda ser el coste calculado por el contratista (LRE). Para ello puede utilizar alguna de las siguientes formas: la más básica, pero suficientemente aproximada, es la siguiente:

$$EAC = \frac{BAC}{CPI} \quad (17.16)$$

que corresponde con una extrapolación directa del rendimiento logrado hasta la fecha del control.

Otra forma de calcular dicho valor es la dada por la siguiente fórmula:

$$EAC = AC + (BAC - EV) \quad (17.17)$$

Por último, una tercera forma, y que acostumbra a proporcionar resultados más fiables, es la que se

muestra a continuación:

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{\text{factor de rendimiento}} \quad (17.18)$$

Este factor de rendimiento, permite reflejar las expectativas que el analista tiene acerca del futuro comportamiento del proyecto. Acostumbran a ser menores que la unidad, o en el mejor de los casos muy próximos a ella, dada la poca tendencia de los proyectos a mejorar.

Los índices de rendimiento permiten aplicar una lógica mayor a la estimación del coste al final del proyecto, dado que no se limitan a una simple traslación del coste en el momento del control. Permiten, así mismo, aplicar a ese cálculo la experiencia y conocimientos del profesional encargado de realizar dicha estimación, lo que aumenta considerablemente las probabilidades de que dicho valor estimado se cumpla. Los factores de rendimiento más utilizados son los siguientes:

- $CPI \times SPI = SCI$ (*Schedule Cost Index*)
- SPI
- $0,8 \times CPI + 0,2 \times SPI = \text{Índice compuesto}$
- CPI

De todos estos factores, el más utilizado es el CPI. Sin embargo, la utilización de diversos factores puede proporcionar un rango de valores para el EAC. El límite inferior de este rango suele estar generado por un valor del factor de rendimiento igual a 1.0, por el que se asume que el futuro trabajo se realizará tal como está planificado y con el valor dado y con una desviación de coste que se mantendrá constante.

Numerosos expertos han sugerido que un EAC basado en el SCI es un valor razonable para el coste final del proyecto, calculado en las fases tempranas o intermedias, ya que se considera un techo para el EAC o una estimación de «peor caso». El SCI se muestra como el mejor predictor durante las fases tempranas e intermedias del proyecto, pero en las fases más tardías, el SCI y el SPI proporcionan resultados muy similares.

Otras fórmulas para el EAC están basadas en análisis de regresión, en análisis de series temporales o en complicadas ecuaciones heurísticas. Sin embargo, las fórmulas de este tipo nunca han sido muy populares ya que exigen estar familiarizados con ciertos métodos estadísticos.

17.2.4 Aplicación a un caso real: Programa A-12

El McDONNELL DOUGLAS GENERAL DYNAMICS A-12 fue el más avanzado avión táctico previsto para ser embarcado en portaaviones de la U.S. NAVY. Sin embargo, nunca llegó a entrar en producción, el 7 de Enero de 1991, el Secretario de Defensa RICHARD CHENEY canceló el programa.

La espectacular cancelación de este programa días antes del comienzo de la operación TORMENTA DEL DESIERTO contra IRAK, y la consiguiente auditoría por parte de la U.S. NAVY, fueron los catalizadores de la reforma del sistema C/SCSC para convertirlo en 1996 en lo que actualmente se conoce como EVMS.

La tabla de la figura 17.13 muestra el coste del programa A-12, en millones de dólares, a fecha de abril de 1990.

Los costes PV, EV y AC son calculados tal como se mostró, a partir de los costes de cada tarea. El BAC es el coste final inicialmente calculado que era conocido desde el inicio del proyecto, y el EAC es el dado al promotor por los dos contratistas principales del programa.

A partir de estos datos, es posible calcular las desviaciones como:

- Desviación del coste (ver figura 17.13):

