

# Adaptación de las técnicas de *earned value management* y *earned schedule* a los procesos de control del Departamento de Planeación de la Escuela Militar de Suboficiales “Sargento Inocencio Chincá”

## Adaptation of the earned value management and earned schedule techniques to the control processes of the Planning Department of the Military School of Suboficiales “Sargento Inocencio Chincá”

Rubén Darley Cristancho Cuestas<sup>1</sup>

Diego Alejandro Sanabria Peña<sup>2</sup>

Julián Enrique Barrero García<sup>3</sup>

DOI: <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.32.8964>

### RESUMEN

El presente artículo de investigación pretende socializar y presentar la adaptación de las técnicas de *Earned Value Management* (EVM) o gestión del valor ganado, como *Earned Schedule* (ES) o cronograma ganado en los procesos de control del Departamento de Planeación de la Escuela Militar de Suboficiales “Sargento Inocencio Chincá” (EMSUB). Reconociendo estas técnicas para el monitoreo y control de proyectos, las cuales permiten conocer su estado actual, comparándolo con la línea base para la medición del desempeño, además de generar pronósticos con base en el trabajo realizado hasta el momento. El objetivo de esta investigación es adaptar estas técnicas a los procesos de control del departamento de planeación de la EMSUB, para lo cual se utilizó “The Standard for Earned Value Management” del *Project Management Institute*, en el que se describe el proceso de aplicación de esta técnica, para luego analizar cuáles indicadores se podrían utilizar y serían útiles para el proceso de control. Finalmente se adaptaron las técnicas con base en las necesidades del departamento. Como resultado de la investigación se estableció que los indicadores de costo de la herramienta no eran aplicables a esta dependencia, por esta razón sólo se usaron indicadores de cronograma y alcance. Se entregó un *Dashboard* de Control al Departamento de Planeación con los indicadores claves de EVM y ES, lo cual mejoró significativamente los indicadores de tiempo y alcance de un periodo a otro.

**Palabras claves:** control, cronograma ganado, planeación académica, proyectos, valor ganado.

### ABSTRACT

This research article aims to socialize and present the adaptation of Earned Value Management (EVM) techniques or earned value management, such as Earned Schedule (ES) or schedule earned in the control processes of the planning department of the Military School of Non-commissioned officers Sergeant Inocencio Chincá (EMSUB). Recognizing these techniques for project monitoring and control, which allow knowing the status of the project, comparing it with the baseline for performance measurement; in addition to generating forecasts based on the work done so far. The objective of this research was to adapt these techniques to the control processes of the EMSUB planning department. To achieve this, “The Standard for Earned Value Management” of the Project Management Institute was used, in which the process of applying this technique is described, to then carry out an analysis on which indicators could be used and would be useful for the process of control, finally, the adaptation of the techniques based on the needs of the department was carried out. Because of the research, it was obtained that the cost indicators of the tool were not applicable to the control department, due to this, only schedule and scope indicators were used. Finally, a Control Dashboard was delivered to the planning department, with all the key indicators of EVM and ES; this managed to improve the indicators of time and scope of the department from one period to another significantly.

**Keywords:** Control, Earned Schedule, Academic Planning, Projects, Earned Value.



**Cómo citar este artículo:** R. D. Cristancho, D. A. Sanabria and J. E. Barrero. “Análisis envolvente de datos y sus aplicaciones en sostenibilidad”. *Ingeniare*, vol. 18, no. 32, pp. 59-82, Junio 2022.

1 Oficial de Grado Mayor del Ejército Nacional de Colombia. Magíster en Ciencias del Deporte y la Actividad Física. Licenciado en Educación Física. Decano de la Escuela Militar de Suboficiales “Sargento Inocencio Chincá”. [r.cristancho79@gmail.com](mailto:r.cristancho79@gmail.com).

2 Maestrante en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos, Ingeniero Mecánico. Director de la Unidad de Investigación de la Escuela Militar de Suboficiales “Sargento Inocencio Chincá” ORCID: 0000-0001-8895-6100 [proyectosformales@emsub.edu.co](mailto:proyectosformales@emsub.edu.co).

3 Magíster en Educación Ambiental. Especialista en Gestión Ambiental. Ingeniero Industrial. Profesor de la Unidad de Investigación. Escuela Militar de Suboficiales “Sargento Inocencio Chincá”. ORCID: 0000-0003-2143-9461 [Julian.barrero.profesor@emsub.edu.co](mailto:Julian.barrero.profesor@emsub.edu.co).

## 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación hace referencia al método de *Earned Value Management*, definido en "The Standard for Earned Value Management" como "una metodología que combina alcance, cronograma y mediciones de recursos para evaluar el desempeño y el progreso de un proyecto" [1]. De igual manera se aborda el método de *Earned Schedule*, que, como lo menciona [2], "se puede considerar como una extensión a la teoría del Método del Valor Ganado (EVM)". Además, menciona que "*Earned Schedule (ES)* se está incluyendo en los nuevos textos que tratan la Gestión de Proyectos y en las herramientas de análisis más nuevas que incluyen el Método del Valor Ganado (EVM)". Por lo tanto, estas dos técnicas están relacionadas y no se pueden abordar una sin la otra. Esta investigación presenta la adaptación de EVM y ES a los procesos de control del Departamento de Planeación de la Escuela Militar de Suboficiales.

Si bien es cierto que tanto el Método del Valor Ganado como el Método de Cronograma Ganado son realmente útiles en la gestión de proyectos, poco se menciona su utilización en otro tipo de aplicaciones. El objetivo de esta investigación es conocer la utilidad de estos métodos de monitoreo y control en un escenario diferente, en este caso para la investigación en el Departamento de Planeación de la Escuela Militar de Suboficiales. El interés se centró en el mejoramiento, la eficacia y efectividad de las actividades del Departamento de Planeación. Desde el punto de vista académico, se pretende generar interés hacia las disciplinas no relacionadas con la gerencia de proyectos, demostrando que los Métodos de Valor Ganado y Cronograma Ganado no son propiedad exclusiva de los gerentes de proyectos.

Primero se abordó la teoría existente, como "The Standard for Earned Value Management", publicado por [1], adaptado por el "American National Standards Institute" en su estándar ANSI PMI-99-001-2017, el cual establece la forma de usar EVM a través de los grupos de procesos de la gerencia de proyectos: inicio, planificación, ejecución, monitoreo/control y cierre. También se tomó en cuenta la teoría de gestión de valor ganado desarrollada por [3], que sostiene que los métodos que proporciona EVM presentan previsiones falsas y poco fiables cuando el proyecto está llegando al momento de su finalización, por tal motivo presenta una adaptación a los métodos para mejorar su aplicación.

Una vez se recopiló suficiente información (libros, artículos, estándares, tesis de posgrado) se analizó y depuró con el fin de obtener lo más relevante para la investigación. Se aplicaron técnicas como grupos focales y grupos de discusión para seleccionar la información. Además, se fue estructurando la forma de adaptar estos métodos al Departamento de Planeación. La metodología aplicada fue de tipo cualitativa. Se utilizaron algunos instrumentos de recolección de datos como encuestas, con el fin de percibir el rendimiento de esta dependencia antes y después de haber realizado la adaptación de EVM y ES en sus actividades diarias (revisión bibliográfica y búsqueda tecnológica).

Como objetivo principal de esta investigación se propuso mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos del Departamento de Planeación de la EMSUB, a través de la planeación, el monitoreo y el control

de sus actividades. Además, se propuso aportar en la generación de nuevo conocimiento, suscitando curiosidad en otras disciplinas acerca de la forma de utilizar los métodos EVM y ES en aplicaciones no relacionadas con la gerencia de proyectos.

