

Aplicación de la Gestión del Valor Ganado “Earned Value Management EVM”, como
Herramienta para Garantizar el Seguimiento y Control en Proyectos de Consultoría

Lina Constanza Jiménez Salcedo

Universidad de Boyacá
Facultad de Ciencias Administrativas y Contables
Maestría en Gerencia de Proyectos
Tunja
2021

Aplicación de la Gestión Del Valor Ganado “Earned Value Management EVM”, como
Herramienta para Garantizar el Seguimiento y Control en Proyectos de Consultoría

Lina Constanza Jiménez Salcedo

Trabajo de Grado para optar al título de
Magister en Gerencia de Proyectos

Director

Carlos Fernando Peña Alarcón

PhD en Educación

Co-Director

Gustavo Enrique Salazar Otálora

MsC en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos

Universidad de Boyacá

Facultad de Ciencias Administrativas y Contables

Maestría en Gerencia de Proyectos

Tunja

2021

Nota de aceptación:

Firma Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 05 de noviembre de 2021

“Únicamente el graduando es responsable de las ideas expuestas en el presente trabajo”.
(Universidad de Boyacá, Programas de Postgrado. Reglamento Estudiantil. Acuerdo 646, 5 de diciembre de 2013, Art. 86).

Dedico este trabajo a Dios que me permitió estudiar esta maestría y la perseverancia para culminar satisfactoriamente esta etapa tan importante para mi vida.

A mis familiares, quienes me apoyaron incondicionalmente para hacer realidad este sueño y cumplir una meta más en mi crecimiento profesional.

Agradecimientos

La autora expresa sus agradecimientos a:

Director de tesis Carlos Fernando Peña Alarcón y Co-Director de tesis Gustavo Enrique Salazar Otálora, por la orientación constante en el desarrollo del trabajo, y poder contribuir a la culminación de este proyecto.

Juan David Salamanca director de la maestría por el apoyo incondicional en los diferentes aspectos que se presentaron durante el desarrollo de la maestría, por su colaboración y asesoría.

A todos los docentes que orientaron las asignaturas, gracias por brindarme herramientas prácticas para el desarrollo profesional como Magíster en Gerencia de Proyectos.

Contenido

	Pág.
Introducción.....	24
1. Gestión del Valor Ganado en los Proyectos: Antecedentes y Conceptos.....	26
1.1. Generalidades de los proyectos	27
1.1.1. Buenas prácticas del PMI (Project Management Institute).....	27
1.1.2. Gestión del cronograma del proyecto	28
1.1.3. Gestión de costos del proyecto	29
1.2. Antecedentes	29
1.3. Valor ganado EVM (Earned Value Management)	32
1.3.1. Valor Planificado (PV)	33
1.3.2. El Costo Real (AC).....	33
1.3.3. El Valor Ganado (EV)	34
1.3.4. Variaciones.....	35
1.3.5. Índices de rendimiento.....	35
1.3.6. Pronósticos	36
1.3.7. Implementación del EVM.....	37
1.4. Generalidades norma ISO 21508:2018.....	46
2. Diagnóstico de las Prácticas Gerenciales Llevadas a Cabo por la Empresa Contratista.....	48
2.1. Acerca de las prácticas gerenciales	48
2.2. Acerca de la empresa Contratista	49
2.3. Resultados Encuesta - Diagnóstico	49
2.4. Análisis de las buenas prácticas gerenciales desarrolladas por la empresa Contratista, a partir de la encuesta implementada a los gerentes de proyecto	56
3. Gerencia de Proyectos con Enfoque Estratégico: Gestión del Proyecto (Estudio de Caso) 58	
3.1. Plan para la Dirección del Proyecto	59
3.1.1. Resumen ejecutivo.....	59
3.1.2. Problemática.....	59
3.1.3. Resultados previstos	61
3.1.4. Justificación.....	61

3.1.5. Impacto organizacional.....	62
3.1.6. Metas y objetivos.....	62
3.1.7. Rendimiento del proyecto	63
3.1.8. Supuestos del proyecto	64
3.1.9. Restricciones del proyecto	64
3.1.10. Hitos principales del proyecto.....	64
3.1.11. Alineamiento estratégico.....	65
3.1.12. Análisis de costo beneficio.....	66
3.1.13. Objetivos de negocios	67
3.1.14. Requisitos de aprobación del proyecto	67
3.1.15. Alcance y entregables	67
3.1.16. Cronograma - Resumen del calendario de hitos.....	69
3.1.17. Presupuesto.....	70
3.2. Gestión de los interesados.....	73
3.2.1. Identificación de partes interesadas	73
3.2.2. Análisis de partes interesadas	73
3.3. Gestión del alcance.....	76
3.3.1. Funciones y responsabilidades	76
3.3.2. Definición del alcance.....	77
3.3.3. Enunciado del alcance del proyecto	78
3.3.4. Estructura de desglose del trabajo (WBS)	80
3.3.5. Control del alcance	81
3.4. Gestión de calidad	81
3.4.1. Enfoque de la gestión de calidad	82
3.4.2. Requisitos / Normas de Calidad	83
3.4.3. Indicadores del proyecto	84
3.4.4. Responsabilidades de la dirección.....	85
3.4.5. Requisitos de Calidad	88
3.4.6. Criterios de entrega del trabajo o servicio.....	90
3.5. Gestión de riesgos.....	90
3.5.1. Identificación de riesgos	91

3.5.2. SDT valor / valor estratégico.....	92
3.5.3. Estrategia/consideraciones de precios	92
3.5.4. Estructura de desglose de riesgos (RBS) del proyecto.....	93
3.5.5. Registro de riesgos del proyecto.....	94
4. Propuesta Metodológica: Aplicación Método del Valor Ganado (EVM) en el Proyecto (Estudio de Caso).....	99
4.1. Aplicación método del valor ganado	99
4.2. Análisis e interpretación de resultados	100
4.2.1. Trimestre 1 (mes 1 al mes 3).....	100
4.2.2. Trimestre 2 (mes 4 al mes 6).....	106
4.2.3. Trimestre 3 (mes 7 al mes 9).....	112
4.2.4. Trimestre 4 (mes 10 al mes 12).....	118
5. Conclusiones.....	127
6. Recomendaciones	130
Referencias	131
Anexos.....	136

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Resumen principales técnicas de valor ganado (EVTs)	40
Tabla 2. Formulas Earned Value Management (EVM)	41
Tabla 3. Metas y objetivos corporativos establecidos por la empresa de servicios públicos....	63
Tabla 4. Recursos, procesos o servicios clave del proyecto.....	63
Tabla 5. Hitos y Entregables del proyecto	65
Tabla 6. Planes Estratégicos del proyecto.....	65
Tabla 7. Análisis de costo beneficio	66
Tabla 8. Procesos modernización PTAP API.....	68
Tabla 9. Calendario de hitos de resumen	69
Tabla 10. Presupuesto Resumen.....	71
Tabla 11. Listado de los interesados identificados y su grado de poder e interés en el proyecto.....	74
Tabla 12. Estrategias a implementar para cada uno de los grupos de interesados del proyecto.....	75
Tabla 13. Roles y responsabilidades para el manejo del alcance del proyecto	77
Tabla 14. Ficha de indicadores del proyecto.....	84
Tabla 15. Responsables por la dirección.....	86
Tabla 16. Responsabilidades y Funciones Específicas	86
Tabla 17. Revisión de requisitos del proyecto.....	88
Tabla 18. Criterios de Entrega.....	90
Tabla 19. Identificación inicial de riesgos	91
Tabla 20. Registro de riesgos	94
Tabla 21. Comparación curvas “S” (trimestre 1).....	100
Tabla 22. Reporte de ejecución (trimestre 1)	102
Tabla 23. Reporte del rendimiento (trimestre 1)	103
Tabla 24. Reporte de proyecciones (trimestre 1).....	104
Tabla 25. Comparación curvas “S” (trimestre 2).....	106
Tabla 26. Reporte de ejecución (trimestre 2)	107

Tabla 27. Reporte del rendimiento (trimestre 2)	108
Tabla 28. Reporte de proyecciones (trimestre 2).....	110
Tabla 29. Comparación curvas “S” (trimestre 3).....	112
Tabla 30. Reporte de ejecución (trimestre 3)	113
Tabla 31. Reporte del rendimiento (trimestre 3)	114
Tabla 32. Reporte de proyecciones (trimestre 3).....	116
Tabla 33. Comparación curvas “S” (trimestre 4).....	119
Tabla 34. Reporte de ejecución (trimestre 4)	121
Tabla 35. Reporte del rendimiento (trimestre 4)	122
Tabla 37. Reporte de proyecciones (trimestre 4).....	123

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Interacción de los grupos de proceso dentro de un proyecto.....	28
Figura 2. Gestión del cronograma del proyecto.....	28
Figura 3. Gestión de costos del proyecto..	29
Figura 4. Análisis del valor ganado.	34
Figura 5. Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI).	36
Figura 6. Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales..	37
Figura 7. Integración de la línea base de medición del rendimiento.	37
Figura 8. Flujograma Gestión del Valor Ganado EVM.	39
Figura 9. Aplicación Microsoft Project – definición de medición EVM.).....	40
Figura 10. Establecimiento de un marco común para la gestión de proyectos.....	50
Figura 11. Integración metodología de gestión de proyectos con los procesos organizacionales.	50
Figura 12. Uso de formatos prediseñados para registrar la gestión de los proyectos.	51
Figura 13. Uso de indicadores de éxito para desarrollar la gestión de los proyectos.	51
Figura 14. Análisis periódico de los resultados de los índices de desempeño obtenidos en los proyectos que desarrolla la organización..	52
Figura 15. Establecimiento de la estructura organizacional apropiada para apoyar la gestión de los proyectos de la empresa Contratista..	52
Figura 16. Análisis del valor y la incidencia del desempeño en los proyectos de la organización.....	53
Figura 17. Gestión de los proyectos por parte de la Organización, haciendo uso de las áreas del conocimiento y los grupos de procesos planteados por el PMI.....	53
Figura 18. Gestión de las áreas del conocimiento descritas por el PMBOK, por parte de los gerentes de la empresa Contratista.....	54
Figura 19. Procura de la organización porque los gerentes de proyectos sean profesionales certificados Project Management.....	55
Figura 20. Dirección y gestión de los proyectos por parte de la organización.....	55

Figura 21. Aplicación de la gestión del valor ganado (EVM), como herramienta para garantizar el seguimiento y control de proyectos..	56
Figura 22. Cronograma de entregables del proyecto..	70
Figura 23. Curva “S” costos del proyecto.	72
Figura 24. Matriz poder/interés.	75
Figura 25. Estructura de desglose del trabajo WBS.	80
Figura 26. Organigrama del proyecto.	83
Figura 27. RBS del proyecto..	93
Figura 28. Comparación curvas “S” (trimestre 1)..	101
Figura 29. Variación del cronograma y del costo (trimestre 1)..	102
Figura 30. Índices de desempeño del costo y el cronograma (trimestre 1)..	103
Figura 31. Costo estimado para completar el trabajo (trimestre 1)..	104
Figura 32. Índices de rendimiento del trabajo por completar (trimestre 1)..	105
Figura 33. Modelo EVM aplicado al proyecto (trimestre 1)..	105
Figura 34. Comparación curvas “S” (trimestre 2)..	107
Figura 35. Variación del cronograma y del costo (trimestre 2)..	108
Figura 36. Índices de desempeño del costo y el cronograma (trimestre 2)..	109
Figura 37. Costo estimado para completar el trabajo (trimestre 2)..	110
Figura 38. Índices de rendimiento del trabajo por completar (trimestre 2)..	111
Figura 39. Modelo EVM aplicado al proyecto (trimestre 2)..	111
Figura 40. Comparación curvas “S” (trimestre 3)..	113
Figura 41. Variación del cronograma y del costo (trimestre 3)..	114
Figura 42. Índices de desempeño del costo y el cronograma (trimestre 3)..	115
Figura 43. Costo estimado para completar el trabajo (trimestre 3)..	117
Figura 44. Índices de rendimiento del trabajo por completar (trimestre 3)..	117
Figura 45. Modelo EVM aplicado al proyecto (trimestre 3)..	118
Figura 46. Comparación curvas “S” (trimestre 4)..	120
Figura 47. Variación del cronograma y del costo (trimestre 4)..	121
Figura 48. Índices de desempeño del costo y el cronograma (trimestre 4)..	123
Figura 49. Costo estimado para completar el trabajo (trimestre 4).	124
Figura 50. Índices de rendimiento del trabajo por completar (trimestre 4)..	125

Figura 51. Modelo EVM aplicado al proyecto (trimestre 4)..... 125

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo A. Anteproyecto	137
Anexo B. Formato de encuesta a gerentes de proyecto de la empresa contratista	177

Glosario

Administración: tiene como finalidad analizar las organizaciones y orientarlas para realizar adecuadamente procesos de planeación, organización y control de los recursos ya sean estos de orden financiero, tecnológico, humano o de conocimiento, entre otros. (Martínez y Ramírez 2008).

Alcance: es considerada la actividad orientada a definir la entrega de productos y servicios como los estándares y/o requerimientos establecidos. (Project Management Institute, 2017).

Aseguramiento de Calidad: se entiende como un proceso sistemático de revisión de procesos o procedimientos en un proyecto, producto o sistema apoyado por normas o estándares que establecen los niveles de eficacia. (Aseguramiento de calidad, s.f.).

Ciclo de Vida del Proyecto: se establece como la apertura y sucesión de etapas o fases que componen proyecto. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Contrato: considerado como un oficio formal de convenio o acuerdo entre partes, el cual es obligatorio para las partes relacionadas, por el cual un vendedor se compromete a proveer un bien, servicio o específicamente un resultado de acuerdo y se contará un comprador a pagar por éste. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Control: es una etapa en la administración que tiene como finalidad principal verificar que el proyecto esté siempre alineado a los objetivos. (Coronel, 2012).

Costo: es un monto en dinero o valor de una actividad que constituye el proyecto que contiene el precio de los recursos fundamentales para iniciar y concluir la actividad en cada proceso. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Costo Real (AC): constituyen todos los costos totales necesarios y registrados durante el proyecto, dentro de un determinado periodo para una actividad del cronograma o componente

de la estructura de desglose del trabajo. En algunas ocasiones, los AC pueden ser horas de mano de obra directa únicamente, o costos directos únicamente o todos los costos, incluidos los costos indirectos. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Cronograma: es la evidencia grafica en tiempos de los procesos y actividades necesarios para llevar a cabo un proyecto. Se debe establecer cuanto tiempo va a generar a la organización el tiempo de establecimiento de cada uno de sus procesos establecidos. (Vilá, 2014)

Curva-S: es una representación de manera gráfica de acumulados de costos, horas hombre, u otras cantidades, estipuladas contra tiempo. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

EDT: sus siglas significan Estructura de Desglose de Trabajo. Interpretada como una estructura jerárquica mediante la cual los componentes de un proyecto se descomponen para obtener una comprensión y análisis de las etapas que conlleva la ejecución del proyecto. (Project Management Institute, 2017).