$$CV = EV - AC = 1491 - 1950 = -\$459 \text{ millones} \quad (17.19)$$

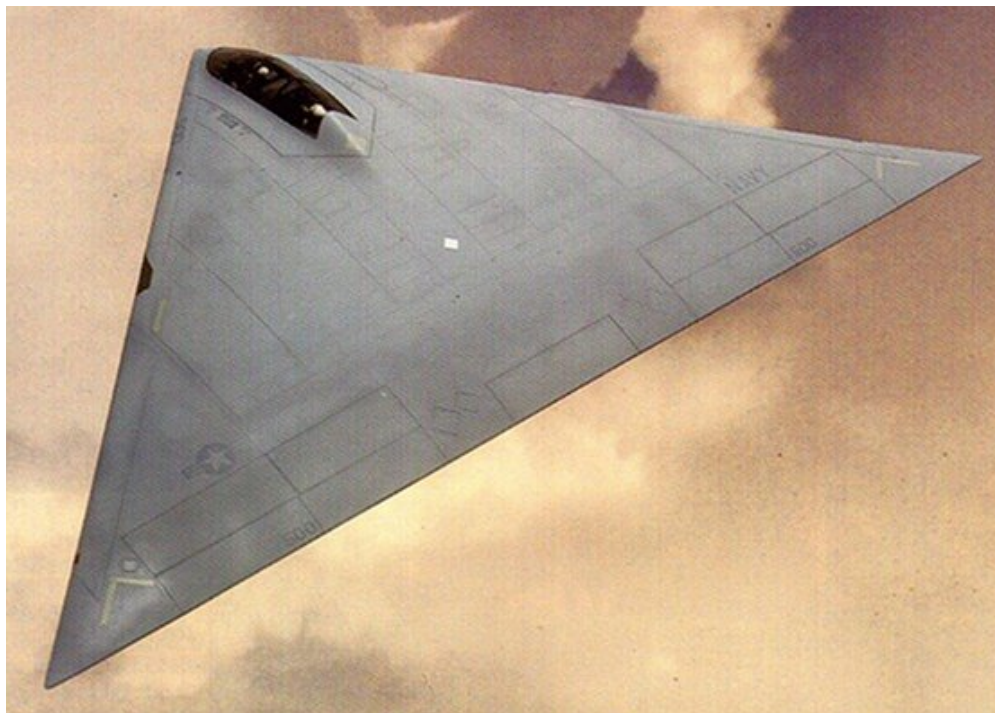


Figura 17.12: Reconstrucción gráfica del prototipo A-12.

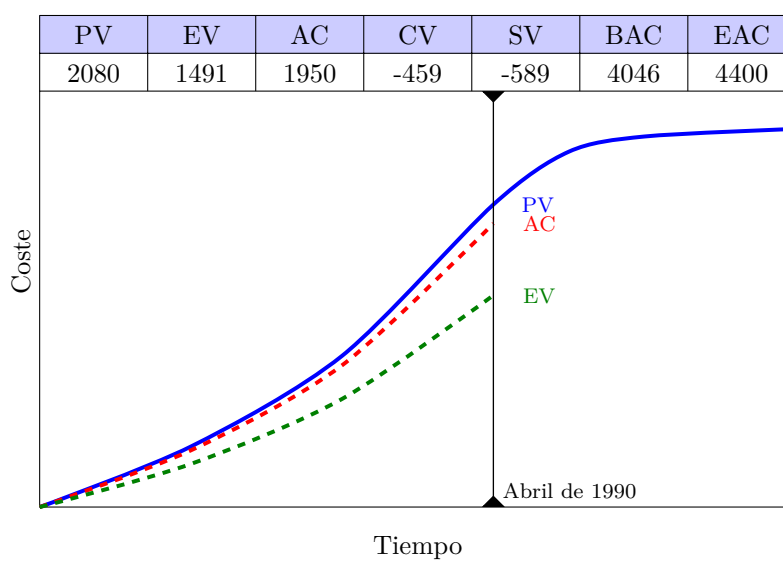


Figura 17.13: Situación del programa A-12 de la U.S. Navy, en Abril de 1990. (Datos en millones de dólares)

Como $CV < 0$, el proyecto presenta un sobrecoste que si lo expresamos en valores porcentuales es:

$$CV(\%) = \frac{CV}{EV} \cdot 100 = 22\% \quad (17.20)$$

- Desviación de la planificación (ver figura 17.13):

$$SV = EV - PV = 1491 - 2080 = -\$589 \text{ millones} \quad (17.21)$$

Como $SV < 0$, el proyecto va retrasado respecto a la planificación inicial. Si lo expresamos en valores porcentuales es:

$$SV(\%) = \frac{SV}{PV} \cdot 100 = 28,3\% \quad (17.22)$$

- Desviación a la finalización (ver figura 17.13):

$$VAC = BAC - EAC = 4046 - 4400 = -\$354 \text{ millones} \quad (17.23)$$

Es decir, según los datos dados por el contratista en Abril del 1990, se prevé que el proyecto presente un sobrecoste a su finalización de 354 millones de dólares. Dado que el sobrecoste a fecha de abril de 1990, era de 459 millones, el contratista deberá recortar dicho sobrecoste a lo largo del proyecto.