## 2. DESARROLLO Y REFERENTES TEÓRICOS

Para abordar la teoría de *Earned Value Management* (EVM), primero se deben tomar en cuenta sus orígenes. De acuerdo con [4] “Una versión rudimentaria de EVM surge por primera vez en el año 1962 como parte del sistema PERT/COST en el proyecto de misiles balísticos Minuteman del Departamento de Defensa de los Estados Unidos” (p. 18). Esto lo ratifica [5], quien menciona acerca de EVM: “Se desarrolló en la oficina de Proyectos Especiales de la Armada de los EEUU, cuando el almirante William. F. Raborn reconoció que se necesitaba una planificación integrada y un sistema de control viable para el programa de misiles balísticos” (p. 18).

Si bien es cierto que a mediados de 1960 se establecen las primeras aproximaciones de la técnica, fue sólo hasta 1998, como lo menciona [4], que se publica la primera norma de EVS bajo la designación ANSI/EIA-748 (p. 18). En 1987 el *Project Management Institute* (PMI) publica el primer borrador del *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) en el que incluye la teoría de valor ganado en Gestión de Proyectos [6]. En el año 2019 el PMI publicó su primer estándar de valor ganado, llamado “The Standard for Earned Value Management”, que se convirtió en la última publicación sobre esta teoría.

Por otra parte, el primer borrador de la teoría de *Earned Schedule* (ES) la publicó en 2003 Lipkey en un artículo titulado “Schedule is Different” [3], en el que establece el problema con la teoría de EVM, tal como se conoce y propone una solución. Posteriormente, para el año 2011, como lo menciona [2]:

El mismo autor Walter Lipke publica un artículo en la revista *PM World Today*, January 2011 (Vol XIII, Issue I) titulado “Earned Schedule. Schedule performance analysis from EVM measures”. Este artículo supone una revisión del Plazo Ganado (ES) presentado en el año 2003, ya que, aunque el uso del Plazo Ganado (ES) ha crecido en los ocho años transcurridos desde su presentación hasta la fecha de publicación de este artículo, el propio autor reconoce que sigue siendo desconocido por muchos. La intención de este nuevo artículo es aumentar la curiosidad y el interés de aquellas personas que no conocen el Plazo Ganado (ES) (p. 395).

Actualmente las teorías de Valor Ganado (EVM) y Cronograma Ganado (ES) hacen parte del último estándar publicado por el PMI, “The Standard for Earned Value Management”, que dice [1]:

Un tema central en este estándar es el reconocimiento de que la definición de valor en EVM se ha expandido. Si bien el término conserva su definición tradicional en términos de costo del proyecto, abarca la práctica actual al incluir el concepto de cronograma ganado.

Con respecto a la teoría de Valor Ganado [7] comentan: "La metodología del valor ganado trata de integrar, bajo un mismo modelo, la gestión del plazo y del coste, indicándonos, en unidades monetarias, el posible retraso/adelanto de las operaciones, así como su infra/sobre coste" (p. 2). En el mismo sentido, [8] afirma: "Es un método de seguimiento de proyectos que resulta muy eficaz para el control de las actividades que se realizan en cada etapa del proyecto, dadas las restricciones de alcance, costo y tiempo que todo proyecto experimenta" (p. 3). Por último, [1] lo define como

Una metodología que combina el alcance, el cronograma y las mediciones de recursos para evaluar el desempeño y el progreso del proyecto. Un sistema de gestión de valor ganado (EVMS) es un conjunto de principios, métodos, procesos, prácticas y herramientas para gestionar el desempeño de un proyecto (p. 14).

Con respecto al Cronograma Ganado (ES), [9] explica: "La idea de *Earned Schedule* es análoga a *Earned Value*. Sin embargo, en lugar de usar el costo para medir el desempeño del cronograma, usaríamos el tiempo".

Con base en lo anterior, se puede concluir que la metodología del valor ganado permite combinar el alcance, el cronograma y el costo; además, calcular indicadores para evaluar el desempeño y el progreso de un proyecto en ciertos puntos definidos. A su vez, la metodología de cronograma ganado agrega valor a la metodología de EVM al incluir variables con las cuales se puede medir el desempeño del cronograma, es decir, el tiempo. En este orden de ideas, la presente investigación reúne las técnicas de EVM y ES usando los indicadores de cada una de las metodologías en conjunto, para adaptarlas al Departamento de Planeación de la EMSUB.

El tema de la presente investigación es adaptable a la EMSUB, ya que el desarrollo del semestre para la decanatura académica se considera un proyecto, que cuenta con un alcance definido, unos recursos asignados y un límite de tiempo establecido. De ahí que la principal razón del presente trabajo de investigación sea adaptar las metodologías de *Earned Value Management* y *Earned Schedule* a los procesos de control que desarrolla el Departamento de Planeación de la Escuela Militar de Suboficiales.

Se decidió denominarlo adaptación y no aplicación, debido a que el Departamento de Planeación de la EMSUB (encargado de la planeación, ejecución, monitoreo y control del desarrollo del semestre), primero, no lleva el control de gastos de los recursos invertidos en el semestre; por lo tanto, los indicadores de costos de la metodología no son aplicables para su utilización, y segundo, porque los indicadores que se utilizan tanto en EVM con ES tienen como medida las unidades monetarias, lo cual no tendría sentido ya que esta dependencia no maneja el control sobre los recursos. En resumen, las dos principales adaptaciones fueron no usar los indicadores de costo y cambiar la unidad de medida de las metodologías, pasándolas de unidades monetarias a bloques de clases dictadas. Para entender estas adaptaciones, primero se describen las metodologías, tal como se conocen, y después se abordan su adaptación y aplicación.

Para describir de una manera ordenada las variables pertenecientes a *Earned Value Management* (EVM) y a *Earned Schedule* (ES) se utiliza lo propuesto por [10], donde establecen tres grupos de magnitudes, de los que solamente el primero es directo, mientras los demás se derivan aritméticamente de éste (p. 4). Con la modificación se incluye un cuarto grupo. Según este autor, los grupos son los siguientes: grupo 1: magnitudes que se hallan directamente. Grupo 2: desviaciones calculadas a partir de los valores de las magnitudes anteriores en un momento dado del proyecto, y grupo 3: predicciones sobre la finalización del proyecto calculadas a partir de extrapolar los valores de las magnitudes anteriores en un momento dado del proyecto [10]. Para este caso de estudio los grupos 1 y 2 permanecen iguales. El tercero se denomina indicadores calculados a partir de las magnitudes directas en un momento dado del proyecto. El cuarto grupo, tercero para el autor, se denomina predicciones sobre la finalización del proyecto, calculadas a partir de extrapolar los valores de las magnitudes anteriores en un momento dado del proyecto.

Si bien es cierto que el autor usa estas categorías para explicar la metodología del valor ganado, en la presente investigación se incluye las variables relacionadas con la gestión de cronograma ganado, ya que están muy relacionadas. Además, de acuerdo con las necesidades de la Escuela Militar de Suboficiales, estas variables generan un alto impacto en los procesos de control del Departamento de Planeación.

A continuación, se presentan las categorías mencionadas con sus respectivas variables, tanto para EVM como para ES. Con el fin de tener una visión global de las variables usadas en las metodologías, además de exponer la adaptación que se realizó a las metodologías para su aplicación en la EMSUB.