Ejecución: es el instante real en el cual se lleva a cabo el trabajo del proyecto, coherente con el proceso de planeación establecido con anticipación. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Entregable: se establece como aquel documento establecido como el resultado de un proyecto o cualquier parte de un proyecto. Un entregable debe ser tangible y comprobable. Cada elemento de la EDT debe estar compuesto por un entregable como mínimo, o en su defecto más. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Estándar: es la mejor practica a que conduce a un seguimiento permanente para lograr y obtener una mayor oportunidad de éxito durante el proyecto. Se considera además una especificación que regula la realización de ciertos procesos o la fabricación de componentes para garantizar la interoperabilidad. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

EV Earned Value: (Valor Ganado o devengado). (Project Management Institute, 2017).

EVM Earned Value Management: (Gestión de Valor Ganado). (Project Management Institute, 2017).

Gerente de proyecto (Project Manager): “es la persona responsable de liderar un equipo con la función de conseguir unos objetivos. Es la persona que tiene la responsabilidad total del planeamiento y ejecución de cualquier proyecto”. (Rol de un director de proyecto, 2016)

Gestión de proyectos: son los conocimientos, habilidades y técnicas aplicadas para la ejecución oportuna de proyectos de manera eficaz y eficiente. Es considerada una competencia estratégica en las organizaciones, permitiendo evidenciar los resultados de un proyecto con las metas comerciales y lograr más efectivamente un posicionamiento en el mercado establecido. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Gestión del Valor Ganado: metodología que se utiliza para vincular los elementos de alcance, cronograma y recursos, y poder medir así, el desempeño y el avance de los procesos del proyecto de manera adecuada. Logrando obtener un costo presupuestado para el trabajo realizado (considerado como el concepto de valor ganado) a la vez que se realiza una comparativo con el costo real del mismo trabajo. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Guía PMBOK:

Es un instrumento desarrollado por el Project Management Institute (o PMI), que establece un criterio de buenas prácticas relacionadas con la gestión, la administración y la dirección de proyectos mediante la implementación de técnicas y herramientas que permiten identificar un conjunto de 47 procesos, distribuidos a su turno en 5 macroprocesos generales. (Que es la guía PMBOK y cómo influye en la administración de proyectos, 2017).

Hitos: “son eventos significativos o de trascendencia en el proyecto, generalmente la terminación de un entregable principal del proyecto”. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Identificación de riesgos: es un procedimiento indispensable que consiste en identificar minuciosamente los riesgos que pueden afectar el proyecto, documentado sus implicaciones y posibles acciones a tener. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Índices de rendimiento: es indispensable tener en un proyecto índices de rendimiento a partir de indicadores establecidos previamente en la planificación del proyecto que miden periódicamente las diferentes variaciones (por lo general los costos y el tiempo) y por lo cual requiere de acciones correctivas, las cuales deben estar evidenciadas documentalmente. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Línea Base: es el plan original ya sea para un proyecto, para un proceso de trabajo, o una actividad que es presentada con los cambios autorizados. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Matriz de probabilidad e impacto:

Es una forma usual de establecer si un riesgo se califica bajo, intermedio o elevado a través de la mezcla de las dos dimensiones de un riesgo: su posibilidad de que suceda y su impacto en los objetivos, si el riesgo llegase a ocurrir. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Metodología: “guía que contiene procedimientos, normas, prácticas y herramientas que indicarán cómo se debe actuar para alcanzar un objetivo determinado en alguna disciplina”. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Monitoreo: “recoger datos de cumplimiento del proyecto confrontándolo con un plan, generar mediciones de desempeño y propagar la información sobre su comportamiento”. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Mitigación:

Técnica que entra dentro de la planificación de la respuesta a los riesgos la cual va ligada con amenazas, siempre buscando disminuir la posibilidad de que ocurra algo no deseado o en todo caso que su impacto quede por debajo de un umbral considerado como aceptable. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Organigrama: “es una forma gráfica utilizada para describir la correspondencia de relación existente entre un conjunto de individuos que trabajan juntos por alcanzar un objetivo común”. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Planeación: “el proceso de establecer y de definir el alcance de un proyecto, la manera en que el proyecto será realizado (los procedimientos y las tareas), los papeles y las responsabilidades, el tiempo y las valoraciones de costos”. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

PMBOK®: Project Management Body of Knowledge (Cuerpo de Conocimientos de la Gestión de Proyectos). (Project Management Institute, 2017).

PMI: Project Management Institute. (Project Management Institute, 2017).

PMP: Project Management Professional. (Project Management Institute, 2017).

Presupuesto:

La determinación del presupuesto del proyecto, es un proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales para establecer una línea base de costo. Los presupuestos del proyecto constituyen los fondos autorizados para ejecutar el proyecto. El rendimiento de los costos del proyecto se medirá con respecto al presupuesto autorizado. (Gestión de los costes del proyecto, s.f.).

Proyecto:

Es un esfuerzo que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, y tiene la característica de ser naturalmente temporal, es decir, que tiene un inicio y un final establecidos, y que el final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. (Pérez, 2017).

PTAP: planta de tratamiento de agua potable, es un conjunto de sistemas y procesos de ingeniería en las que se trata el agua cruda de manera que se torne apta para el consumo humano. (Planta de tratamiento de agua potable, 2016).

RBS: (Risk Breakdown Structure). Estructura detallada de riesgos. Representación jerárquica de las posibles fuentes de riesgos. (Project Management Institute, 2017).

Recurso: “cualquier ayuda tangible, por ejemplo, una persona, una herramienta, un artículo de la fuente o una facilidad usados en el funcionamiento de un proyecto”. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Restricción: “restricción aplicable que afecta el desempeño del proyecto. Cualquier factor que afecte cuándo se puede programar una actividad”. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Riesgo:

Es un evento o condición incierta que, de producirse tiene un efecto positivo o negativo en uno o más objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Tienen su origen en la incertidumbre inherente a todos los proyectos. (Gestión de los riesgos del proyecto, s.f.).

Ruta Crítica:

Son las actividades que determinan la terminación temprana del proyecto en un diagrama de red, esta ruta se modifica durante el desarrollo del proyecto, depende del término de las actividades, este se calcula regularmente para todo el proyecto, sin embargo, puede hacerse solo para una parte del proyecto. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Seguimiento: “permite determinar el progreso de las actividades y tomar las medidas necesarias para resolver problemas, haciendo los ajustes necesarios en los objetivos y actividades”. (FAO, 1994)

Stakeholders: es un término actualmente utilizado que hace referencia a quienes pueden afectar o son afectados por las actividades que ejecuta una organización a partir de proyectos. (Glosario de gestión de proyectos, s.f.).

Valor planificado (PV): representa el costo planificado del trabajo que debería estar completo en un momento determinado. (Project Management Institute, 2017).

Resumen

Jiménez Salcedo, Lina Constanza

Aplicación de la gestión del valor ganado “Earned Value Management EVM”, como herramienta para garantizar el seguimiento y control en proyectos de consultoría / Lina Constanza Jiménez Salcedo. - - Tunja : Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias Administrativas y Contables, 2021.

185 p. : il. + 1 CD ROM. - - (Trabajos de Grado UB, Maestría en Gerencia de Proyectos ; n°.)

Trabajo de Grado (Magíster en Gerencia de Proyectos). - - Universidad de Boyacá, 2021.

El estudio presenta un marco de referencia y los antecedentes de la aplicación del método del valor ganado “Earned Value Management, EVM”, en diferentes proyectos. Además, hace un diagnóstico del estado actual de la aplicación de buenas prácticas gerenciales en los proyectos que desarrolla la empresa Contratista, en relación con la guía PMBOK. También desarrolla la gestión del proyecto, haciendo énfasis en los procesos de gestión necesarios para la implementación del método del valor ganado. Y aplica el método del valor ganado al proyecto a partir del seguimiento y control, para generar un análisis de los indicadores y proponer acciones de mejora.

Se desarrolla una metodología que permite a profesionales en general, implementar de manera eficaz y eficiente el método de valor ganado “Earned Value Management, EVM”, para garantizar el seguimiento y control durante el ciclo de vida de proyectos de consultoría, los cuales, definen el éxito de un proyecto de construcción, considerando que por su naturaleza, las construcciones implican altas inversiones, razón por la cual, las decisiones que se toman durante la etapa de consultoría, en cuanto a costos y tiempos, son la base que define las etapas posteriores durante el desarrollo de proyectos de construcción.

La investigación desarrollada corresponde al estudio de caso, con enfoque cualitativo, del tipo descriptivo y método deductivo, que trata una situación técnicamente definida, en la que se presentan variables de interés y datos resultantes del proceso, para lo cual, se requiere desarrollar proposiciones teóricas, que permitan la recolección y el análisis de la información.

Se da a conocer la importancia de llevar a cabo el seguimiento y control de los proyectos empleando buenas prácticas gerenciales, que, acompañadas de métodos efectivos de medición y predicción basados en el conocimiento de los indicadores de gestión, permiten la toma de decisiones acertadas por parte de los gerentes, para lograr el desarrollo exitoso de los proyectos.

Introducción

Respecto a la industria de la consultoría y la construcción en Colombia se han desarrollado proyectos que en la práctica no concluyen, los cuales no cumplen con lo propuesto inicialmente, o conllevan sobrecostos y retraso en las entregas. La problemática anterior, se puede presentar por falta de planeación, causada por el desconocimiento de prácticas gerenciales adecuadas, lo cual representa importantes problemas de eficiencia y efectividad en el desarrollo de los proyectos del sector. Por lo que se considera necesario implementar métodos gerenciales que permitan desarrollar proyectos exitosos, basados en la gestión de las variables relacionadas, minimizando los posibles riesgos que pueden afectar la ejecución del proyecto.

Por otro lado, según el informe “Pulso de la Profesión 2016” de Project Management Institute, se menciona que el dinero desperdiciado durante la ejecución de los proyectos, se debe a una mala dirección. De acuerdo con este informe el 12,2% de la inversión es desperdiciada a causa del bajo desempeño, lo cual constituye un aumento en los rubros considerados previamente. Según la investigación las empresas entienden que la dirección de proyectos es importante, sin embargo, aún falta otorgar prioridad para constituir la como parte fundamental en la realización de los proyectos (Langley, 2016). Las investigaciones actuales se refieren a la importancia de la Gestión de Proyectos, además, las tendencias han avanzado hacia escenarios con mejores proyecciones.

Por lo tanto, la relevancia de una buena gestión durante el desarrollo de proyectos trasciende más allá del cumplimiento de las restricciones en el alcance, el tiempo y los costos. Específicamente, el éxito o el fracaso que se tenga en alcanzar la efectividad y eficiencia en el desarrollo de los proyectos, tiene repercusiones relacionadas con procesos básicos de las organizaciones que las impactan en diferentes niveles, razón por la cual, la adopción e implementación de metodologías que permitan llevar a cabo una gestión integral de los proyectos en una organización, conduce al crecimiento o hundimiento de la misma.

La metodología aplicada en esta investigación se basa primero, en una búsqueda documental en la web a partir del análisis de las experiencias existentes con la aplicación del método del valor ganado para diferentes proyectos desarrollados en el ámbito nacional e internacional. Segundo, en la aplicación de un estudio probabilístico- muestreo aleatorio

simple tomando como población los gerentes de proyecto de la empresa Contratista, para indagar acerca de aspectos relacionados con la aplicación de buenas prácticas gerenciales y administrativas en los proyectos a su cargo. Tercero, a partir de la información obtenida de los gerentes de proyecto y la guía metodológica del PMI (PMBOK - Project Management Body Of Knowledge) se desarrolla la gestión del proyecto (estudio de caso), haciendo énfasis en los procesos de gestión necesarios para la implementación del método del valor ganado. Y cuarto, se aplica el método del valor ganado (EVM) en el proyecto (estudio de caso), permitiendo realizar un análisis de resultados, el planteamiento de lecciones aprendidas y acciones de mejora.

Para llevar a cabo la investigación, el trabajo se ha estructurado en cuatro capítulos: Capítulo uno, Gestión del valor ganado en los proyectos: antecedentes y conceptos; Capítulo dos, diagnóstico de las prácticas gerenciales llevadas a cabo por la empresa Contratista; Capítulo tres, gerencia de proyectos con enfoque estratégico: gestión del proyecto (estudio de caso) y Capítulo cuatro, propuesta metodológica: aplicación método del valor ganado (EVM), análisis de resultados y lecciones aprendidas.

Así mismo, por tratarse de un proyecto desarrollado por la empresa privada, con el fin de proteger la identidad de las partes interesadas y en general la privacidad en el tratamiento de la información, para efectos de la presente investigación fueron modificados los nombres de las empresas involucradas y los costos de las actividades del proyecto, razón por la cual las partes serán conocidas como El Contratante: Empresa de Servicios Públicos y El Contratista: Empresa SDT. Lo anterior, sin que se afecte la intensidad de la investigación desarrollada a lo largo de la ejecución del proyecto real, como estudio de caso.

1. Gestión del Valor Ganado en los Proyectos: Antecedentes y Conceptos

Desarrollar un proyecto implica un esfuerzo temporal que se realiza para crear un producto, servicio o resultado único (Project Management Institute, 2017), el cual busca satisfacer una necesidad particular de una comunidad, empresa, zona, etc. En consecuencia, se requiere un conocimiento más profundo de los conceptos, metodologías y herramientas que permitan administrar en forma eficiente los diferentes proyectos, en particular los proyectos de ingeniería, de manera que le permita al gerente del proyecto, hacer la toma de decisiones que implican afectaciones en el alcance, tiempo y costo.

A finales de 1800 ya se había gestado el método del valor ganado, sin embargo, en 1967 se presentó como metodología como parte fundamental de criterios asociados a los sistemas de control en costos y de los tiempos de las agencias de los Estados Unidos. Esta metodología se ha utilizado en proyectos administrativos, pero en la empresa privada aún se encuentra en consolidación dada la necesidad de usar software de gestión de proyectos. En ese sentido, el gobierno de Estados Unidos, con el fin de ampliar el uso del método de manera flexible, de modo que desechó el sistema anterior C/SCSC hacia 1966.

Por otro lado, el Project Management Body of Knowledge ofrece términos sencillos, así como el desarrollo matemático para aplicar la metodología (Project Management Institute, 2017). Quienes están de acuerdo con el uso de la metodología EVM se refieren a ventajas como la reducción de costos y en los plazos de entrega, así como mejora en el rendimiento del proyecto a nivel técnico. Por otro lado, los detractores se refieren a la complejidad del método, y sus limitaciones a proyectos gubernamentales.

Sin embargo, el método EVM es una base importante para prever tiempos de duración de un proyecto y para establecer índices de rendimiento, con el fin de tomar acciones correctivas y de mejora. En ese sentido, estudios realizados previamente permiten afirmar que genera rendimientos adecuados y que pueden emplearse para desarrollar pagos a subcontratistas teniendo en cuenta el valor ganado de los trabajos realizados hasta la fecha. (Montero, 2015).