Desde el punto de vista tanto del contratista como del promotor, el *coste final estimado* por el contratista es uno de los valores más críticos. Dada esta importancia, el EAC debe ser periódicamente revisado por el contratista y supervisado de cerca por el promotor. Si el EAC se modifica durante el transcurso del proyecto, el contratista debería ser capaz de explicar a la propiedad las razones de tal desajuste. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que frecuentes revisiones del EAC no implican necesariamente una imposibilidad de realización del proyecto. Existe diversas técnicas para determinar la validez de un EAC dado por el contratista.

La primera técnica consiste en comparar la desviación del sobrecoste en la fecha actual con el sobrecoste estimado al final del proyecto. Si el sobrecoste en la fecha actual es mayor que el sobrecoste estimado al final del proyecto, implica que el contratista pretende reducir parte del sobrecoste a lo largo del proyecto, como ya se explicó. En Abril de 1990, los contratistas del programa A-12 predijeron una reducción del sobrecoste hasta la finalización del proyecto de 105 millones de dólares (\$459 - \$354).

Reducciones del sobrecoste en programas de defensa son extremadamente raros dada su alta carga de innovación tecnológica y riesgo, especialmente si se ha completado más del 20 % del proyecto (en el caso del A-12, hasta abril de 1990 se había completado el 37 %). Se consideró extremadamente dudoso la capacidad de los dos contratistas principales, McDONNELL-DOUGLAS y GENERAL DYNAMICS, para finalizar el proyecto A-12 en 4,400 millones de dólares.

La segunda comparación utiliza dos de los índices de rendimiento ya vistos: el CPI, y el TCPI. En el ejemplo que nos ocupa, el CPI era de 0.76 ($= 1491 / 1950$), que refleja que por cada dólar gastado, se había completado \$0.76. En este caso el TCPI fue de 1.04, indicando que será necesario obtener \$1.04 de trabajo a partir de cada \$1 que se invierta. Puede apreciarse como el CPI es peor que el TCPI, lo que indica que el EAC es demasiado optimista en relación con lo que se ha obtenido hasta esta fecha. Un EAC más realista puede obtenerse usando la siguiente fórmula:

$$EAC = AC + (BAC - EV) \quad (17.24)$$

Esta tercera comparación, implica generar un rango de posibles EAC usando para ello las ecuaciones vistas en apartados anteriores. La primera forma de calcular un EAC es mediante la fórmula 17.16. En tal caso, el EAC resulta ser: $EAC = 4046/0,76 = \$5323$ millones, un valor muy alejado del dado por el contratista.

La siguiente forma de calcular el EAC es mediante una simple extrapolación del AC al final del proyecto ajustándola mediante un factor de rendimiento que refleje las expectativas del analista sobre el futuro

Factor de rendimiento	Valor del factor	EAC (millones de dolares)
$\text{CPI} \times \text{SPI}$	0.5481	6.612
SPI	0.7168	5.514
$0,8 \times \text{CPI} + 0,2 \times \text{SPI}$	0.7551	5.334
CPI	0.7646	5.292

Cuadro 17.4: Rango estimado de valores para el EAC del programa A-12.

comportamiento del programa.

Usando datos de centenares de proyectos de defensa completados, se ha concluido que el comportamiento en el pasado de un programa de defensa es predecible en el futuro usando los índices CPI e SPI. Si el SPI es menor que la unidad indica una desviación desfavorable en la planificación. En el caso del programa A-12, el SPI era 0.72, indicando que para cada dólar de trabajo planificado, sólo se había llevado a cabo \$0.72. En la tabla adjunta se muestran los cuatro índices más populares y su EAC resultante para el proyecto A-12:

Cuando el proyecto está retrasado y con sobrecoste, el CPI y el SPI son menores que la unidad.

En abril de 1990, el SPI y el CPI eran 0.7168 ($= 1491 / 2080$), y 0.7646 ($= 1491 / 1950$) respectivamente. En enero de 1991 el proyecto A-12 fue definitivamente cancelado. Un análisis comparativo de la evolución de programas de aviones de combate de similares características dejó claro que el programa A-12 *había estado fuera de control casi desde sus comienzos*.

17.3 Conclusiones

17.3.1 Puntos tratados

Comienza el capítulo presentando la metodología EVMS y dentro de ésta la técnica del análisis del valor ganado, una técnica de gran utilidad en el seguimiento de los costes y plazos de los proyectos.