**Primer grupo:** magnitudes que se hallan directamente.

**Tabla 1. Magnitudes directas**

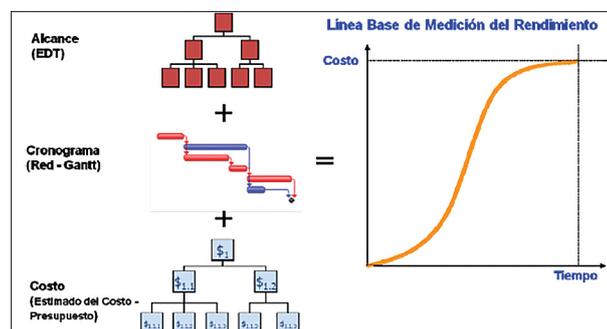
Variables EVM		Variables ES	
<b>PV:</b> Valor Planeado	El presupuesto autorizado asignado al trabajo programado [1]	<b>ES:</b> Cronograma ganado	Esta es la duración desde el inicio del proyecto hasta la fecha en la que PV debería haber sido igual al valor actual de EV [11].
<b>EV:</b> Valor Ganado	La medida del trabajo realizado expresada en términos del presupuesto autorizado para ese trabajo [1].	<b>AT:</b> Tiempo actual	Esta es la duración desde el inicio del proyecto hasta la fecha de estado [11].
<b>AC:</b> Costo Actual	El costo realizado incurrido por el trabajo realizado en una actividad durante un periodo de tiempo específico [1].	<b>SAC:</b> Cronograma hasta la conclusión	Esta es la duración de finalización planificada original del proyecto [11].
<b>BAC:</b> Presupuesto hasta la conclusión	La suma de todos los presupuestos establecidos para el trabajo que se debe realizar [1].		

Fuente: elaboración propia.

La información relacionada en la tabla anterior (Tabla 1) se puede apreciar a continuación (Figura 1). En la figura se observa perfectamente cómo en el eje de las "X" están las variables de cronograma ganado, en otras palabras, tiempo. Mientras que en el eje de las "Y" están las variables relacionadas con valor ganado. Como se mencionó, éstas tienen como unidad de medida el costo o unidad monetaria. Además, se presenta un ejemplo sobre cuándo un proyecto tiene bajo rendimiento y cuándo alto rendimiento, lo cual está relacionado con las posiciones de las curvas (PV, EV y AC).

Con el fin de interiorizar la tabla anterior, es importante aclarar que al graficar estas variables se dibujan tres curvas (Figura 2). La primera curva es la línea base de medición del desempeño, que es el valor acumulado de los recursos que se invertirán en el proyecto a través del tiempo. Para entender esta curva es importante entender que esta línea base está conformada, como lo menciona [12] por:

- La estructura de desglose del trabajo (EDT), la cual la define el PMBOK [13] como  
 Una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos. La EDT/WBS organiza y define el alcance total del proyecto y representa el trabajo especificado en el enunciado del alcance del proyecto aprobado y vigente (p. 157).
- El cronograma del proyecto, que define el PMI (2016) [14] como "Un resultado de un modelo de programación que presenta actividades vinculadas con fechas, duraciones, hitos y recursos planificados".
- Estructura de desglose de costos (CBS), la cual [15] definen como "un desglose del proyecto desde un punto de vista de control de costos y/o de monitoreo de contratos".

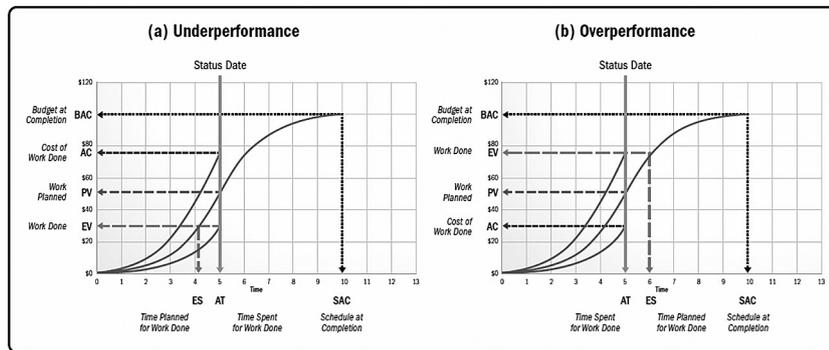


**Figura 1. Línea base para la medición del desempeño**

Fuente: *La gestión del valor ganado y su aplicación* [12].

Esta curva tiene como valor acumulado total el Presupuesto hasta la conclusión o (BAC). Por otro lado, está el Costo Actual o (AC), el cual es la curva de los costos que realmente se están invirtiendo dentro

del proyecto, que puede estar tanto por encima (sobrecostos) como por debajo (ahorros) de la línea base para la medición del desempeño. La última curva, EV o Valor Ganado, muestra el avance sobre el trabajo que realmente se ha tenido. Al igual que la curva de AC, puede estar por encima (se ha logrado hacer más de lo que se tenía proyectado a esa fecha) o por debajo (se ha hecho menos de lo que se tenía proyectado hacer a esa fecha). Por último, el valor de PV es el valor planificado de los cotos que se deberían haber invertido en el momento de corte o fecha de estado (AT).



**Figura 2. Magnitudes directas**

Fuente: *The standard for earned value management* (pp. 86, 91) [1].

En relación con el cronograma ganado, se pueden apreciar tres variables, mencionadas en la Tabla 1 (AT, ES y SAC). La primera representa el tiempo actual en el que se está realizando la revisión, la fecha de estado o fecha de corte. La variable ES es el tiempo que realmente se debería haber invertido para lograr el trabajo que realmente se ha realizado (EV). Por tal razón, en las proyecciones de los puntos EV y ES se interceptan siempre. Para este caso, cuando ES está detrás de AT el proyecto está atrasado en tiempo, mientras que si ES está delante de ES el proyecto está adelantado con respecto a la proyección. Por último, SAC es la cantidad acumulada de tiempo proyectada para la realización del proyecto.

**Segundo grupo:** desviaciones calculadas a partir de los valores de las magnitudes anteriores en un momento dado del proyecto.

**Tabla 2. Desviaciones**

Variables EVM		Variables ES	
CV: Desviación de costo	la diferencia entre el costo presupuestado del trabajo realizado y el costo real del trabajo realizado [16]	SV <sub>t</sub> : Varianza en el cronograma	La variación de tiempo es una medida del desempeño del cronograma en unidades de tiempo en lugar de unidades de costo. Si este valor es negativo el proyecto está retrasado, y si es positivo está adelantado. Esto se llama variación del cronograma (tiempo) [11].
SV <sub>w</sub> : Desviación de trabajo	Mide el déficit o la abundancia de trabajo realizado a lo largo del tiempo [1]		

Fuente: elaboración propia.

Como se estableció en la categorización del segundo grupo de variables, las desviaciones CV, y se calculan a partir de las magnitudes que se observan directamente. A continuación, se presentan las ecuaciones para cada una de estas varianzas/ desviaciones:

- **Desviación en el costo:** determina en qué medida el costo planificado se ha superado o reducido.

$$CV = EV - AC \quad (1)$$

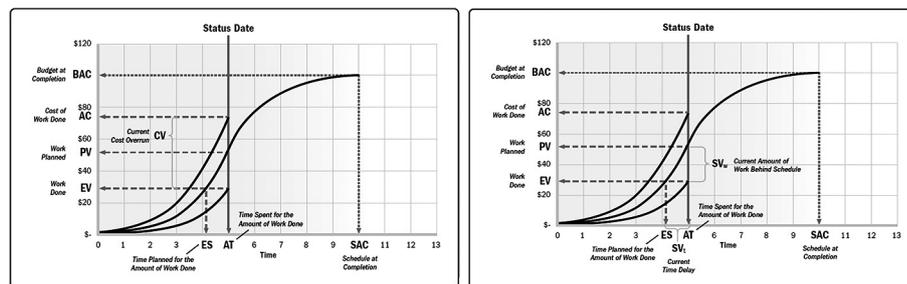
- **Desviación en el trabajo:** determina en qué medida el trabajo programado está retrasado o adelantado.

$$SV_w = EV - PV \quad (2)$$

- **Desviación en el cronograma:** establece en qué medida el cronograma programado se retrasó o adelantó.

$$SV_t = ES - AT \quad (3)$$

En la Figura 3 se muestra la forma como se relaciona el valor ganado (EV) con el AC y el PV, con el fin de establecer cuál es esa varianza en costo y trabajo. Además, muestra cómo se relaciona el ES con el AT para obtener la desviación en el cronograma.