Una empresa tiene la libertad de decidir, usar el método de modo homogéneo, o en aquellos que considera relevantes por su costo y duración, incluso en proyectos de distintos tipos y tamaños, en el sector privado y público. Por otro lado, el método se puede emplear en todos los niveles estructurales en los que se divide el proyecto.

También permite medir el rendimiento y valorar las distintas variaciones que se presentan en el desarrollo de un proyecto, así como los avances, plazos y costos en momentos específicos. Por otro lado, se puede comparar el valor acumulado del costo proyectado frente a lo ejecutado y el costo real. Esto se realiza a través de la comparación entre el trabajo realizado y lo estimado antes de su inicio, encontrando un dato respecto a cuánto se ha desarrollado y la estimación de lo que falta considerando el esfuerzo invertido en el proyecto, logrando estimar recursos necesarios para su finalización, además del tiempo requerido si las condiciones son estables. Para lograrlo es fundamental un cronograma.

De acuerdo a lo anterior, esta investigación propuso la adopción de la metodología de gestión del valor ganado para gestionar y controlar proyectos de consultoría de una empresa contratista, para lo cual, se proyectó evaluar el desempeño y determinar el rendimiento de los recursos, en ese sentido, se abordarán las ventajas, la metodología para su implementación y se analizarán los resultados que se pueden lograr.

1.1. Generalidades de los Proyectos

De acuerdo con lo dispuesto en la Guía del PMBOK, 2017:

Los proyectos se llevan a cabo para cumplir objetivos mediante la producción de entregables. Un objetivo se define como una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar. Un entregable se define como cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se produce con la finalidad de completar un proceso, una fase o un proyecto, los cuales pueden ser tangibles o intangibles. (PMI, 2017, p. 4)

1.1.1. Buenas prácticas del PMI (Project Management Institute)

La asociación líder en dirección de proyectos a nivel mundial es el PMI, el cual tiene como propósito la promoción de la gerencia y dirección de proyectos en su práctica, ciencia y profesión, con el fin de que las empresas adopten buenas prácticas, en particular para los tiempos difíciles. La siguiente figura describe los fundamentos de la gestión de proyectos a partir de la guía PMBOK (Project Management Body Of Knowledge) de PMI.

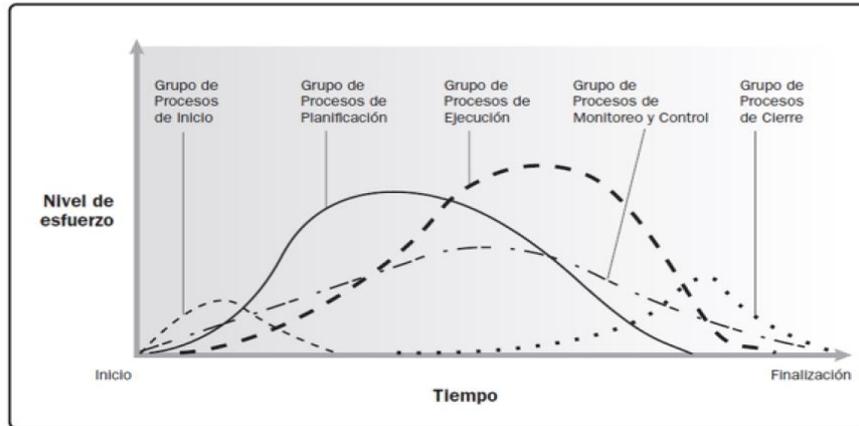


Figura 1. Interacción de los grupos de proceso dentro de un proyecto, Fuente: Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía PMBOK)* (6 ed.). Newtown Square, Pennsylvania: PMI. p.p. 555

1.1.2. Gestión del cronograma del proyecto

De acuerdo al alcance estimado para el proyecto, es fundamental contar con una programación o plan que exprese el proceso y el tiempo de entrega de los compromisos, servicios o productos, en ese sentido, el cronograma se percibe como herramienta de comunicación que gestiona expectativas de los interesados y es base de los informes de desempeño. En la siguiente figura se plantea la flexibilidad de los cronogramas, su funcionalidad para la comprensión del riesgo y las actividades de valor agregado.

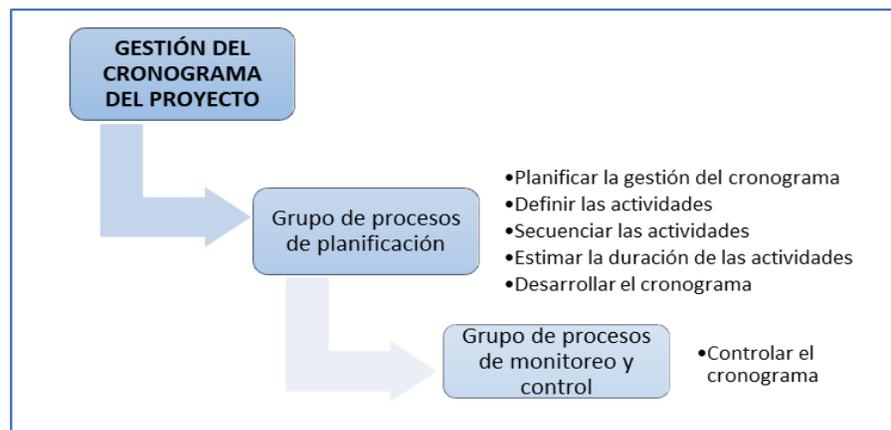


Figura 2. Gestión del cronograma del proyecto, Fuente: autora de la investigación, 2021.

1.1.3. Gestión de costos del proyecto

La gestión de los recursos en un proyecto es importante para desarrollar eficientemente las actividades programadas, sin embargo, es conveniente considerar el efecto de las decisiones respecto al costo periódico en uso, mantenimiento y los soportes de entrega. De esta manera, se puede hacer una medición en cualquier momento y de cualquier modo, considerando los requisitos. (La gestión de los costos del proyecto, 2017). La figura que se presenta a continuación se refiere a la gestión de costos y su proceso en cuanto la predicción y el análisis del desempeño financiero.

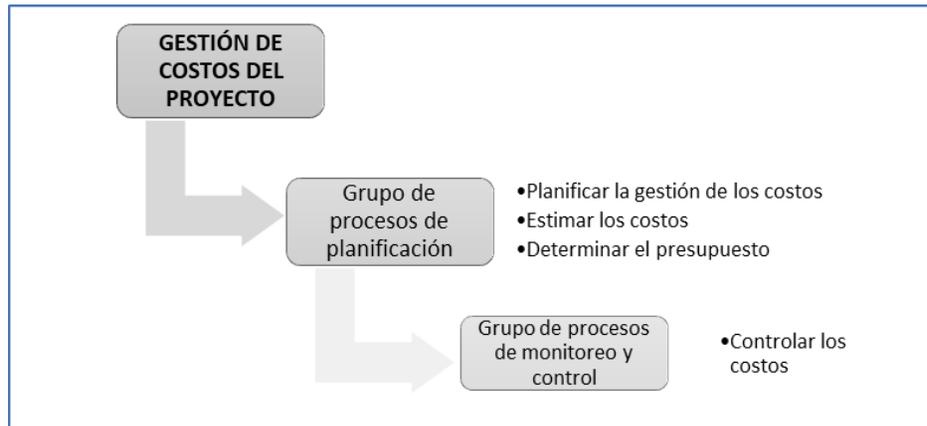


Figura 3. Gestión de costos del proyecto, Fuente: autora de la investigación, 2021.

1.2. Antecedentes

El fundamento teórico se construyó a partir de publicaciones, entre ellas, artículos de investigación, tesis de grado, publicaciones en sitios web y otra literatura especializada relacionada con la Gestión de Proyectos, Gestión de Riesgos y Valor Ganado, esto a partir de diferentes enfoques.

González, Fuentes, Ballesteros y Pascual (2019), en el artículo “A Model Of Cost Control Through The Integration Of Methods: Earned Value Management And Risk Management”, tuvieron como objetivo demostrar que la integración de los métodos de Gestión de Riesgos y Valor Ganado, genera mejores resultados en comparación con la aplicación de cada metodología por separado; esto, en cuanto al logro de los objetivos de costo, resultados y

plazos determinados. Los autores, plantean una comparación entre el control de costos realizado a partir de métodos tradicionales y el realizado combinando las herramientas. De esa manera, se analiza la funcionalidad, la simplicidad o no de implementación de los métodos, además se establece que integrar los métodos posibilita mejorar la previsión y toma de decisiones.

Flyvbjerg (2006), en su artículo: "From Nobel Prize to Project Management: Getting Risks Right", considera que una fuente importante de riesgo en la gestión de proyectos son los pronósticos inexactos de los costos del proyecto, demanda y otros impactos. El documento presenta un enfoque prometedor para mitigar tal riesgo, basado en teorías de toma de decisiones bajo incertidumbre, así, ganó el Premio Nobel de Economía en el año 2002. Desde la administración, se documenta la inexactitud y el riesgo en el proyecto. También, explica la inexactitud en términos de sesgo de optimismo y estrategia de tergiversación. De esta manera, presenta una base teórica de un método prometedor, llamado "pronóstico de clase de referencia", que logra precisión al basar los pronósticos en rendimiento real en una clase de referencia de proyectos comparables y, por lo tanto, evita tanto el sesgo optimista como la tergiversación estratégica. Este artículo presenta el primer ejemplo de pronóstico de clase de referencia práctica, que se refiere a los pronósticos de costos para grandes proyectos de infraestructura de transporte.

El AACE International Recommended Practice (No. 42R-08), denominada: Risk Analysis And Contingency Determination Using Parametric Estimating, define prácticas y consideraciones generales para el análisis de riesgos y la estimación de contingencias de costos utilizando métodos paramétricos. Los métodos paramétricos se asocian comúnmente con la estimación de costos basados en parámetros de diseño (por ejemplo, capacidad, peso, etc.); en este caso, el método se utiliza para estimar la contingencia en función de los parámetros de riesgo (por ejemplo, nivel de definición del alcance, complejidad del proceso, etc.). El documento incluye prácticas para el desarrollo de métodos y modelos paramétricos (generalmente con base empírica). La práctica recomendada 43R-08 proporciona ejemplos de modelos paramétricos de la industria de procesos.

Olarte, Sotomayor y Valdivia (2014), en el trabajo de grado: "Propuesta de mejora del control de costos aplicando el método de Valor Ganado en proyecto de infraestructura", se tuvo como propósito mejorar el control de costos y la toma de decisiones, a partir de la

planificación y el control, a través de la aplicación del método de valor ganado. Esta investigación logró identificar la problemática respecto al control de costos en un proyecto de infraestructura, así como su impacto en las decisiones. En el estudio, se concluyó que el método es útil dadas las mejoras en la gestión del proyecto a partir de capacitaciones realizadas a líderes e integrantes del equipo.

Por otra parte, Fuente (2016), en su tesis doctoral “Método del valor ganado (EVM): aplicación en la gestión de proyectos de edificación en España”, aplicó el método EVM en proyectos de viviendas de España, para facilitar la gestión. En este trabajo, el método se comprendió como herramienta para lograr un avance de proyectos de edificación; concluyendo que el método no determinó exactamente el tiempo de ejecución de proyectos, además, no se contó con apoyo del jefe de obra, aspecto que invalidó la toma de decisiones adecuadas.

La investigación, “Un marco del estado del arte, referente al control de proyectos mediante el método de la gestión de valor ganado”, realizada en la Universidad Distrital - Francisco José de Caldas, se tuvo como propósito aportar un marco teórico útil para desarrollar investigación en EVM (Earned Value Management) – Gerencia del valor ganado, a través de la revisión de literatura científica (Florez Bustos & Sánchez Soriano, 2015). Entre las conclusiones del trabajo estaba que el análisis desde el año 2014 muestra que el empleo del método no solo estaba en la gestión de costos, sino además enfatizaron en el tiempo de ejecución de las actividades, aspecto central en las publicaciones realizadas en los últimos años. Los anteriores trabajos refieren la importancia que ha tomado el método EVM, el cual busca tener una incidencia en proyectos de cualquier área del conocimiento considerando el presupuesto, calendario de ejecución, integrando otras técnicas.

Por otro lado, el trabajo de Cardona y Padierna (2017), “Integración del project finance y del valor ganado, aplicado a los ciclos de vida del proyecto”, plantearon la integración entre el desarrollo del Project Finance y el valor ganado, a partir del proceso de gestión gerencial y el ciclo vital del proyecto, lo cual posibilita la toma de decisiones. Respecto a las conclusiones, la integración del valor ganado y del Project Finance se evidenció como posibilidad para que patrocinadores y directores de proyectos tomen decisiones en función de una relación de ganancia mutua, teniendo en cuenta flujos de caja y los rendimientos en la ejecución. En ese sentido, se considera necesario que se analicen integradores de riesgos a través del ciclo de

vida del proyecto o producto, definiendo, además, los riesgos prioritarios y la manera como se supervisarán.

El trabajo titulado, “Aplicación de la gestión del valor ganado según los lineamientos PMI para el control de costos de la ejecución del proyecto de vivienda hacienda Madrid el prado en la constructora Bolivar”, de la Universidad Militar Nueva Granada, se tuvo como propósito contribuir al mejoramiento de indicadores de gestión de costos – obra, además de vincular la gestión del tiempo (Morales, 2016). Se concluyó que en el proyecto hacienda Madrid el Prado, la gestión del valor ganado permitió lograr de manera adecuada el rendimiento y la situación general del proyecto, debido a que, no considerar el tiempo, junto con el costo, conlleva menos porcentaje de éxito de un proyecto; en ese sentido, la implementación de la teoría del Valor Ganado centrada en el control de costos facilitará la toma de decisiones.

De acuerdo a lo anterior, las investigaciones refieren la importancia de la gestión de proyectos para el momento actual, evidenciando que las investigaciones se han desarrollado desde diferentes corrientes que se transforman a partir de problemas críticos. Por otro lado, la ejecución del proyecto, constituye mayor complejidad y duración, por lo tanto, los esfuerzos se centran en gestionar la dirección acorde a la planificación, además de los procesos de seguimiento y control de las actividades (Montero, 2015).

1.3. Valor Ganado EVM (Earned Value Management)

La capacidad del gerente del proyecto, para la toma de decisiones acertadas en el momento correcto, es de vital importancia, ya que contribuye a lograr el éxito durante el desarrollo de cualquier proyecto; estas decisiones deben estar basadas en indicadores confiables y actualizados durante el avance del mismo. El método del valor ganado proporciona un enfoque para establecer el desempeño del proyecto en sus tres ejes fundamentales: alcance, tiempo y costo, permitiendo hacer una comparación del estado de avance real frente al planeado, en función al cumplimiento de los índices de desempeño. (Ambriz, 2008).

Según Rivera (2012), “el Valor Ganado es una metodología de control, seguimiento y gestión de los parámetros de costos, tiempos y alcance, de fácil aplicación, por lo cual puede ser adaptado a todo tipo de proyectos, según las necesidades de control”. Es fundamental apreciar que el método de valor ganado tiene como lineamientos la siguiente información

referente al control, obtenido del proyecto como: el valor planificado (PV), valor ganado (EV), costo real (AC) y presupuesto total (BAC).