De la mano de una sucinta evocación de sus orígenes, se presenta ésta técnica y se le dota de un contexto, mediante la exposición del proceso iterativo de su implantación. Se presenta el esquema de implantación y se pone de relevancia como, tras calcular y analizar las desviaciones, la metodología permite implementar las medidas correctivas necesarias y reprogramar la ejecución de las actividades teniendo en cuenta dichas medidas con el fin de corregir las desviaciones anteriormente determinadas. Concluye esta primera introducción a las técnicas del valor ganado con la mención de algunas de las ventajas que este método de control de plazos y costes proporciona.

A continuación se presentan los principales conceptos implicados en la realización del análisis del valor ganado:

1. Cuantificación de lo realizado, lo esperado y lo pagado

- *Valor planificado*
- *Valor ganado*
- *Coste real*
- *Costes finales planificados*
- *Costes finales estimados*

2. Desviaciones en costes y plazos

- *La variación del coste*
- *La variación del cronograma*
- *La variación a la finalización del proyecto*

3. Estado del proyecto o actividad

- *Porcentaje completado*
- *Porcentaje gastado*
- *Porcentaje planeado*

Una vez presentados los conceptos que intervienen en el análisis del valor ganado, se explica el modo de determinar la evolución de los distintos tipos de costes a lo largo del tiempo valiéndose para ello de los diagramas de GANTT. Sabiendo determinar la evolución completa de los distintos tipos de costes, se explica el modo de realizar el cálculo de los parámetros necesarios para realizar el análisis del valor ganado en un determinado punto de control sin precisar para ello del trazado del conjunto completo de curvas en S.

Seguidamente, se reflexiona acerca del posible impacto que tanto la inflación como los cambios en la productividad pueden tener sobre los resultados del análisis.

Después, se presentan los principales índices de rendimiento:

- *Índice de rendimiento del coste*
- *Índice de rendimiento de la planificación*
- *Índice de rendimiento del trabajo por completar*

tras lo cual se completa la presentación de la metodología con la explicación correspondiente a varias formas de predecir el coste total de la obra a su finalización.

Concluye la lección con un caso real en el que la utilización del análisis del valor ganado tuvo consecuencias determinantes sobre el desarrollo de un proyecto.

17.3.2 Preguntas abiertas

1. Si AC es mayor que EV, ¿qué está ocurriendo? ¿Y si EV es menor que PV? Explique sus respuestas.
2. ¿Cómo influye la inflación en el análisis del valor ganado? ¿Y la experiencia que se va adquiriendo a medida que se ejecuta el proyecto? Ponga ejemplos.
3. Con respecto al *valor ganado*, ¿qué diferencia puede existir entre un proyecto típico de construcción y un proyecto de I+D?
4. Si el SPI en un instante del proyecto es menor de 1, ¿qué indica con respecto al contratista?
5. Si en un momento dado, el TCPI es mayor de 1, ¿qué significa con respecto al proyecto?, ¿y al contratista?
6. Explique las diferentes formas de calcular la EAC. ¿Cuál de ellas es la más restrictiva? ¿Y la que menos?
7. Para el ejemplo de la figura 17.13, supongamos que los datos para la fecha de control (abril 1990), fueron los siguientes: PV=2080, EV=1750, AC=1950, BAC=4046, EAC=4500. Calcule todos los coeficientes según el *análisis del valor ganado*, y determina la viabilidad o no de dicho proyecto. Justifique sus respuestas.

17.3.3 Lecturas recomendadas

Se recomienda la lectura de la referencia bibliográfica [4], lo que le proporcionará una visión más completa acerca de los diferentes conceptos implicados en el análisis del valor ganado.

Al lector interesado en encontrar una aproximación alternativa al contexto del control de plazos y costes se le recomienda revisar las referencias [6] y [5]. Los interesados en el contexto amplio de la dirección de plazos y costes pueden acudir a la referencia [1] a modo de guía que les presentará otros conceptos relacionados.

Referencias

- [1] ANSI/PMI 99-001-2013. *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*, 5ª ed. Project Management Institute, 2014.
- [2] CHRISTENSEN, D. S. The costs and benefits of the earned value management process. *Acquisition Review Quarterly* 5 (4) (1998), 373–377.
- [3] DEPARTMENT OF DEFENSE. Management Procedures for Major Defense Acquisition Programs. Tech. Rep. DOD 5000.2-R, Department of Defense, 1996.
- [4] FLEMING, Q. W., AND KOPPELMAN, J. M. *Earned value project management*, 3ª ed. Project Management Institute, 2005.
- [5] SCHWALBE, K. *Introduction to project management*. Thomson course technology, 2006.
- [6] WEBB, A. Uso del Valor Acumulado. Guía para Jefes de Proyecto. *AENOR Ediciones* (2005).