**Figura 3. Varianza en costo, trabajo y cronograma**

Fuente: *The standard for earned value management* (pp. 88, 91) [1].

**Tercer grupo:** indicadores calculados a partir de las magnitudes directas en un momento dado del proyecto.

**Tabla 3. Indicadores de rendimiento**

Variables EVM		Variables ES	
<i>CPI</i> : Indicador de rendimiento de costo	Medida de la rentabilidad de los recursos presupuestados, expresada como la relación entre el valor ganado y el costo real [1].	<i>SPI<sub>t</sub></i> : Indicador de rendimiento de cronograma	Mide, en promedio, la fracción del tiempo transcurrido para realizar cada unidad de trabajo [1].
<i>SPI<sub>w</sub></i> : Indicador de rendimiento de trabajo.	Índice de desempeño del programa, expresado en variación del volumen de trabajo [1].		

Fuente: elaboración propia.

Tal como sucede con las variables del segundo grupo, los índices *CPI*, *SPI<sub>w</sub>* y *SPI<sub>t</sub>* se calculan a partir de las magnitudes directas explicadas en el grupo uno. A continuación, se presentan las ecuaciones para cada uno de estos indicadores de rendimiento:

- **Indicador de rendimiento del costo:** se considera una medida de la rentabilidad de los recursos invertidos.

$$CPI = EV / AC \quad (4)$$

- **Indicador de rendimiento del trabajo:** se considera una medida de la eficiencia en el desarrollo del trabajo.

$$SPI_w = EV / PV \quad (5)$$

- **Indicador de rendimiento del cronograma:** se considera una medida de la eficiencia en el desarrollo del cronograma.

$$SPI_t = ES / AT \quad (6)$$

Es importante aclarar que la relación **óptima** de estos dos indicadores debería ser 1, como lo mencionan [17]:

El desempeño perfecto para un proyecto de valor ganado se considera un desempeño 1.0, tanto por el lado de los costos como por el trabajo programado. Cualquier costo o desempeño del cronograma que caiga por debajo del estándar 1.0 debe ser el foco del gerente de proyecto y del equipo.

Por esta razón a continuación se presenta una tabla en la que se relacionan los indicadores vistos, con su respectiva interpretación (Tabla 4). Esto sirve como base para entender los resultados obtenidos en la adaptación de la metodología al Departamento de Planeación de la EMSUB.

**Tabla 4. Interpretación de los indicadores de rendimiento**

INDICADORES DE RENDIMIENTO		
TRABAJO	$SPI_w > 1$	El trabajo realizado es mayor al planificado.
	$SPI_w = 1$	El trabajo realizado es igual al planificado.
	$SPI_w < 1$	El trabajo realizado es menor al planificado.
CRONOGRAMA	$SPI_t > 1$	El tiempo gastado es menor al planificado.
	$SPI_t = 1$	El tiempo gastado es igual al planificado.
	$SPI_t < 1$	El tiempo gastado es menor al planificado.
COSTO	$CPI > 1$	El valor del trabajo terminado es mayor que los recursos gastados para lograrlo.
	$CPI = 1$	El valor del trabajo terminado es igual que los recursos gastados para lograrlo.
	$CPI < 1$	El valor del trabajo terminado es menor que los recursos gastados para lograrlo.

Fuente: elaboración propia.

Estos indicadores son muy importantes, ya que están directamente relacionados con las políticas de calidad de la organización, como lo establece [12], "En cada organización existen márgenes de tolerancia considerados aceptables para el desempeño de los proyectos". En este caso, la Escuela Militar de Suboficiales define sus umbrales de calidad, que establecen los límites de tolerancia y control aceptables. A continuación, se presentan los umbrales de calidad establecidos por la decanatura académica para los indicadores  $SPI_w$ ,  $SPI_t$  y  $CPI$  (Tabla 5).

**Tabla 5. Interpretación de los indicadores de rendimiento**

UMBRALES DE CALIDAD	
Zona de revisión	$ZP > 1.1$
Límite de tolerancia superior	$1.00 > LTS > 1.1$
Límite de control superior	$< 1,00$
Límite de control inferior	$> 0,90$
Límite de tolerancia inferior	$0.90 > LTI > 0.84$
Zona problema	$ZP < 0.84$

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la Decanatura Académica, los límites de control (zona de color verde) los establece el Departamento de Planeación. Estos indican los valores máximos y mínimos permitidos en el rendimiento del semestre académico, cuyo proceso se encuentra bajo el control de esta dependencia. Dentro de estos límites, la Decanatura Académica considera que se podría ajustar el rendimiento sin afectar el desarrollo del semestre. Por otra parte, los límites de tolerancia (zonas amarilla y azul) los establece la Decanatura Académica. La zona amarilla representa el rango en el que el rendimiento del semestre académico está comprometido y necesariamente necesita un ajuste, ya que el proceso se encuentra

fuera de control y es muy poco probable alcanzar lo planificado. Por otro lado, las zonas azul clara y oscura visualmente parecen ser muy buenas, ya que tienen un rendimiento de más del 100%, es decir, se está haciendo **más de lo planeado**. De acuerdo con la Decanatura Académica, esto también debe significar un tipo de alerta para el Departamento de Planeación, puesto que no es muy probable este tipo de rendimiento, debido a la volatilidad del desarrollo del semestre académico, lo cual podría deberse a malas prácticas en el proceso de control o factores que probablemente no se estén teniendo en cuenta para calcular estos indicadores de rendimiento.

**Cuarto grupo:** predicciones sobre la finalización del proyecto, calculadas a partir de extrapolar los valores de las magnitudes directas en un momento dado del proyecto.

**Tabla 6. Variables de pronóstico**

Variables EVM		Variables ES	
<b>EAC:</b> Estimado hasta la conclusión	El costo total esperado de completar todo el trabajo, expresado como suma del costo real hasta la fecha y la estimación para completar [1]	<b>TEAC:</b> Tiempo estimado para finalizar.	Es el tiempo estimado del proyecto para la finalización del proyecto.
<b>ETC:</b> Estimación para completar	El costo esperado para terminar el trabajo restante del proyecto [1].	<b>TVAC:</b> Variación del tiempo al finalizar	La variación de tiempo al finalizar da una indicación de la cantidad estimada de tiempo que se completará el proyecto adelantado o retrasado [11].
<b>TCPI:</b> Índice de desempeño para completar	Una medida del desempeño de costos que se debe lograr con los recursos restantes para cumplir con una meta de gestión específica, expresada como la relación entre el costo para terminar el trabajo pendiente y el presupuesto disponible [1]		
<b>VAC:</b> Varianza al finalizar	Una proyección de la cantidad de déficit o superávit presupuestario, expresada como la diferencia entre el presupuesto al finalizar y la estimación al finalizar [1].		