Por lo tanto, para su cálculo se tienen dos premisas consideradas básicas, a saber:

- Cronograma. “Constituye la salida de un estándar de programación del proyecto en el cual se presentan las actividades a realizar vinculadas con las fechas planificadas, duraciones y recursos”. (¿Cómo obtener el cronograma del proyecto?, s.f.).

- Presupuesto. Es una estimación aprobada para el proyecto donde se relacionan los costos para el trabajo a realizar. Generalmente se obtiene de un estudio de precios unitarios donde se tiene en cuenta la mano de obra y los diferentes proveedores dependiendo del lugar donde se realice el proyecto.

Los componentes básicos del EVM son:

1.3.1. Valor planificado (PV)

El concepto de Valor Planificado (PV) de acuerdo a los lineamientos estipulados en la PMI se entiende como:

El presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo programado. Es el presupuesto autorizado asignado al trabajo que debe ejecutarse para completar una actividad o un componente de la estructura de desglose del trabajo, sin contar con la reserva de gestión. Este presupuesto se adjudica por fase a lo largo del proyecto, pero para un momento determinado, el valor planificado establece el trabajo físico que se debería haber llevado a cabo hasta ese momento. El PV total se conoce en ocasiones como la línea base para la medición del desempeño (PMB). El valor planificado total para el proyecto también se conoce como presupuesto hasta la conclusión (BAC). (2017, p. 261).

1.3.2. El costo real (AC)

El Costo Real (AC) es definido por el PMI como:

El incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un período de tiempo específico. Es el costo total en el que se ha incurrido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV. El AC debe corresponderse, en cuanto a definición, con lo que haya sido presupuestado para el PV y medido por el EV (p.ej., sólo horas directas, sólo costos directos o todos los costos, incluidos los

costos indirectos). AC no tiene límite superior; se medirán todos los costos en los que se incurra para obtener el EV. (2017, p. 261).

1.3.3. El valor ganado (EV)

El valor Ganado es importante establecerlo desde la planeación de los proyectos, el cual es definido como:

La medida del trabajo realizado en términos de presupuesto autorizado para dicho trabajo. Es el presupuesto asociado con el trabajo autorizado que se ha completado. El EV medido debe corresponderse con la PMB y no puede ser mayor que el presupuesto aprobado del PV para un componente. El EV se utiliza a menudo para calcular el porcentaje completado de un proyecto. Deben establecerse criterios de medición del avance para cada componente de la EDT/WBS, con objeto de medir el trabajo en curso. Los directores de proyecto monitorean el EV, tanto sus incrementos para determinar el estado actual, como el total acumulado, para establecer las tendencias de desempeño a largo plazo”. (PMI, 2017, p. 261).

En la siguiente figura, sobre la curva S de costos del proyecto, se identifica la información de control obtenida durante el desarrollo del proyecto, referente a costos reales (AC), valor planificado (PV), valor ganado (EV) y presupuesto a la conclusión (BAC).

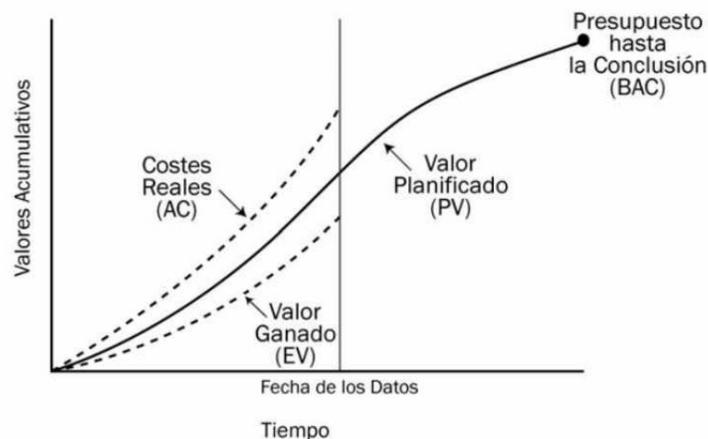


Figura 4. Análisis del valor ganado, Fuente: Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (6 ed.). Newtown Square, Pennsylvania: PMI.

1.3.4. Variaciones

De acuerdo a Vilcapaza (2018), la Variación del cronograma (SV) mide la desviación en el tiempo de las diferentes actividades, aplicado en un punto de corte, este valor se obtiene restando el valor ganado y el valor planificado.

$$SV = EV - PV$$

Por lo tanto, la variación del costo (CV) hace referencia a la medición de la desviación del costo presupuestado, si el proyecto presenta pérdidas o ganancias a la fecha de corte. En este sentido, cuando una CV es negativa generalmente es difícil recuperar las ganancias para el proyecto, lo cual implica mayor inversión de recursos. (Vilcapaza, 2018).

$$CV = EV - AC$$

1.3.5. Índices de rendimiento

El Índice de rendimiento del costo (CPI) es la relación entre el valor ganado y el costo real. Cuando es inferior a la unidad representa un sobrecosto, si es superior a la unidad representa un costo inferior a lo planificado. (Vilcapaza, 2018).

Si $CPI < 1$, significa que se ha invertido más de lo programado.

Si $CPI > 1$, significa que se ha invertido menos de lo programado.

$$CPI = EV / AC$$

Con respecto al Índice de rendimiento del cronograma (SPI) es la razón que se evidencia entre el valor ganado y el valor planificado. (Vilcapaza, 2018).

Si $SPI < 1$, significa que la cantidad de trabajo ejecutado es inferior a lo programado.

Si $SPI > 1$, significa que la cantidad de trabajo ejecutado es superior a lo programado.

$$SPI = EV / PV$$

1.3.6. Pronósticos

En la gerencia de proyectos es necesario realizar proyecciones de condiciones y eventos futuros, teniendo en cuenta información referente al desempeño y el conocimiento, lo cual se conoce como pronóstico.

El concepto de Estimado al finalizar (EAC) para un ETC ascendente: se determina considerando el costo real y la estimación al terminar en términos del desempeño real que se registra en el proyecto. (Vilcapaza, 2018).

$$EAC = AC + ETC \text{ ascendente}$$

- Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI): representa la medida de la inversión para lograr el objetivo propuesto (EAC), mide el desempeño del trabajo por ejecutar. (Vilcapaza, 2018).

$$TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$$

En la figura 5, se muestran los índices TCPI, dependiendo de su fórmula de cálculo, empleando el BAC o la EAC, para una fecha de estado determinada.

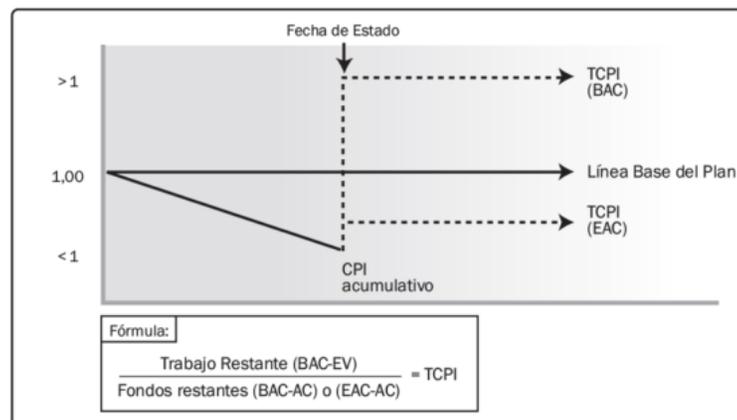


Figura 5. Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI), Fuente: Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMOBOK)* (6 ed.). Newtown Square, Pennsylvania: PMI.

En la figura 6, se muestra la información de control referente al Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales, y las estimaciones para una fecha de corte determinada.

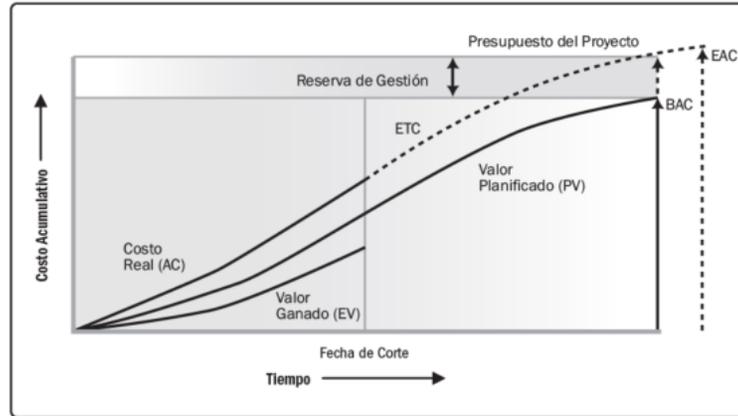


Figura 6. Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales, Fuente: Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (6 ed.). Newtown Square, Pennsylvania: PMI.

1.3.7. Implementación del EVM

Para implementar el método del valor ganado (EVM) en un proyecto, es fundamental tener en cuenta como línea base la medición del rendimiento, que describe el trabajo a realizar es decir el alcance, por ende, es necesario tener claridad como gerente los plazos definidos para la ejecución de los trabajos (cronograma) y de los costos requeridos para la ejecución (presupuesto), tal como se muestra en la figura 7. (Ambriz, 2008).

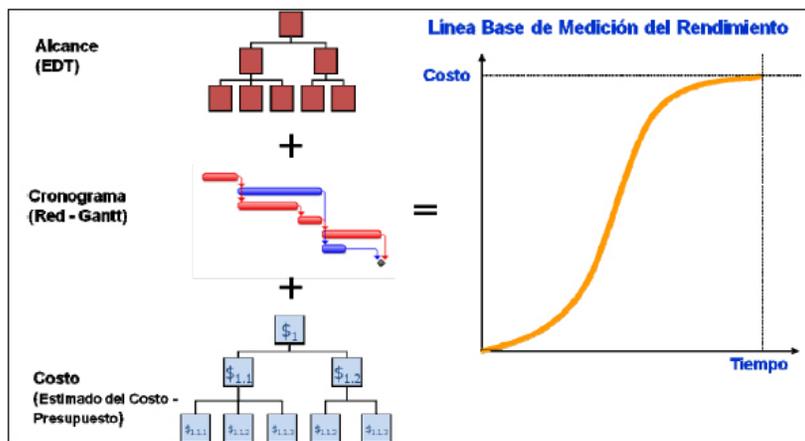


Figura 7. Integración de la línea base de medición del rendimiento, Fuente: Ambriz Avelar, R. (2008). *La gestión del valor ganado y su aplicación: Managing earned value and its*

application. En: *PMI® Global Congress 2008 - Latin America*. São Paulo, Brazil: Newtown Square, PA: Project Management Institute. Recuperado de <https://www.pmi.org/learning/library/earned-value-management-best-practices-7045>.

Así mismo, Ambriz (2008), considera adecuado ejecutar una serie de lineamientos, para lograr llevar a cabo la implementación del método del valor ganado durante la ejecución de los proyectos, los cuales se describen a continuación.

Los proyectos deben establecer un inicio que integra dos etapas, *uno*, la definición de los parámetros y las opciones disponibles de software a utilizar y *dos*, la definición de los estándares de calidad que se implementarán durante el seguimiento y el control del proyecto.

La segunda etapa referente a la planificación en proyectos, durante la cual el gerente debe realizar los siguientes procesos: Definir la WBS, establecimiento de la técnica de medición del valor ganado, estructura del cronograma sujeto a actualizaciones periódicas, asignación de los recursos/costos a todas las tareas que componen la WBS, distribución del presupuesto por entregables a través del desarrollo del proyecto, definición de la línea base de medición del rendimiento. (Durante la ejecución de la segunda etapa, es importante realizar actualizaciones periódicas)

Durante la etapa de ejecución, seguimiento y control (para cada período de informes) se debe: definir las fechas de corte en periodos cortos de tiempo considerando la magnitud del proyecto, registrar el avance de las actividades según la técnica seleccionada de medición del valor ganado, actualizar el trabajo por completar de cada tarea, desarrollar el análisis de las variaciones y los índices de rendimiento de la EVM y determinar los pronósticos con el objeto de proponer acciones correctivas o de mejora en case de ser necesario y por ultimo generar los informes de desempeño para mantener la integridad de la línea base de medición del rendimiento, como se observa en la siguiente figura, donde se presenta el flujograma de la gestión del valor ganado.

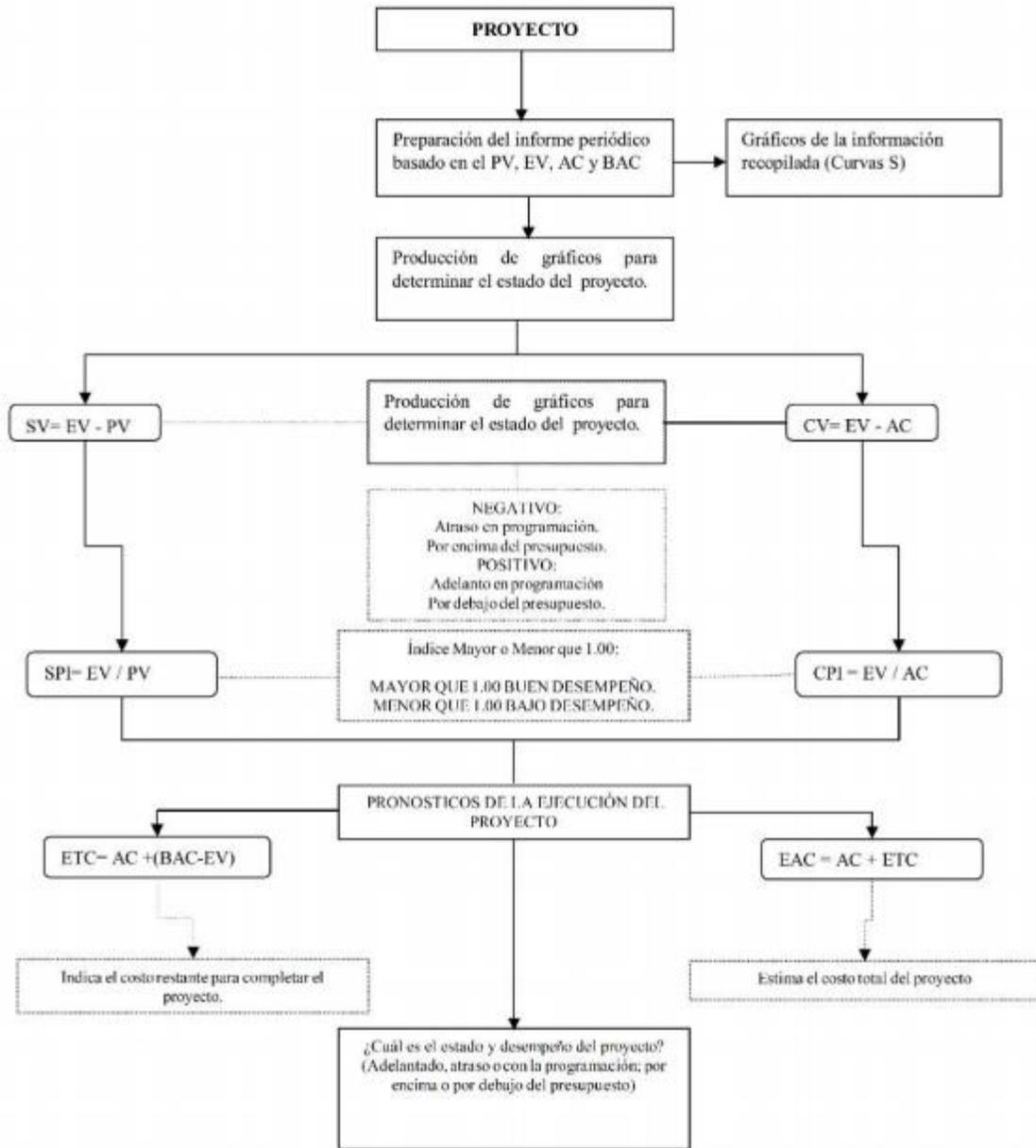


Figura 8. Flujograma Gestión del Valor Ganado EVM, Fuente: Abdul, Wang, Ch. y Muhammad (2011). Project performance monitoring methods used in malaysia and perspectives of introducing EVA as a standard approach. *Journal of Civil Engineering and Management*, pp. 445-455.