Fuente: elaboración propia.

Así como sucede con las variables del segundo y tercer grupo, las variables de pronóstico (EAC), (ETC), (TCPI) y todas las demás mencionadas en la Tabla 6, se calculan a partir de las magnitudes directas explicadas en el grupo uno. A continuación, se presentan las ecuaciones para cada una de estas variables de pronóstico.

- **Estimado hasta la conclusión:** se considera como el valor del presupuesto pronosticado hasta la conclusión del proyecto, que se obtiene al proyectar los resultados presentes. El PMI, en su estándar para la gestión de valor ganado, describe cuatro formas para obtener este valor. Con respecto a la primera manera de obtenerlo, el [1] menciona "Si se espera que el CPI sea el mismo para el resto del proyecto, EAC se puede calcular usando" (p. 21):

$$EAC = BAC / CPI \quad (7)$$

También dice: "Si el trabajo futuro será realizado a la velocidad planeada, usar" (p. 21):

$$EAC = AC + BAC - EV \quad (8)$$

El PMI (2019) también establece: "Si el plan inicial ya no es válido, usar" (p. 21):

$$EAC = AC + Bottom\_UP\ ETC \quad (9)$$

Para este caso, *Bottom\_UP ETC* es una nueva estimación que debe realizarse al proyecto, teniendo en cuenta los cotos en los cuales se ha incurrido. Esto podría deberse a una mala planificación del proyecto o simplemente a una mala gestión de riesgos.

Por último, [1] establece una cuarta forma de calcular este valor con base en: "Si tanto el CPI como el SPI influyen en el trabajo restante, utilice" (p. 21):

$$EAC = AC + ((BAC - EV) / (CPI * SPI)) \quad (10)$$

- **Estimado para completar:** es el valor del presupuesto restante para completar el proyecto. Al respecto, [1] define dos maneras para obtener su valor. La primera, "Suponiendo que el trabajo avanza según el plan, el costo de completar el trabajo autorizado restante se puede calcular utilizando" (p. 21):

$$ETC = EAC - AC \quad (11)$$

Por otra parte, cuando es necesario reestimar el trabajo restante, como se mencionó, se debe calcular el estimado para completar reestimando los recursos y actividades para obtener el alcance definido en la declaración de alcance del proyecto.

$$ETC = Reestimación \quad (12)$$

- **Índice de desempeño para completar:** es el índice de rendimiento que debe tener el proyecto de ahora en adelante para que cumpla con los valores planeados, tanto de tiempo como de costo.

El PMI también define dos maneras para obtener su valor. La primera, si queremos conocer la eficiencia que debe mantener para cumplir con los valores planificados:

$$TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC) \quad (13)$$

Con la segunda fórmula para obtener el TCPI se puede establecer la eficiencia que se debe mantener para completar la EAC actual.

$$TCPI = (BAC - EV) / (EAC - AC) \quad (14)$$

- **Varianza al finalizar:** es la diferencia entre el costo planificado del proyecto con respecto al costo estimado para completar el trabajo.

$$VAC = BAC - EAC \quad (15)$$

- **Tiempo estimado para finalizar:** es una estimación de la duración total del proyecto con base en el rendimiento del tiempo actual.

$$TEAC = SAC / SPI_t \quad (16)$$

- **Variación del tiempo al finalizar:** es la diferencia entre la duración del proyecto estimada en el plan con respecto a la estimación final de terminación.

$$TVAC = SAC - TEAC \quad (17)$$

En resumen, en los cuatro grupos mencionados se expusieron las variables que hacen parte de *Earned Value Management* (EVM) y de *Earned Schedule* (ES), con el fin de entender las metodologías como se conocen en la gerencia de proyectos. No obstante, esta investigación aborda la adaptación de estas metodologías con base en las necesidades de la Escuela Militar de Suboficiales, específicamente, las del Departamento de Planeación. Finalmente, teniendo en cuenta esta información se presentan las dos adaptaciones realizadas a las metodologías para su adecuada implementación.

La primera consiste en no utilizar los indicadores de costos en el tablero de control desarrollado para mejorar los procesos del Departamento de Planeación. Debido a que esta dependencia no realiza el monitoreo y control de los recursos asignados al desarrollo del semestre académico, esta función la realiza la oficina del B4 de la Escuela. Por ende, variables como *AC*, *CV* y *CPI* no hacen parte de la adaptación en esta investigación, así como las variables de pronóstico del *Earned Value Management* (EVM), como *EAC*, *ETC*, etc., ya que éstas evalúan la forma como aumenta el costo del proyecto y el valor. Para estas proyecciones, la EMSUB adoptó las relacionadas con *Earned Schedule* (ES). Esta primera adaptación

obliga al Departamento de Planeación a usar dos de las tres curvas mencionadas (la línea base para la medición del desempeño o línea base y la curva de valor ganado).

La segunda adaptación, el cambio de unidad de medida de la metodología de valor ganado, de unidad monetaria a cantidad de bloques de clases dictados, se debe a que como este departamento no maneja los recursos para el desarrollo del semestre su unidad de medida no es el dinero, ellos utilizan la cantidad de bloques de clases dictados. Si bien es cierto, esta es una gran adaptación, como lo establecen [18], para proyectos ágiles:

EVM tendrá que adoptar una nueva terminología y adaptar sus métricas de definición para que sean significativas en un entorno ágil, y que existan analogías convenientes que se pueden construir entre las métricas de EVM y las métricas de Agile.

Con base en esto, se puede apreciar que las organizaciones no se deben adaptar a las metodologías, por el contrario, son éstas las que se deben ir adaptando a las organizaciones, a los nuevos procesos, a los nuevos desafíos que se presentan. Además, como lo mencionan [18], haciendo énfasis en la primera adaptación realizada, al no incluir la curva de costos, estos autores establecen que:

El seguimiento de costos y el análisis de variaciones de costos generalmente no han sido el dominio o la preocupación de los equipos de desarrollo ágiles. La variación de costos, también una métrica clave de EVM, es difícil de medir o incluso inferir utilizando las métricas ágiles típicas.

Esto permite concluir que, posiblemente, las adaptaciones realizadas no son tan insensatas como podría parecer.

### **3. METODOLOGÍA**

La presente investigación es cualitativa, que para [19] podría entenderse como:

una categoría de diseños de investigación. La mayor parte de los estudios cualitativos están preocupados por el entorno de los acontecimientos y centran su indagación en aquellos contextos naturales, o tomados tal y como se encuentran, más que reconstruidos o modificados por el investigador, en los que los seres humanos se implican e interesan, evalúan y experimentan directamente.

Se tomó como base una teoría fundamentada, de ahí que en esta investigación inicialmente se usaron técnicas de recopilación de datos como observación, discusión en el grupo de trabajo de planeación, entrevistas, entre otras, con el fin de comprender las necesidades de esta dependencia en su contexto habitual. "La teoría fundamentada es una metodología general para recolectar y analizar

sistemáticamente los datos. La teoría se desarrolla durante la investigación a través de una continua interpelación entre el análisis y la recolección de datos” [20].

Como técnica de investigación se presenta un estudio de caso para el curso 104, perteneciente al tercer nivel del semestre académico 2020-1, ya que como se mencionó, el semestre académico se considera un proyecto para la Escuela Militar de Suboficiales, puesto que tiene un tiempo establecido, que en este caso son 16 semanas académicas; tiene unos recursos asignados, que corresponde a los docentes y a la infraestructura necesaria para dictar las clases; además, tiene un alcance definido, que consiste en dictar 5.392 bloques de clases a los estudiantes de las tecnologías, como se presenta a continuación (Tabla 7).

**Tabla 7. Alcance total definido en bloques de clases**

Nivel	Tecnología	Bloques totales
Nivel 3	<b>TEM</b>	3.840
Nivel 3	<b>TLM</b>	336
Nivel 3	<b>TCC</b>	320
Nivel 3	<b>TGP</b>	336
Nivel 3	<b>TDH</b>	560
		5392

Fuente: elaboración propia.

Cabe señalar que la adaptación a estas metodologías se realizó para mejorar el control general, es decir, la forma como se comporta el desarrollo del semestre, evaluando a los estudiantes del nivel 3 como un todo, como un nivel específico, aplicando esta adaptación para el desarrollo de cada una de las tecnologías. Si bien es cierto que en el presente caso de estudio sólo se muestra la adaptación general para el nivel 3, la Escuela Militar de Suboficiales decidió implementar esta adaptación en los demás niveles académicos (niveles 1 y 2), incluyendo el control específico por tecnología.

A continuación, se expone el desarrollo real del semestre académico con fecha de corte en la novena semana, mostrando cómo se han utilizado las metodologías de valor y cronograma ganados en los procesos de control del Departamento de Planeación para el nivel 3 del semestre 2020-1 (Figura 4).

Antes de explicar las variables mencionadas, adaptadas al Departamento de Planeación de la EMSUB, es importante entender cómo se obtienen las dos líneas de la figura anterior. La línea de color rojo, denominada curva del valor ganado, representa el avance real que ha tenido el desarrollo del semestre durante esas nueve semanas. La segunda línea (azul) es la base para la medición del desempeño, proyecta cómo se debería avanzar semana tras semana en el desarrollo académico. Sirve como línea de comparación respecto a lo que se va a ejecutar dentro del semestre.

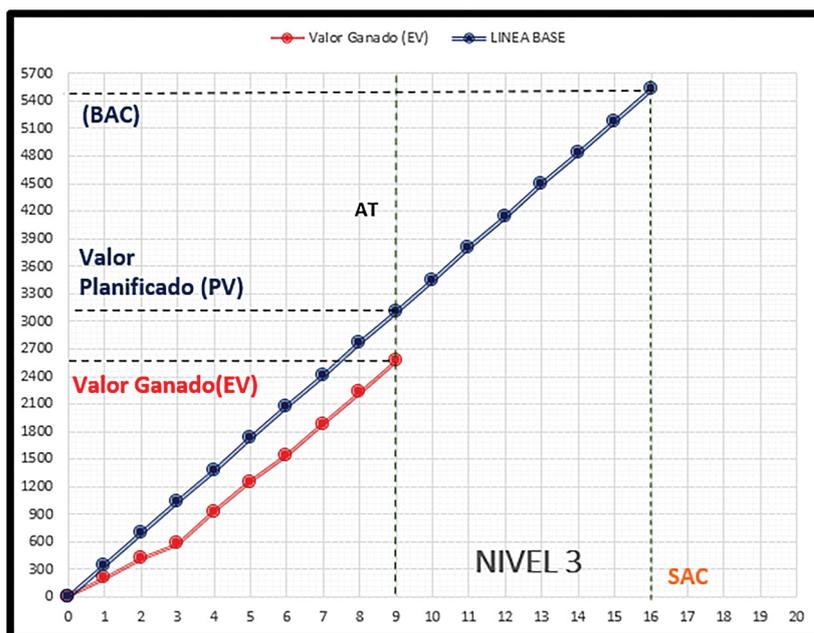


Figura 4. Ejemplo del informe a la decanatura (semana 9)

Fuente: elaboración propia.

Respecto a la línea base es importante aclarar que la adaptada es una línea recta, mientras que las líneas base mostradas anteriormente son curvas con forma de "S". Esto se debe a que en el desarrollo de los proyectos el alcance que se obtiene semana a semana no es el mismo. En las etapas iniciales la inversión es poca, mientras que en la ejecución (mitad de la cueva) la inversión es mayor, haciendo que la línea base tome forma de "S". Por otra parte, el alcance que se proyecta semana a semana en el Departamento de Planeación es el mismo, ya que los estudiantes tienen el mismo número de horas. En cuanto a los días festivos, los estudiantes los recuperan los fines de semana, siempre y cuando sea necesario. Por esta razón la línea base para la medición del desempeño se comporta como una línea recta, ya que semana tras semana aumentan la cantidad de bloques. Esta línea base se obtiene graficando semanalmente el valor obtenido al dividir el alcance total de bloques del semestre (*BAC*) entre la cantidad de semanas disponibles (*SAC*). A continuación, se definen las variables expuestas en la gráfica, las cuales hacen parte del grupo uno:

- **BAC.** Valor total de todo el trabajo acumulado. En este caso serían los 5.392 bloques de clases que se deben que dictar en el nivel 3.
- **PV.** Valor planificado. Cantidad de bloques de clases que se deberían haber dictado hasta la semana 9. Si se considera que se dicta la misma cantidad de bloques cada semana, este valor se obtiene al dividir nuestro objetivo total del semestre dentro del tiempo estimado, que corresponde a 16 semanas, multiplicado por las nueve semanas dictadas. Como resultado se obtienen 337 bloques

que se deben dictar por semana. La cantidad de bloques por semana graficados forman la *línea base para la medición del desempeño*. Ahora, este valor multiplicado por nueve semanas da como resultado 3.033 bloques que se deberían haber dictado hasta la semana 9, PV.

- **EV.** El valor ganado es la cantidad de bloques que realmente se han dictado. De acuerdo con la información suministrada por el Departamento de Planeación, a la fecha llevaban dictados 2.569 bloques.
- **ES.** El cronograma ganado es el tiempo real que se debería haber utilizado para realizar el trabajo que realmente se ha logrado. Para calcularlo, primero se determina la ecuación de la línea base para la medición de desempeño utilizando la función de línea de tendencia de Excel, con los datos de la cantidad de clases programadas por semana. De esto se obtiene la siguiente ecuación:

$$Y = 337 * X \quad (18)$$

Donde  $Y$  representa los bloques dictados en el nivel 3 por semana y  $X$  la semana del semestre académico. Posteriormente se calcula el valor de ES (tiempo que se debió haber gastado según lo planificado para realizar totalmente el trabajo), que según la Figura 4 es EV o 2.569 bloques. Este dato se reemplaza en la ecuación para obtener el valor de ES, que corresponde a 7,62 semanas.

- **AT.** Tiempo actual o fecha de estado, momento en el que se está realizando el corte, es decir, la semana 9.
- **SAC.** El cronograma hasta la conclusión es la fecha proyectada para terminar el semestre, en este caso, la semana 16.