Para Coquillat de Travesado (2019), es importante definir cómo se va realizar la medición para la aplicación del método, y señala que las principales técnicas de valor ganado existentes, se usan en función de la duración de la actividad y la medición del avance. Una incorrecta

selección de la técnica de medición, durante la ejecución del proyecto puede generar un error en la estimación del avance de la actividad y generar expectativas equivocadas frente al desarrollo general del proyecto.

Tabla 1

Resumen principales técnicas de medición del valor ganado (EVTs)

	Tipo de tarea	Características	
		Tangible	Intangible
Duración	Corta (1-2 periodos de reporte)	Fórmula fija	Loe (nivel de
	Más larga (> 2 periodos de reporte)	Hitos ponderados	esfuerzo)
		Porcentaje completado	
		Medida física	

Fuente: Coquillat de Travesado (2019). *Presentación de la ISO 21508: 2018 Earned Value Management in Project and Programme management. Caso de estudio: Implantación de un Sistema de Análisis del Valor Ganado (EVMS).*

La medición del valor ganado, puede ser realizada empleando software especializado en gestión de proyectos como Microsoft Project, que en el campo “EVT” permite definir si la medición se realizará con formula fija, % completado o medida física, entre otros. En la figura 9 se señala el campo en mención y el despliegue de las opciones disponibles para su medición.



Figura 9. Aplicación Microsoft Project – definición de medición EVM, Fuente: Coquillat de Travesado, M. (2019). *Presentación de la ISO 21508: 2018 Earned Value Management in Project and Programme management. Caso de estudio: Implantación de un Sistema de Análisis del Valor Ganado (EVMS).*

Tabla 2

Formulas Earned Value Management (EVM)

Abreviatura	Nombre	Definición de léxico	Cómo se usa	Fórmula	Interpretación de Resultados
PV	Valor Planificado	Presupuesto autorizado que ha sido asignado al trabajo planificado.	El valor del trabajo que se planea cumplir hasta un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte o terminación del proyecto.		
EV	Valor Ganado	Cantidad de trabajo ejecutado a la fecha, expresado en términos del presupuesto autorizado para ese trabajo.	El valor planificado de todos los trabajos terminados (ganados) en un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte, sin hacer referencia a los costos reales.	EV = sum of the planned value of completed work	
AC	Costo Real	Costo real incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un período de tiempo específico.	El costo real de todos los trabajos terminados en un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte.		
BAC	Presupuesto Hasta la Conclusión	Suma de todos los presupuestos establecidos para el trabajo a ser realizado.	El valor del trabajo planificado total, la línea base de costos del proyecto.		

SV	Variación del Cronograma	El monto por el cual el proyecto está adelantado o atrasado según la fecha de entrega planificada, en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado.	La diferencia entre el trabajo completado hasta un punto en el tiempo, normalmente la fecha de corte y el trabajo que se planifica completar en el mismo punto en el tiempo.	SV=EV-PV	Positiva = Antes de lo previsto Neutra = A tiempo Negativa = Retrasado
SPI	Índice de Rendimiento del Cronograma	Medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado.	Un SPI de 1,0 significa que el proyecto va exactamente de acuerdo con el cronograma, que el trabajo hecho hasta la fecha representa exactamente lo mismo que el trabajo planificado a ser realizado hasta la fecha. Otros valores muestran el porcentaje de qué tanto están los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo planificado.	SPI=EV/PV	Mayor de 1,0 = Más difícil de completar Exactamente 1,0 = Lo mismo para completar Menos de 1,0 = Más fácil de completar
CV	Variación del Costo	Monto del déficit o superávit presupuestario en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor	La diferencia entre el valor del trabajo completado hasta un punto en el tiempo, normalmente la fecha de corte y los costos reales en el mismo	CV=EV-AC	Positiva = Por debajo del costo planificado Neutra = En el costo planificado Negativa = Por encima del

		ganado y el costo real.	punto en el tiempo.		costo planificado
CPI	Índice de Rendimiento del Costo	Medida de eficiencia en función de los costos de los recursos presupuestados expresada como la razón entre el valor ganado y el costo real.	Un CPI de 1,0 significa que el proyecto va exactamente de acuerdo con el presupuesto, que el trabajo hecho hasta la fecha representa exactamente lo mismo que el costo hasta la fecha. Otros valores muestran el porcentaje de qué tanto están los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo realizado	$CPI=EV/AC$	Mayor de 1,0 = Antes de lo previsto Exactamente 1,0 = A tiempo Menos de 1,0 = Retrasado
VAC	Variación a la Conclusión	Proyección del monto del déficit o superávit presupuestario, expresada como la diferencia entre el presupuesto al concluir y estimación al concluir.	La diferencia en costos estimada al finalizar el proyecto.	$VAC=BAC-EAC$	Mayor de 1,0 = Por debajo del costo planificado Exactamente 1,0 = Al costo planificado Menos de 1,0 = Por encima del costo planificado

EAC	Estimado a la Conclusión	Costo total previsto para completar todo el trabajo, expresado como la suma del costo real a la fecha y la estimación hasta la conclusión.	Si se espera que el CPI sea el mismo para el resto del proyecto, la EAC puede ser calculada usando:	$EAC2 = BAC / CPI$ $EAC3 = AC + BAC - EV$
			Si el trabajo futuro será realizado al ritmo previsto, utilice:	$EAC4 = AC + ETC$ ascendente
ETC	Estimación Hasta la Conclusión	Costo previsto para terminar todo el trabajo restante del proyecto.	Si el plan inicial ya no es válido, utilice:	$EAC1 = AC + [(BAC - EV) / (CPI \times SPI)]$
			Si tanto el CPI como el SPI influyen en el trabajo restante, utilice:	$ETC = EAC - AC$ $ETC =$ Volver a estimar
			Vuelva a estimar el trabajo restante desde abajo hacia arriba.	

TCPI	Índice de Rendimiento del Trabajo Por Completar	Medida del desempeño del costo que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con un objetivo de gestión especificado. Se expresa como la tasa entre el costo para culminar el trabajo pendiente y el presupuesto disponible.	La eficiencia que debe ser mantenida a fin de finalizar de acuerdo con lo planificado.	$TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$	Mayor de 1,0 = Más difícil de completar Exactamente 1,0 = Lo mismo para completar Menos de 1,0 = Más fácil de completar
			La eficiencia que debe ser mantenida a fin de completar la EAC actual.	$TCPI = (BAC - EV) / (EAC - AC)$	Mayor de 1,0 = Más difícil de completar Exactamente 1,0 = Lo mismo para completar Menos de 1,0 = Más fácil de completar

Fuente: Project Management Institute. (2017). Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (6 ed.). Newtown Square, Pennsylvania: PMI.

1.4. Generalidades Norma ISO 21508:2018

El método del valor ganado, desde sus inicios, ha sido implementado por entes gubernamentales y diferentes industrias, hasta convertirse en norma ISO, siendo publicada en abril de 2018 la norma ISO 21508:2018 Earned value management in Project and programme management, la cual hace parte del paquete de normas ISO 21500 en el cual se establecen criterios sobre gestión de proyectos, programas, portafolio y gobernanza. El alcance de la norma únicamente contempla proyectos y programas, por lo tanto, su implementación puede hacerse en organizaciones grandes o pequeñas, públicas o privadas. (Coquillat de Travesado, 2019).

Esta norma, plantea el concepto de EVMS (Earned Value Management System) interpretándolo como un sistema relacionado con la ANSI748 originando 32 criterios que debe ejecutar un sistema de gestión del valor ganado (EVMS). La cual a su vez se complementan con otras normas como la ISO 21500 “Guidance on project management” y la ISO 21503 “Guidance on programme management” (Coquillat de Travesado, 2019).

Es necesario señalar que los principales estándares prácticos para EVM que se emplearon durante la generación de la ISO 21508 son:

- AS4817-2006 “Project performance Measurement Using Earned Value”. Estándar australiano.
- APM EVM Guidelines. Estándar del reino Unido.
- EIA-748-. Estándar de USA.
- PMI Practice Standard for EVM.
- APM EVM Handbook.
- DoD EVMSIG.
- NASA/SP-2012-599.

Según la norma ISO 21508, un EVMS debe tener un cumplimiento en relación a los siguientes criterios (Travesado, 2019):

- Suministro de métricas de control que resulten coherentes con los criterios de medición.
- La información generada por el EVM debe ser considerada en todos los niveles de la organización.

- Los proyectos y programas deben tener líneas base integradas del alcance (de acuerdo a la EDT), tiempo (de acuerdo al cronograma) y costos (de acuerdo al presupuesto).
- El sistema debe generar reportes para los diferentes niveles de la organización, y para ser compartidos con otras organizaciones.
- Se deben incluir todas las métricas contempladas en el EVM.
- Los reportes deben ser generados periódicamente, con el fin de generar acciones correctivas o de mejora.
- El sistema debe servir de soporte para la toma de decisiones por parte de la gerencia.
- La gerencia debe dar aprobación a los cambios de las líneas base, y documentarlos de manera que estén registrados como parte del desarrollo del proyecto.
- Deben practicarse auditorías en pro de la mejora continua.

Algunas nuevas tendencias que integra la norma, están relacionadas con la aplicación en entornos ágiles e híbridos, tal como se plantea en la tercera edición del estándar EVM de PMI, integración con BIM (Building Information System) para la obtención de mediciones objetivas durante la fase de ejecución de los proyectos, y la integración con la Gestión de la Realización de Beneficios de los proyectos BRM (Benefits Realization Management) mediante el uso de un tercer indicador (RPI) que mide la eficiencia de los potenciales beneficios de los proyectos mientras se están ejecutando. (Coquillat de Travesado, 2019).

2. Diagnóstico de las Prácticas Gerenciales Llevadas a Cabo por la Empresa Contratista

El capítulo II desarrolla el diagnóstico de las prácticas gerenciales desarrolladas por la empresa Contratista, para lo cual se estableció como herramienta para la recolección de datos, un cuestionario del tipo cerrado dicotómico, con justificación de las respuestas, elaborado en base a los criterios para establecer una práctica adecuada de la gerencia de proyectos, el cual fue validado por parte del gerente general de la empresa Contratista.

Durante la aplicación del cuestionario, se dieron a conocer los criterios considerados para establecer el alcance de la aplicación de las buenas prácticas gerenciales a los gerentes de proyecto; y se solicitó responder con base en su experiencia a través de la planeación, el seguimiento, control y cierre de los proyectos a su cargo.

2.1. Acerca de las Prácticas Gerenciales

Las prácticas gerenciales tienen como finalidad, que las metas y objetivos de la organización sean logrados con éxito. En este sentido, las prácticas gerenciales se desarrollan en una organización, de manera dinámica, teniendo en cuenta el desarrollo tecnológico, compromiso con la satisfacción del cliente, acogida en nuevos mercados, implementación de nuevas tecnologías y capacitación del recurso humano, entre otros. (González, Salazar, Ortiz & Verdugo, 2019).

Es importante considerar que la competencia empresarial, requiere determinar el rol actual de estas prácticas ante los retos, oportunidades y amenazas, que enfrenta cada organización; por lo tanto, el gerente debe previamente conocer las tareas del proyecto y los responsables, para utilizar habilidades, técnicas y herramientas que le permitan desarrollar una buena práctica gerencial. (González, Salazar, Ortiz & Verdugo, 2019).

En este sentido, una óptima gerencia se caracteriza por desarrollar la eficiencia y la eficacia para lograr las metas de la organización, y poder reducir al mínimo los recursos empleados para alcanzar los objetivos propuestos. Por lo anterior, las prácticas gerenciales deben estar enfocadas en la generación de valor, con base en la calidad de los procesos, productos y

servicios, entendiendo la calidad como el fin último en el desarrollo de todos y cada uno de los procesos de la organización.

2.2. Acerca de la Empresa Contratista

La empresa Contratista proporciona soluciones integrales para el desarrollo de la infraestructura requerida en proyectos en tratamiento de agua, cuidado y mantenimiento del medio ambiente, transporte e instalaciones de energía, brindando soporte técnico a clientes públicos y privados en todo el mundo. Es una empresa de ingeniería y construcción que brinda un servicio de calidad a sus clientes, generando resultados a través del ciclo de vida del proyecto. Esta organización, es conocida por su liderazgo y flexibilidad en el desarrollo de proyectos de Consultoría y/o Construcción, en el ámbito ambiental y de infraestructura.

Su misión es ser una empresa líder en el ámbito de la ingeniería, enfocada en tratamiento de agua, medio ambiente, transporte de energía, comprometida con el mejoramiento continuo y la satisfacción del cliente.

Su visión consiste en destacarse en el sector ambiental y energético, ofreciendo servicios de ingeniería especializada de calidad, mediante el establecimiento de los estándares técnicos que permitan ofrecer un servicio excepcional, a través de la generación de espacios de formación para sus colaboradores, contando con los mejores profesionales en la industria, de manera que se generen mayores ingresos para la organización.

2.3. Resultados Encuesta - Diagnóstico

Como se evidencia en la Figura 10, el 75% de los gerentes manifiestan que la organización efectivamente establece un marco común para la gestión de los proyectos, el 25% considera que la aplicación de dicho marco depende del tipo y magnitud del proyecto, debido a los recursos que son requeridos para la implementación de una gestión completa según las buenas prácticas del PMI.

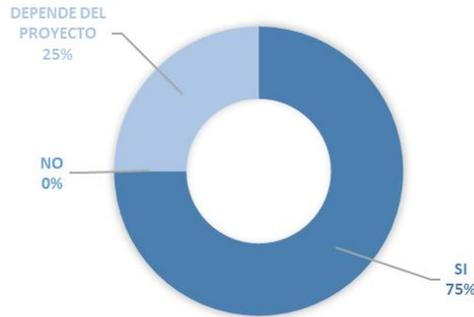


Figura 10. Establecimiento de un marco común para la gestión de proyectos, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

La organización objeto de estudio relaciona la metodología de gestión de proyectos con los procesos organizacionales en un 60%, como se muestra en la figura 11, considerando que para proyectos denominados “pequeños” en alcance y costo, algunos de los procesos organizacionales no son estrictamente aplicables. Entendiendo los procesos organizacionales como el conjunto de pasos que deben llevar a cabo los miembros de una organización para el cumplimiento de metas y objetivos establecidos por la misma.

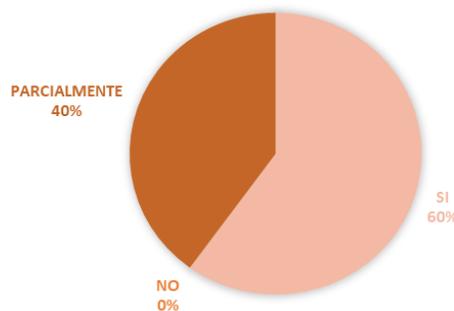


Figura 11. Integración metodología de gestión de proyectos con los procesos organizacionales, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

El 60% de los gerentes de proyecto encuestados manifiestan que la organización cuenta con formatos prediseñados para registrar la gestión de los proyectos, los cuales son tomados como base para llevar a cabo el seguimiento y control de los proyectos que apliquen, según el tipo de formato. Por otra parte, el 20% considera que deben mejorarse estos formatos, de manera que se muestren los índices de rendimiento de los proyectos, como se muestra en la figura 12.

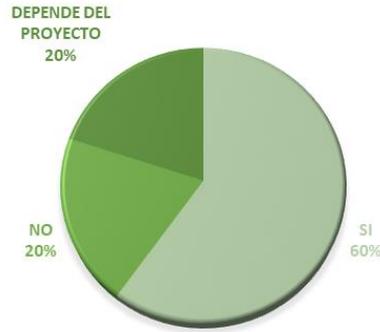


Figura 12. Uso de formatos prediseñados para registrar la gestión de los proyectos, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

Los gerentes de proyecto de la empresa contratista afirman que la organización usa indicadores de éxito para desarrollar la gestión de los proyectos, porque realizan un seguimiento y control de los riesgos, además del presupuesto y el cronograma del proyecto como parte fundante en la gerencia de proyectos, así como de los indicadores de calidad que garantizan el cierre de proyectos que van en concordancia con las expectativas de los clientes.

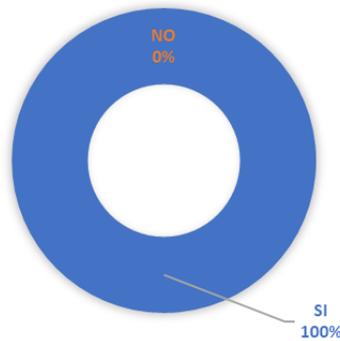


Figura 13. Uso de indicadores de éxito para desarrollar la gestión de los proyectos, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

Así mismo, los gerentes participan del análisis periódico de los resultados de índices estructurados con el desempeño obtenidos de los proyectos desarrollados por la organización, de manera que pueden proponer acciones correctivas y de mejora, que contribuyan al mejoramiento continuo de las prácticas aplicadas.

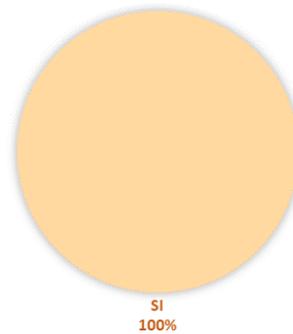


Figura 14. Análisis periódico de los resultados de los índices de desempeño obtenidos en los proyectos que desarrolla la organización, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

Como se muestra en la figura 15, el 80% de los gerentes de proyecto encuestados manifiestan que la empresa Contratista establece la estructura organizacional apropiada para apoyar la gestión de proyectos. Por otra parte, el 20% considera que el apoyo dado para desarrollar la gestión de algunos proyectos ha sido en ocasiones “precario”, considerando que las expectativas de los clientes requieren implementar recursos (de mano de obra) que en algunos casos resultan insuficientes para cumplir con los resultados de calidad esperados.

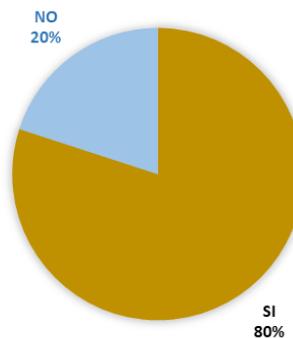


Figura 15. Establecimiento de la estructura organizacional apropiada para apoyar la gestión de los proyectos de la empresa Contratista, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

El 100% de los gerentes de proyecto encuestados manifiestan que la empresa Contratista analiza el valor y la incidencia del desempeño en los proyectos ejecutados. Como resultado de este análisis, se han definido algunos criterios para la optimización de los recursos, la capacitación del personal de la empresa, la implementación de software especializado y

tecnologías aplicadas a la administración, entre otras estrategias encaminadas al logro de los objetivos del negocio.

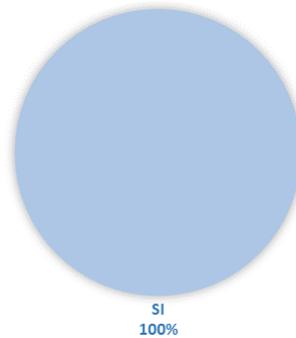


Figura 16. Análisis del valor y la incidencia del desempeño en los proyectos de la organización, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

El 60% de los encuestados considera que la organización gestiona los proyectos haciendo uso de las áreas del conocimiento y los grupos de procesos concebidos por el PMI. Dependiendo de la magnitud del proyecto (20%), son aplicables algunos de los grupos de proceso con mayor énfasis, considerando que en algunos casos se cuenta con recursos limitados para desarrollar el seguimiento y control, o dependiendo del tamaño del proyecto, únicamente se hace necesario gestionar alcance, tiempo y costo, respectivamente.

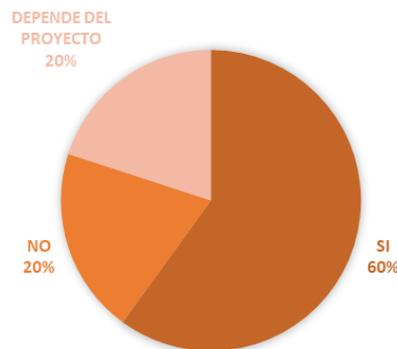


Figura 17. Gestión de los proyectos por parte de la Organización, haciendo uso de las áreas del conocimiento y los grupos de procesos concebidos por el PMI, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

Las áreas del conocimiento descritas por el PMBOK, que generalmente gestionan los gerentes durante el desarrollo de un proyecto son alcance, tiempo, costo y calidad. Sin dejar de lado otras muy importantes como el cronograma, los riesgos, las adquisiciones y los interesados, los RR.HH y las comunicaciones, respectivamente, como se muestra en la figura 18.

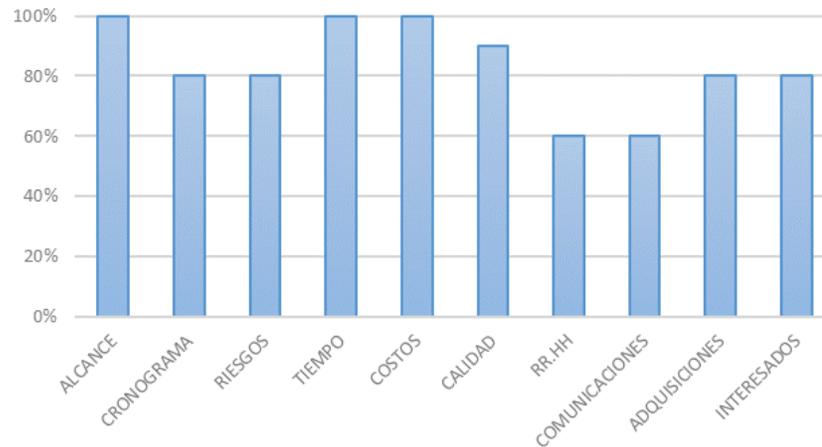


Figura 18. Gestión de las áreas del conocimiento descritas por el PMBOK, por parte de los gerentes de la empresa Contratista, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

En la mayoría de sus proyectos, la organización procura que los gerentes sean profesionales certificados como Project Management, porque considera que la certificación o estudios de maestría en este campo garantizan el cumplimiento de los estándares para la articulación de la gestión de proyectos; adicionalmente en algunos casos es el cliente quien hace la exigencia de certificación o su equivalente para definir este tipo de cargos. Para el caso de los proyectos considerados “pequeños” en alcance, tiempo y costo, la organización permite que puedan ser gerenciados por profesionales no certificados que tengan estudios de posgrado en el área de los proyectos.

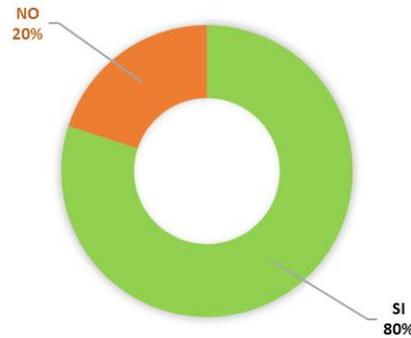


Figura 19. Procura de la organización porque los gerentes de proyectos sean profesionales certificados Project Management, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

Un 60% de los encuestados afirma que los gerentes de proyectos de la organización dirigen varios proyectos simultáneamente, en base a una política de optimización de recursos que se viene implementando por parte de la gerencia. El 40% restante, coinciden en que, dependiendo de la magnitud del proyecto en cuanto a alcance, tiempo y costo, es importante dirigir y gestionar un solo proyecto a la vez, para garantizar el cumplimiento de los objetivos de negocio, adicionalmente, pueden requerirse recursos adicionales para apoyar a la gerencia del proyecto y hacer el respectivo seguimiento y control, ver figura 20.

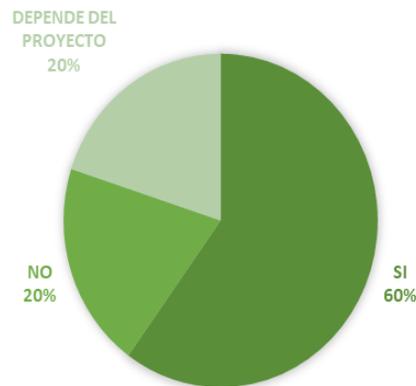


Figura 20. Dirección y gestión de los proyectos por parte de la organización, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

El 80% de los encuestados afirma que la aplicación del método del valor ganado (EVM), sirve como elemento para garantizar el seguimiento y control de proyectos, ya que integra tiempos y costos, para la generación de índices de rendimiento, que sirven de enlace para la toma de decisiones por parte de la gerencia a través del ciclo de vida de los proyectos. El 20% restante, considera que para proyectos considerados “pequeños” en alcance, tiempo y costo, dicho método podrá resultar complejo en su aplicación durante el ciclo de vida, debido a los pocos periodos de corte, por lo que no resultará efectivo para la toma de decisiones por parte del gerente.

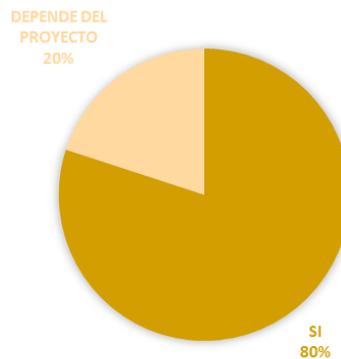


Figura 21. Aplicación de la gestión del valor ganado (EVM), como herramienta para garantizar el seguimiento y control de proyectos, Fuente: Gerentes de proyecto, empresa Contratista.

2.4. Análisis de las Buenas Prácticas Gerenciales Desarrolladas por la Empresa Contratista, a Partir de la Encuesta Implementada a los Gerentes de Proyecto

A través del análisis de la encuesta efectuada a los gerentes de proyectos de la empresa Contratista, se pueden obtener las siguientes conclusiones necesarias para la implementación del método del valor ganado como herramienta para garantizar el seguimiento y control de proyectos.

La empresa Contratista desde su creación, para el desarrollo de las prácticas gerenciales en sus proyectos, adoptó como guía los lineamientos del PMI, los cuales marcan el mapa de ruta que rige en todos los niveles de la organización. Por lo tanto, los gerentes de proyecto conocen

y practican dichos lineamientos en búsqueda del cumplimiento de los objetivos del negocio, la mejora continua y el éxito de sus proyectos.

Como parte de los requisitos contractuales, la mayoría de organizaciones Contratantes, actualmente exigen a las empresas Contratistas, contar con el personal idóneo para gerenciar sus proyectos, de manera que se integren los conocimientos técnicos, administrativos y gerenciales, que permitan llevar a cabo el inicio, la planeación, la ejecución, el control y el cierre de los proyectos, garantizando el cumplimiento de los estándares y generando valor.

Dependiendo de la magnitud del proyecto, en cuanto a alcance, tiempo y costo se refiere, los gerentes optan por dar relevancia a la gestión de las áreas del conocimiento que representan un impacto significativo en el ciclo de vida de sus proyectos, sin dejar de lado las demás áreas que complementan un seguimiento y control adecuados en cada caso.

Consideran que cuentan con herramientas y recursos para desarrollar una adecuada gestión de sus proyectos, que les permite llevar a cabo la toma de decisiones acerca del seguimiento al cronograma de tiempos y de costos, por separado, en un momento dado del proyecto (corte). Pero actualmente no implementan un método que permita integrar tiempos y costos, para la generación de índices de rendimiento, que sirvan de guía para el establecimiento de aportes significativos por parte de la gerencia a través del ciclo de vida de los proyectos.

3. Gerencia de Proyectos con Enfoque Estratégico: Gestión del Proyecto (Estudio de Caso)

El capítulo III presenta la gestión del proyecto, teniendo en cuenta la planeación, el seguimiento y el control del proyecto de consultoría tomado como estudio de caso, al cual se le aplica el método del valor ganado, con el fin de incorporar índices de rendimiento que permitan establecer el estado del proyecto en una determinada fecha de corte y hacer proyecciones con respecto al cumplimiento de los objetivos del negocio.

Para la implementación del método del valor ganado, se tomó como estudio de caso el proyecto de consultoría denominado “Modernización Planta de Tratamiento API” propiedad de la Empresa de servicios públicos. El proyecto consiste en el diseño de unidades de proceso en la planta de tratamiento de agua potable. Y está orientado al mejoramiento de la calidad del agua producida en esta instalación para garantizar la continuidad, flexibilidad y confiabilidad de la operación. Para tal fin, se requiere el diseño de nuevas unidades de procesos, equipos de medición y control, equipos mecánicos, eléctricos y obras civiles. (EPM, 2018).