En resumen, se obtienen los siguientes datos, que sirven de base para evaluar el estado del desarrollo del semestre académico 2020-1 para el nivel tres:

- **BAC:** 5.392 bloques
- **PV:** 3.033 bloques
- **EV:** 2.569 bloques
- **ES:** 7,62 semanas
- **AT:** semana 9
- **SAC:** semana 16

Los datos obtenidos hacen parte del grupo uno. Como se mencionó, estos datos sirven como base para obtener las siguientes varianzas, que hacen parte del grupo dos:

- $SV_w$ : la varianza del trabajo, que para esta adaptación es la cantidad de bloques que se han dejado de dictar o, simplemente, el atraso en el desarrollo del semestre.

$$SV_w = EV - PV$$

$$SV_w = 2569 - 3033 = -464 \text{ bloques}$$

- $SV_t$ : la varianza en el cronograma determina el tiempo en el desarrollo del semestre respecto al que se debería haber avanzado (PV).

$$SV_t = ES - AT$$

$$SV_t = 7,62 - 9 = -1,38 \text{ semanas}$$

Seguidamente, se presenta la aplicación del caso de estudio para las variables del grupo tres, con los siguientes indicadores de rendimiento:

- $SPI_w$ : esta variable de rendimiento del trabajo permite conocer la capacidad del Departamento de Planeación para programar y dictar los bloques planificados. En la Figura 4 se puede evidenciar el desempeño de este indicador durante las nueve semanas:

$$SPI_w = EV / PV$$

$$SPI_w = 2569 / 3033 = 0,8470 = 84,7\%$$

- $SPI_t$ : la variable de rendimiento del cronograma muestra el avance en tiempo durante el desarrollo del semestre.

$$SPI_t = ES / AT$$

$$SPI_t = 7,62 / 9 = 0,846 = 86,4\%$$

Cabe aclarar que, en el estándar para la gestión de valor ganado, el PMI no menciona específicamente los indicadores que se presentan a continuación; no obstante, están directamente relacionados con las magnitudes directas establecidas en el grupo uno de las metodologías abordadas en esta investigación.

$$EV_{\%} = EV / BAC \quad (19)$$

$$PV_{\%} = PV / BAC \quad (20)$$

El primer indicador representa el porcentaje de avance real durante el desarrollo académico. El segundo hace referencia al porcentaje de avance planificado que se debería haber tenido hasta la fecha. Para el caso de estudio, el valor de estos indicadores es:

$$EV_{\%} = EV / BAC$$

$$EV_{\%} = 2569 / 5392 = 0,4814 = 48,14\%$$

$$PV_{\%} = PV / BAC$$

$$PV_{\%} = 3033 / 5392 = 0,5625 = 56,25\%$$

Por último, se presentan las variables que conforman el grupo cuatro, relacionadas con los pronósticos o proyecciones del futuro desempeño. Como se mencionó, en este caso sólo se abordan las variables relacionadas con el cronograma ganado.

- **TEAC:** es la proyección del tiempo que tomaría desarrollar el semestre, con base en el rendimiento del tiempo que se ha tenido hasta ahora.

$$TEAC = SAC / SPI_t$$

$$TEAC = 16 / 0,894 = 18,51 \text{ semanas}$$

- **TVAC:** es la variación del semestre de lo planeado respecto a lo proyectado, de acuerdo con el indicador de rendimiento.

$$TVAC = SAC - TEAC$$

$$TVAC = 16 - 18,51 = 2,51 \text{ semanas}$$

Es importante precisar que los resultados obtenidos de las metodologías adaptadas entregan algún tipo de información si se evalúan en el contexto del desarrollo del semestre. Por esta razón, a continuación, se resumen las variables expuestas.

- **BAC:** 5.392 bloques

- **PV:** 3.033 bloques
- **EV:** 2.569 bloques
- **ES:** 7,62 semanas
- **AT:** Semana 9
- **SAC:** Semana 16
- **SV<sub>w</sub>:** -464 bloques
- **SV<sub>t</sub>:** -1,38 semanas
- **SPI<sub>w</sub>:** 84,7%
- **SPI<sub>t</sub>:** 86,4%
- **EV<sub>%</sub>:** 48,14%
- **PV<sub>%</sub>:** 56,25%
- **TEAC:** 18,51 semanas
- **TVAC:** 2,51 semanas

De estas variables se puede inferir lo siguiente:

- El alcance proyectado para la semana 9 era de 3.033 bloques, pero sólo se han dictado 2.569; por lo tanto, a la fecha se han dejado de dictar 464 bloques. Esto evidencia que el rendimiento en el alcance a la semana nueve es de sólo el 84,7%, lo cual, de acuerdo con los umbrales de calidad establecidos por decanatura académica, no es bueno, ya que se encuentra en la zona problema.
- Respecto al tiempo, se tenía proyectado utilizar 16 semanas para el desarrollo del semestre, pero en la semana 9 ya se han perdido 1,38 semanas de clase, es decir, se ha tenido un rendimiento del 86,4%. De acuerdo con las proyecciones, se estima que el semestre académico dure 18,51 semanas, con un incremento de 2,51 semanas.
- Para finalizar, se aprecia que el desarrollo del semestre está en un 48,14%, mientras que se ha consumido el 56,25% del tiempo, lo que evidencia un atraso considerable.

#### 4. RESULTADOS

Como resultado de la adaptación de estas metodologías a los procesos de control del Departamento de Planeación se obtuvo un tablero de control o *Dashboard*, que actualiza semanalmente un asesor de planeación, quien además está encargado de generar los reportes de estado, tanto a nivel general como de tecnologías, con el fin de mantener un monitoreo constante y poder tomar las acciones correctivas correspondientes. Cabe aclarar que este tablero no pretende proponer acciones correctivas, sólo sirve como herramienta para visualizar el estado del semestre en un momento determinado y mejorar la toma de decisiones por parte de la dirección de la Escuela Militar de Suboficiales. La interpretación, análisis y posterior acción correctiva es responsabilidad de las personas encargadas de esta función. A continuación, se muestra una parte del tablero de control que actualmente utiliza el Departamento de Planeación de la EMSUB (Figura 5).

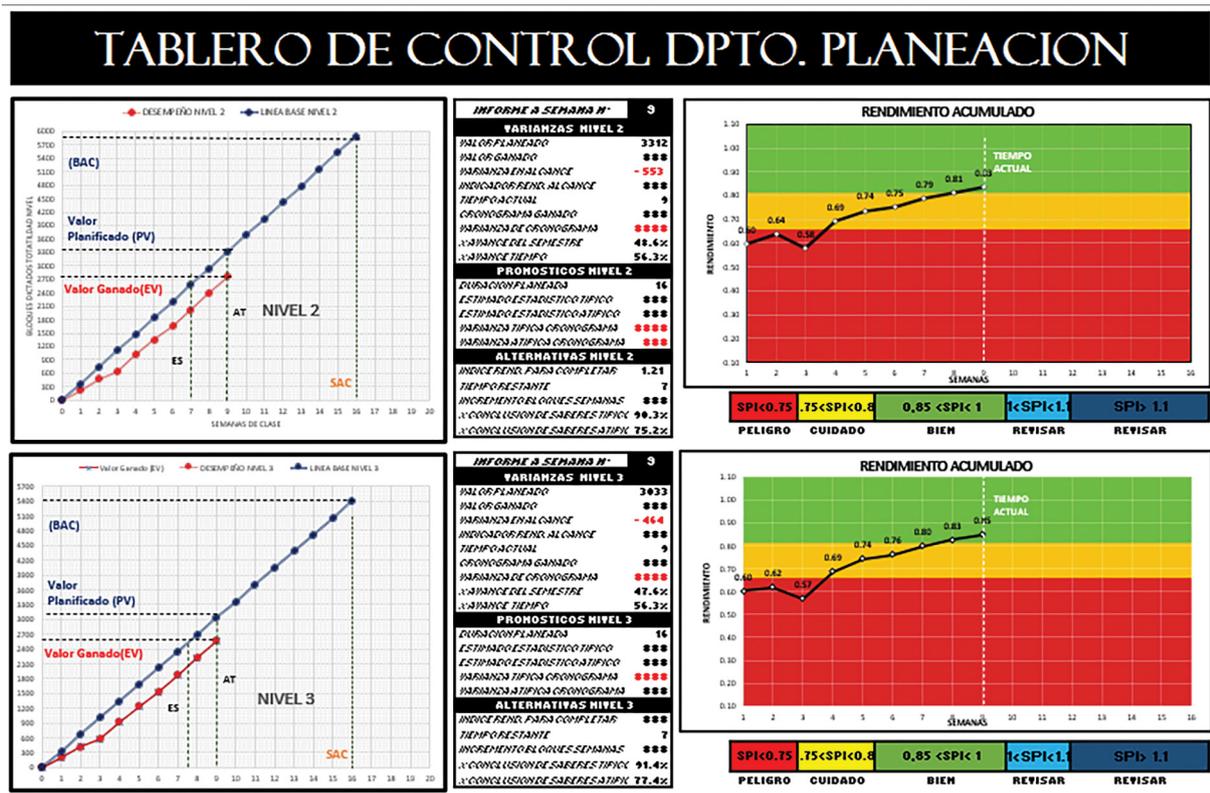


Figura 5. Tablero de control del Departamento de Planeación

Fuente: elaboración propia.