Todas las unidades a diseñar se deben integrar al proceso e infraestructura actual de la planta y sus sistemas de comunicación existentes, respetar la normatividad ambiental, asegurar el mínimo impacto ambiental y a la comunidad, garantizar paros máximos de 10 horas continuas en la Planta y no afectar la continuidad y calidad del agua potable producida. (EPM, 2018).

SDT, la empresa contratista que desarrolla el proyecto en mención, es una empresa que provee soluciones integrales en agua y medio ambiente. Como empresa de ingeniería y construcción brinda soluciones integrales a sus clientes, mediante la implementación de altos estándares de calidad a través del ciclo de vida de los proyectos. La empresa cuenta con una división encargada de gerenciar y gestionar los proyectos de la organización, que se encarga de implementar buenas prácticas gerenciales para garantizar el éxito de sus proyectos.

A través de entrevistas desarrolladas con el Gerente general de SDT y el Gerente de proyectos asignado, es posible determinar que el proyecto, desde su origen cuenta con planes de gestión de riesgos, gestión del alcance, gestión del cronograma, gestión de costos, gestión de los interesados, gestión de calidad, gestión de los recursos, gestión de las comunicaciones y

gestión de las adquisiciones. Lo cual ha permitido desarrollar las etapas del ciclo de vida de los proyectos, de manera ágil y cumpliendo con las expectativas de los clientes (EPTA).

Por lo anterior, cabe citar que el PMI en su guía del PMBOK sexta Edición, integra 49 procesos en cada uno de los cinco (5) grupos. Para el caso de esta propuesta investigativa de aplicación, se ilustrarán únicamente los procesos de gestión necesarios para la aplicación del método de valor ganado (EVM).

3.1. Plan para la Dirección del Proyecto

3.1.1. Resumen ejecutivo

El Proyecto de consultoría denominado Modernización Planta De Tratamiento -PTAP- API está orientado al mejoramiento de la calidad del agua producida en esta instalación y garantizar la continuidad, flexibilidad y confiabilidad de la operación,

Con la ejecución de este proyecto, la empresa de servicios públicos, mejora la tecnología de potabilización y amplía la capacidad del tratamiento de la PTAP, para asegurar que se cumpla la normativa vigente de calidad de agua potable y garantizar la expansión de las redes de acueducto, conforme con el crecimiento futuro de la población. (EPM, 2018).

Adicionalmente, esta modernización en su etapa de implementación, representará una disminución de la planta de personal operativo en la PTAP, mayor tiempo de operación entre mantenimientos de los equipos, disminución del costo de tratamiento de potabilización por m³ suministrado a los usuarios, entre otros múltiples beneficios.

3.1.2. Problemática

Una de las problemáticas que afecta la salud de los usuarios, es la calidad del agua potable suministrada en la PTAP API, la cual cuenta con más de 50 años de operación continua a 2020, razón por la cual, en la actualidad algunos de los procesos desarrollados para la potabilización del agua para consumo se encuentran obsoletos y por lo tanto no garantizan el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua potable exigidos por la legislación vigente. (EPM, 2018).

Por lo anterior, la Empresa de servicios públicos como propietario y operador de la Planta, presenta problemas para garantizar la continuidad, flexibilidad y confiabilidad de la operación para algunos de los procesos de potabilización que componen la PTAP. Actualmente el proceso de filtrado se hace por filtración directa, que genera sobrecarga de los filtros, lo cual puede ocasionar incrementos en la turbiedad del agua filtrada y otros parámetros de calidad. (EPM, 2018).

Caudales en continuo por encima de $6.5 \text{ m}^3/\text{s}$, o en picos horarios por encima de $7.2 \text{ m}^3/\text{s}$, deben tratarse sólo en casos de turbiedad y color en el agua cruda por debajo de 20 UNT y 50 UPC respectivamente, agotando todas las demás posibilidades de suministro que pueda tener el sistema interconectado para evitar sobrecargar la PTAP o poner en riesgo el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua potable suministrada. Durante estos eventos de altos caudales en la Planta, debe incrementarse la frecuencia de monitoreo de calidad de agua en la red para identificar posibles alteraciones en su calidad por desarrollo de color, sedimentos, entre otros; y brindar una solución oportuna. (EPM, 2018).

Adicionalmente, el hecho de no contar en la Planta con un sistema de suministro y dosificación de cloro, causa inestabilidad en los caudales alimentados a los cloradores y problemas en el control de la dosificación de cloro en los tanques de distribución (EPM, 2018), lo cual debe ser controlado, de manera que se controle el exceso de cloro en el agua tratada ya que es nocivo para la salud, causando afectaciones en vías respiratorias, y la flora intestinal, entre otros. (FAO, 1994).

La capacidad hidráulica actual de la PTAP API es de $8.2 \text{ m}^3/\text{s}$, pero su capacidad real está limitada por la calidad del agua cruda proveniente del Embalse La Niña, y por el hecho de que el excedente de caudal que ingrese a la planta por encima de $6.5 \text{ m}^3/\text{s}$ debe ser tratado por filtración directa. (EPM, 2018).

En consecuencia, en repetidas ocasiones el agua potable para consumo suministrada por la PTAP, no cumple en su totalidad con los estándares de calidad de agua. Por lo tanto, es importante considerar que la composición del agua cruda o tratada parcialmente varía, pero contiene uno o más contaminantes en forma de iones, partículas u organismos vivos en porcentajes elevados: ácidos complejos resultantes de la degradación de las plantas, minerales que endurecen el agua, tales como carbonatos de calcio y de magnesio, partículas de arcilla y

limos, microorganismos como bacterias, virus, protozoos y moléculas de oxígeno. (FAO, 1994).

3.1.3. Resultados previstos

El proyecto de consultoría para la Modernización PTAP API, permitirá contar con los estudios y diseños detallados de nuevas unidades de proceso, equipos de medición y control, equipos mecánicos, eléctricos y obras civiles, a implementarse en la torre de captación ubicada en el embalse La Niña, tuberías de aducción y PTAP API, respectivamente.

Las modificaciones en el proceso y equipos objeto del diseño obedecerán a un análisis previo de las restricciones operativas y de calidad actuales de la planta y el embalse, las proyecciones de demanda de agua y la evaluación de los riesgos actuales del proceso de tratamiento, sin afectar la continuidad del proceso de potabilización de la planta y con el mínimo impacto sobre la infraestructura existente, la comunidad circundante o los operarios que trabajan en las instalaciones de la PTAP. (EPM, 2018).

El proyecto revisará y analizará los productos potenciales y tiene como objeto definir y documentar la concepción definitiva de ingeniería, efectuando la validación y definición de cada uno de los criterios de diseño de la planta con base en los estudios de factibilidad y demás estudios previos. Además, describe el funcionamiento y filosofía de operación del sistema de Control, automatización y comunicaciones, a partir de todos los procesos y operaciones unitarias asociadas al sistema de diseño de la planta. (EPM, 2018).

3.1.4. Justificación

Con la ejecución de este proyecto, la empresa de servicios públicos mejora la tecnología de potabilización y amplía la capacidad del tratamiento de la PTAP API, para garantizar la calidad del agua que se suministra a la comunidad del área de influencia y generar así, una expansión de las redes de acueducto y desde luego que la cobertura futura impacte a más usuarios.

La modernización de los diferentes procesos de la PTAP API está orientada al mejoramiento de la calidad del agua producida en esta instalación y garantizar la continuidad, flexibilidad y confiabilidad de la operación.

3.1.5. Impacto organizacional

Procesos. Con la implementación y puesta en funcionamiento del proyecto, se presentarán cambios en instrumentación, control, automatización de equipos (filtros), y mejoras estructurales para los diferentes procesos de PTAP, para lo cual será necesario implementar tecnología de punta. Esto afectará en forma directa los procesos operacionales, reduciendo la cantidad de operarios requeridos, reflejado en nóminas más eficientes. Esta eficiencia mejorada disminuirá la carga salarial y prestacional para este frente operativo.

Roles y responsabilidades. El proyecto permite una sistematización de los equipos y por ende la reducción de mano de obra del personal operativo de la PTAP. Durante la ejecución del proyecto, se deben cumplir las regulaciones y obligaciones que la empresa de servicios públicos tenga establecidas o que se establezcan de manera particular para el personal del contratista, con el fin de brindar seguridad durante el desarrollo de las funciones y servicios contratados.

Migración tecnológica. La migración tecnológica para la implementación del proyecto, resulta evidente, toda vez que se trata de un proyecto de modernización para la automatización y control de los diferentes procesos que hacen parte de la PTAP API. Por lo tanto, el contratista deberá diseñar los diferentes procesos con tecnología de punta de manera que se garantice el engranaje con los sistemas tecnológicos de la empresa de servicios públicos.

3.1.6. Metas y objetivos

El proyecto apoya directamente varias de las metas y objetivos corporativos establecidos por la Empresa de servicios públicos. Adicionalmente, la gestión de la consultoría debe centrarse en un modelo de gerencia que permita adoptar buenas prácticas administrativas y

financieras, procurando como resultado el éxito del proyecto. La siguiente tabla enumera las metas y objetivos comerciales que apoya el proyecto:

Tabla 3

Metas y objetivos corporativos establecidos por la empresa de servicios públicos

Meta / objetivo comercial	Descripción
Informes oportunos y precisos	Informes mensuales detallados de la gestión del proyecto, evidenciando el estado actual ejecutado de acuerdo con los cronogramas de diseño y las entregas parciales que apliquen.
Mejorar la eficiencia del personal	Profesionales, con experiencia en los procesos y procedimientos de ingeniería y gerencia del proyecto, para aplicar acciones que mejoren la eficiencia.
Reducir la rotación de empleados	Permitir a los gerentes concentrarse en tareas específicas de cada fase del proyecto, delegando el desarrollo de actividades en personal capacitado.
Reduce los gastos generales	Implementación de tecnología sostenible reduce los costos del proyecto.

Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.1.7. Rendimiento del proyecto

La siguiente tabla ilustra lo referente a los procesos o servicios y sus respectivos resultados comerciales con la finalidad de medir el desempeño del proyecto. Las cuales deben ser cuantificadas y definidas en la EDT.

Tabla 4

Recursos, procesos o servicios clave del proyecto.

Recurso clave / proceso / servicio	Medida de rendimiento
Informes	El sistema basado en la web constituye una herramienta tecnológica para reducir los duplicados de informes y otros, permitiendo verificar fechas de generación de la información y su respectiva entrega.
Mantenimiento de equipos	Disminución de costos y requisitos de personal e insumos, ya que el mantenimiento de los equipos se reducirá de una vez al mes a una vez cada 6 meses con la implementación de la modernización.
Recursos del personal	Reducción del personal operativo, debido a la automatización de equipos

(se eliminan 5 puestos de trabajo).

Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.1.8. Supuestos del proyecto

Los siguientes supuestos se aplican al proyecto durante la etapa de planeación del mismo.

- Existe capital disponible para la contratación de los estudios de consultoría.
- Existe capital disponible para contratar la implementación del proyecto de modernización.
- El gerente del proyecto, proporcionará apoyo a los diferentes componentes para finalizar el proyecto en el tiempo establecido.
- El proyecto cuenta con soporte y respaldo por parte de la gerencia de la empresa de servicios públicos.

3.1.9. Restricciones del proyecto

Es de resaltar que a medida que inicie la planificación del proyecto y se identifiquen otras restricciones, deberán ser consideradas en conjunto con las aquí mencionadas.

- Se tienen recursos económicos limitados disponibles para el desarrollo del proyecto.
- Existe la posibilidad de requerir adicionar al alcance del proyecto la inclusión de otros procesos relacionados, para los cuales no se tienen recursos designados.

3.1.10. Hitos principales del proyecto

A continuación, se presentan los hitos del proyecto identificados. Al abordar la planificación del proyecto se debe desarrollar el cronograma, así mismo, relacionar los hitos y con su respectivo calendario de finalización y se modificarán, ajustarán y finalizarán según sea necesario.

Tabla 5

Hitos y Entregables del proyecto

Hitos / entregables	Fecha objetivo
Caso de Negocio del proyecto	26/12/ 2018
Revisión y finalización del plan del proyecto	07/01 / 2019
Comienzo del proyecto	14/01/ 2019
Fase I completa	30/04/ 2019
Fase II completa	30/12/2019

Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.1.11. Alineamiento estratégico

El proyecto apoya directamente varios de los planes estratégicos de la Empresa de servicios públicos, ya que contribuye a mejorar la calidad del agua potable y garantizar la expansión de las redes de acueducto con base las proyecciones de población futura. Por lo tanto, este proyecto ayudará a que la empresa avance al siguiente nivel de madurez.

Tabla 6

Planes Estratégicos del proyecto

Plan	Metas objetivos	Relación con el proyecto
Incrementar valor para los grupos de interés	Generar formatos y registros, que faciliten la recolección y gestión de la información de cada uno de los interesados	Este proyecto permitirá la definición de un portafolio de negocios, (industria/tecnología/país), que permita crear un foco estratégico en los diferentes horizontes de crecimiento de los interesados.
Plan estratégico de sostenibilidad	Fortalecer el crecimiento de la Empresa de servicios públicos alineado con la estrategia de buenas prácticas ambientales y de sostenibilidad	Rentabilizar el negocio con una operación segura y crecer de manera orgánica en los mercados actuales.
Plan estratégico de innovación	Definir ejes de innovación y consolidación de rutas de desarrollo de nuevas soluciones	Este proyecto aplicará metodologías empleando tecnología de punta en el tratamiento de agua potable, para actualizar los procesos de desarrollo e innovación.

Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.1.12. Análisis de costo beneficio

La siguiente tabla captura las acciones de costos y ahorros asociadas con el proyecto, describiendo las acciones y los costos asociados con estas durante el primer año. A continuación, en la tabla 7 se muestran los ahorros netos para el primer año del proyecto.

Tabla 7

Análisis de costo beneficio

Acción	Tipo de acción	Descripción	Costos del primer año (- indica ahorros anticipados)
Estudios y diseños para la modernización de la PTAP	Costo	Inversión inicial para el proyecto de consultoría	\$ 3.500.000.000
Implementación de la modernización en la PTAP	Costo	Inversión inicial para el proyecto de implementación	\$ 47.000.000.000
Reducción de personal operativo	Ahorros	Reducción en los gastos administrativos, equivalente al salario y prestaciones sociales anuales de 5 operarios de procesos en la PTAP.	- \$ 300.000.000
Reducción del costo de potabilización	Ahorros	Una reducción inmediata anual en los gastos de potabilización.	- \$ 1.500.000.000
Reducción anual en el mantenimiento de equipos.	Ahorros	Se requiere mantenimiento de los diferentes equipos cada 6 meses en lugar de mensualmente	- \$ 500.000.000
		Inversión inicial total	\$ 50.500.000.000
		Ahorros del primer año	\$ 2.500.000.000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

Según el análisis de costo-beneficio efectuado, se observa que, al ejecutar el proyecto, a partir del año 21 después de la implementación del mismo, la Empresa de servicios públicos percibirá ahorros anuales por cerca de \$2.500.000.000. Lo cual, para este tipo de proyectos, evidencia una mejora significativa en los costos operativos y es un indicador representativo del beneficio que este proyecto tendrá a largo plazo para la compañía.