Además de presentar los valores de las variables mostradas en una semana determinada, el tablero de control permite ver la trazabilidad del indicador de rendimiento, lo cual es un beneficio clave, ya que se puede apreciar semana tras semana si el rendimiento en el desarrollo

del semestre ha mejorado con respecto al alcance. Esto es importante porque permite evaluar si las decisiones han tenido el impacto deseado.

Además, esta herramienta presenta un diagnóstico del desarrollo del semestre en una fecha determinada. Este es su principal beneficio, porque es importante para la toma de decisiones, ya sean de acciones correctivas o preventivas, las cuales ayudan a reorientar el desarrollo del trabajo. Finalmente, la creación de este tablero adaptando estas metodologías permitió establecer un lenguaje común para los interesados en el desarrollo del semestre, mejorando la comunicación, la precisión y el entendimiento a la hora de tomar las decisiones.

## 5. CONCLUSIONES

- Este trabajo de investigación no adaptó las variables relacionadas con costos (*AC, CV, EAC, VAC*), ya que están directamente relacionadas con el desempeño económico en el desarrollo del semestre, lo cual no es función del Departamento de Planeación de la EMSUB.
- Como trabajos futuros se planea integrar la gestión del valor y cronograma ganados a los procesos de monitoreo y control a la unidad B4 de la EMSUB, con el fin de unificar los criterios de monitoreo y control a nivel general del desempeño del semestre académico.
- Si bien es cierto que la metodología de valor y cronograma ganados no son aplicables en su totalidad a los procesos de control del Departamento de Planeación, esta adaptación permitió ajustar **más del 80% de** las variables relacionadas con las metodologías, especialmente las de alcance y tiempo.
- Se concluye que las metodologías de EVM (Gestión de Valor Ganado) y ES (Cronograma Ganado) no compiten entre sí, como lo evidencian algunos autores, estas técnicas trabajan juntas y se complementan. Esto se evidencia en el estándar para la gestión del valor ganado del PMI, en la que se incluyó parte de la metodología de cronograma ganado.
- Esta investigación contribuyó a mejorar significativamente los procesos de control del Departamento de Planeación de la EMSUB, haciéndolo más útil, claro y preciso. Además, por medio del tablero de control se generan diagnósticos acertados, se pueden tomar decisiones apropiadas y maximizar el entendimiento y control por parte de la Decanatura Académica del estado del semestre.
- Los umbrales de calidad permiten generar una alerta temprana a la organización para la toma de acciones preventivas, correctivas o seguir con el mismo desempeño. Para la Escuela Militar de Suboficiales, los límites de control y tolerancia designan responsabilidades sobre la toma de decisiones con respecto al desempeño.

- Como herramienta de diagnóstico, el tablero de control permite evaluar el estado del desarrollo del semestre en un momento dado y visualizar la trazabilidad en su rendimiento a lo largo de las semanas.
- Este trabajo de investigación sirve como base para demostrar que estas metodologías se pueden aplicar en diversos sectores, con un enfoque de gerencia de proyectos. Las metodologías se deben adaptar a su entorno y no al contrario, porque pueden prescribir con el tiempo.

## REFERENCIAS

- [1] Project Management Institute, The Standard for Earned Value Management, Washington: PMI, 2019.
- [2] R. Fuentes Juridías, Método del Valor Ganado (EVM): Aplicación de la gestión de proyectos de edificaciones en España, Madrid: Universidad Europea Laureate International Universities, 2016.
- [3] W. Lipke, «Schedule is different,» *The Measurable News*, pp. 31-34, 2003.
- [4] L. J. Díaz García, Valoración de la aplicación del método del valor ganado en proyectos de urbanización, Oviedo: Universidad de Oviedo, 2014.
- [5] H. González Ortega, Estudio Comparativo de alternativas al método de valor ganado. Ejemplos de aplicación, Oviedo: Universidad de Oviedo, 2017.
- [6] Project Management Institute, Project Management Body of Knowledge, Delaware County: PMI, 1987.
- [7] J. Pajares Gutiérrez y A. López Paredes, «Gestión integrada del coste y del plazo de proyectos: más allá de la Metodología del Valor Ganado (EVM),» de *International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management - CIO 2007*, Madrid, 2007.
- [8] L. E. Moreno Guevara, Control de alcance, tiempo, costo en proyectos del sector público utilizando la metodología del valor ganado, Bogotá: Fundación Universitaria Cámara de Comercio, 2018.
- [9] K. Henderson, Earned schedule and breakthrough, extension to earned value management, Proceeding of PMI Global Congress Asia Pacific, 2007.
- [10] D. Navarro, «Seguimiento de proyectos con el análisis del valor ganado,» *Dirección de proyectos*, pp. 1-13, 2006.
- [11] R. Virle y S. Mhaske, Application of earned value and earned schedule to construction project, *International journal of scientific engineering and research*, 2013.
- [12] R. Ambriz Avelar, La gestión del valor ganado y su aplicación: Managing earned value and its application., São Paulo, Brasil: Project Management Institute, 2008.
- [13] Project Management Institute INC, Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, Pennsylvania, 2017.
- [14] Project Management Institute (PMI), Lexicon of project management terms, 2016.
- [15] P. Bonnal, D. Gourc y G. Lacoste, «The Life Cycle of Technical Projects,» *Project Management Journal*, n° 33, pp. 12-19, 2002.

- [16] S. Swartz, «Percepciones gerenciales de la estabilidad del proyecto.,» *Project Management Journal*, pp. 17-32, 2008.
- [17] Q. Fleming y J. M. Koppelman, «Monitoring performance againts the baseline,» *PM-Network*, pp. 9-14, 1995.
- [18] B. Nikravan y J. B. Forman, «Más allá de los retrasos y demoras, complementando los métodos "ágiles" con EVM para mejorar el desempeño del proyecto», de *Congreso Global PMI*, Washington D.C, 2010.
- [19] M. Lecompte, «Un matrimonio conveniente: diseño de investigación cualitativa para la evlauación de programa», *Revista electronica de investigación y evaluación educativa*, 1994.
- [20] A. Strauss y J. Corbin, «Grounded theory methodology», *Handbook of qualitative research*, pp. 273-285, 1994.
- [21] F. González Alonso, «Metodología cualitativa y formación intercultural en entornos virtuales», *Teoría de la educación, educación y cultura en la sociedad de la información*, pp. 106-133, 2007.
- [22] R. Juridías, «Método del valor ganado (EVM): Aplicación en la gestión de proyecto de edificación en España», Doctoral dissertation. Universidad Europea de Madrid, Madrid - España, 2016.