La reducción de costos, está asociada directamente con la reducción de personal operativo y los gastos generales de salario y prestaciones sociales anuales, reducción del costo de potabilización a largo plazo, por la entrada en funcionamiento de las tecnologías a ser implementadas con el proyecto, y por lo tanto una reducción del costo anual de mantenimiento de equipos, que a la fecha resultan obsoletos para llevar a cabo el proceso de potabilización.

3.1.13. Objetivos de negocios

Algunos de los objetivos más importantes del proyecto de modernización de la PTAP en su etapa de implementación son:

- Disminución sustancial de la planta de personal operativo en la PTAP.
- Mayor tiempo de operación entre mantenimientos de los equipos.
- Disminución del costo de tratamiento de potabilización por m³ suministrado a los usuarios.

3.1.14. Requisitos de aprobación del proyecto

El éxito del proyecto se presenta cuando la ingeniería detallada para ejecutar la modernización de la PTAP API esté completamente aprobada, y permita la contratación e implementación dentro de las limitaciones de tiempo y costo indicadas. El éxito será determinado por el patrocinador del proyecto, es decir, la Empresa de servicios públicos, quien también autorizará la finalización del proyecto. (EPM, 2018)

3.1.15. Alcance y entregables

El alcance del proyecto de consultoría, consiste en el diseño de nuevas unidades de proceso, equipos de medición y control, equipos mecánicos, eléctricos y obras civiles por parte del contratista, para la planta de tratamiento de agua potable PTAP API. Todas las unidades a diseñar deben ser integradas al proceso e infraestructura actual de la planta y sus sistemas de comunicación existentes, respetar la normatividad ambiental, asegurar el mínimo

impacto ambiental y a la comunidad, garantizar paros máximos de 10 horas continuas en la PTAP y no afectar la continuidad y calidad del agua potable producida. (EPM, 2018).

Los siguientes entregables se deben cumplir para cada uno de los procesos descritos en la Tabla 08, con el objetivo de completar con éxito el proyecto modernización PTAP API. Cualquier modificación en estos entregables deberá ser revisado y aprobado por el patrocinador del proyecto (Empresa de servicios públicos). (EPM, 2018).

Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica

- Recopilación y análisis de la información
- Análisis de alternativas
- Elaboración de bases y criterios de diseño
- Definición normativa
- Estimación de cantidades de obra y equipos requeridos para construcción

Fase II. Ingeniería de detalle

- Elaboración de memorias de cálculos y simulaciones detalladas
- Elaboración de especificaciones técnicas detallada
- Elaboración de planos
- Elaboración cantidades de obra y presupuesto
- Elaboración de cronograma de construcción de las obras
- Elaboración del capítulo técnico de especificaciones de construcción
- Pliegos de licitación para la implementación del proyecto

Topografía

Tabla 8

Procesos modernización PTAP API

Ítem	Procesos de modernización PTAP API
1	Preoxidación con dióxido de cloro en torre de captación. Muestreo de agua en torre de captación. Adición complementaria de carbón activado en polvo y sulfato de aluminio.
2	Desinfección mejorada con luz ultravioleta para agua de distribución.
3	Sistema de suministro y dosificación de cloro para los nuevos tanques de distribución.

4	Nuevo sistema de dosificación para ajuste de pH (cal viva).
5	Compuertas de aislamiento para canal de agua coagulada.
6	Ampliación de los descargues de las cámaras de repartición y canales.
7	Compuertas de separación entre canal de fangos y tanques de distribución 1 y 2.
8	Independización de los sistemas de suministro de agua de servicios de la planta y el sistema de dosificación de cloro.
9	Adecuación, reconstrucción de muro de rebose y diseño de compuertas de la cámara de aquietamiento de las válvulas 1 y 2.
10	Automatización del sistema de lavado de filtros.
11	Recirculación de agua de lavado de filtros y clarificados.
12	Estudio de calidad de agua de recirculación.
13	Diseño de subestación eléctrica teniendo en cuenta la unificación de las subestaciones existentes.
14	Diseño de un enlace y sistema de telecomunicación.
15	Alerta temprana por monitoreo en línea de contaminación con sonda espectrométrica.
16	Integración de subsistemas e integración con el SCADA local de las plantas.

Fuente: EPM (2018). Anexo técnico proyecto modernización planta de tratamiento -PTAP- la Ayurá procesos.

3.1.16. Cronograma - resumen del calendario de hitos

El cronograma del proyecto, integra todas las tareas necesarias para el desarrollo de los objetivos y constituye el alcance del proyecto. Cualquier cambio que se presente en el alcance, deberá ser comunicado al patrocinador, por parte del gerente del proyecto. Ver tabla 9. Calendario de hitos de resumen y figura 22 Cronograma de entregables del proyecto.

Tabla 9

Calendario de hitos de resumen

Calendario de hitos de resumen	
Hito del proyecto	Fecha objetivo (dd/mm/aaaa)
Caso de Negocio del proyecto	26/11/ 2018
Project Charter del proyecto	20/12/ 2018
Revisión y finalización del plan del proyecto	07/01 / 2019
Comienzo del proyecto	14/01/ 2019
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	30/10/ 2019
Recopilación y análisis de la información	15/04/ 2019

Análisis de alternativas	30/06/ 2019
Elaboración de bases y criterios de diseño	30/07/ 2019
Definición Normativa	30/07/ 2019
Estimación de cantidades de obra y equipos requeridos para construcción	15/08/ 2019
Fase II. Ingeniería de detalle	30/12 /2019
Elaboración de memorias de cálculos y simulaciones detalladas	30/10 /2019
Elaboración de especificaciones técnicas detallada	30/10 /2019
Elaboración de planos	15/11 /2019
Elaboración cantidades de obra y presupuesto	15/11 /2019
Elaboración de cronograma de construcción de las obras	20/12 /2019
Elaboración del capítulo técnico de especificaciones de construcción	20/12 /2019
Pliegos de licitación para la implementación del proyecto	30/12 /2019
Proyecto completo	30/12 /2019

Fuente: autora de la investigación, 2021.

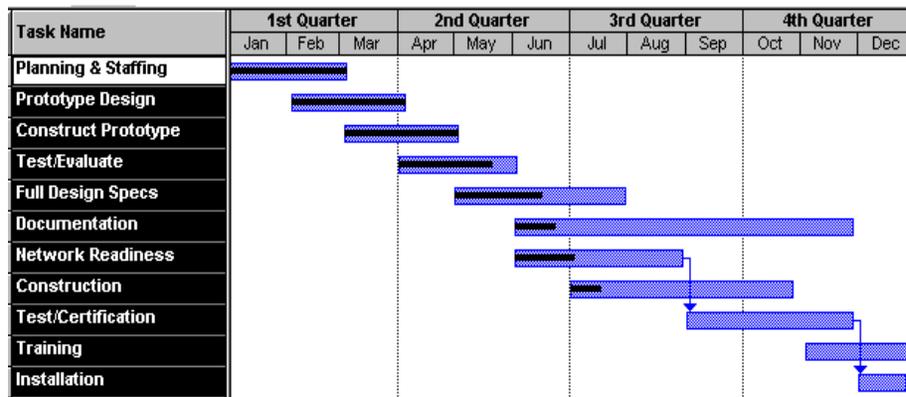


Figura 22. Cronograma de entregables del proyecto, Fuente: Implementing Earned Value Easily and Effectively, Project Management Journal, (1998).

3.1.17. Presupuesto

A continuación, a partir de la tabla 10 se realiza el resumen del presupuesto aprobado generado a partir del cálculo de horas-hombre a emplear en el desarrollo de las actividades, según los lineamientos de costos planeados para el desarrollo del proyecto.

Tabla 10

Presupuesto Resumen

Presupuesto resumen	
Procesos del proyecto	Costo proceso
Preoxidación con dióxido de cloro en torre de captación. Muestreo de agua en torre de captación. Adición complementaria de carbón activado en polvo y sulfato de aluminio.	\$ 577.000.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 138.500.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 438.500.000
Desinfección mejorada con luz ultravioleta para agua de distribución.	\$ 214.600.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 51.500.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 163.100.000
Sistema de suministro y dosificación de cloro para los nuevos tanques de distribución.	\$ 294.000.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 70.560.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 223.440.000
Nuevo sistema de dosificación para ajuste de pH (cal viva).	\$ 586.500.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 140.770.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 445.730.000
Compuertas de aislamiento para canal de agua coagulada.	\$ 214.670.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 51.520.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 163.150.000
Ampliación de los descargues de las cámaras de repartición y canales.	\$ 93.625.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 22.470.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 71.155.000
Compuertas de separación entre canal de fangos y tanques de distribución 1 y 2.	\$ 194.500.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 46.680.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 147.820.000
Independización de los sistemas de suministro de agua de servicios de la planta y el sistema de dosificación de cloro.	\$ 154.148.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 36.995.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 117.153.000
Adecuación, reconstrucción de muro de rebose y diseño de compuertas de la cámara de quietamiento de las válvulas 1 y 2.	\$ 133.974.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 32.154.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 101.820.000
Automatización del sistema de lavado de filtros.	\$ 293.997.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 70.560.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 223.437.000

Recirculación de agua de lavado de filtros y clarificados.	\$ 194.496.000
Fase I. Análisis de alternativas e Ingeniería básica	\$ 46.680.000
Fase II. Ingeniería de detalle	\$ 147.816.000
Estudio de calidad de agua de recirculación.	\$ 53.277.000
Diseño de subestación eléctrica teniendo en cuenta la unificación de las subestaciones existentes.	\$ 304.084.000
Sistemas de instrumentación, control y comunicación	\$ 191.129.000
Diseño de un enlace y sistema de telecomunicación.	\$ 86.672.000
Alerta temprana por monitoreo en línea de contaminación con sonda espectrométrica.	\$ 76.796.000
Integración de subsistemas e integración con el SCADA local de las plantas	\$ 27.661.000
COSTO TOTAL PROYECTO DE CONSULTORÍA	\$ 3.500.000.000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

La figura 23, presenta la curva “S” de costos, la cual señala los costos planificados acumulados en un periodo de a la fecha de corte. Al principio del proyecto de manera general, se presentan costos acumulados crecientes, y a medida que avanza el desarrollo del proyecto, se presenta una tendencia decreciente hasta culminar el proyecto. (Yepes, 2014).

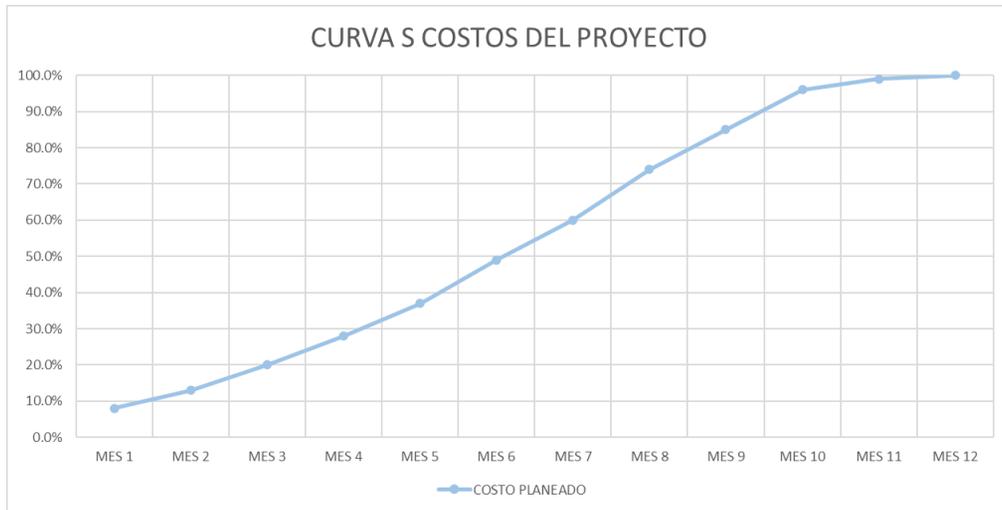


Figura 23. Curva “S” costos del proyecto, Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.2. Gestión de los Interesados

3.2.1. Identificación de partes interesadas

Se identifican los siguientes grupos principales: Empresa de servicios públicas, usuarios servicio de acueducto de los municipios del área de influencia, Administraciones Municipales, Gobernación, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporación Autónoma Regional, ONGs, equipo del proyecto, trabajadores, contratistas y proveedores. Los stakeholders con mayor influencia en el proyecto pueden verse impactados. En este sentido se requiere de un manejo adecuado donde se generen canales de comunicación de manera oportuna.

Igualmente, el Gerente del Proyecto planea los intereses de cada uno de los interesados, y desarrolla un plan de comunicaciones para establecer la frecuencia y el tipo de comunicación que resulte efectiva, así como las inquietudes que surjan a raíz del desarrollo del proyecto, como es el caso de la Gobernación que busca intereses para obtener beneficios propios, con base en la retroalimentación del gerente del proyecto con cada uno de los interesados claves, se puede hacer la determinar a quienes involucrar en los comités de dirección del proyecto.

Es necesaria una comunicación exhaustiva con las partes interesadas clave para garantizar que todas las inquietudes sean identificadas y gestionadas, y generar canales de comunicación con la población residente del área de influencia para escuchar y analizar sus conflictos e intereses con respecto al proyecto.

3.2.2. Análisis de partes interesadas

El equipo del proyecto categoriza y analiza a cada stakeholders del proyecto. Cuya finalidad es la de establecer el nivel de poder, y en consecuencia planificar el enfoque de gestión para cada parte determinando los niveles de comunicación y participación que cada parte interesada que tendrá en el proyecto. Y seleccionarlos de acuerdo a su influencia en la gestión del proyecto.

Para tomar la decisión entre las alternativas, se realizó un análisis multicriterio basado en varios componentes. Es indispensable que los interesados claves del proyecto sean

categorizados de acuerdo al nivel de impacto que pueda generar su función dentro del proyecto, como es el caso de impactos como la posición de la comunidad frente al proyecto en el entorno, ya que durante la implementación del proyecto se generaría empleo a la comunidad del sector. Por otro lado, se han valorado los impactos positivos que puede tener la modernización de la PTAP, sobre el tema de mejoramiento de la salud y calidad de vida de los actores, o la contribución al impacto ambiental y sociocultural en el área de influencia, en cuanto al concepto de utilidad que se ha querido valorar, ver tabla 11. Listado de los interesados identificados y su grado de poder e interés en el proyecto.

Tabla 11

Listado de los interesados identificados y su grado de poder e interés en el proyecto

N°	Organización	Nombre	Poder (1-5)	Interés (1-5)
1	A. Usuarios	Municipio 1	5	5
2		Municipio 2	5	5
3		Municipio 3	5	5
4		Municipio 4	5	5
5		Municipio 5	5	5
6	B. Administraciones	Municipio 1	3	5
7	Municipales	Municipio 2	3	5
8		Municipio 3	3	5
9		Municipio 4	3	5
10		Municipio 5	3	5
11	C. Gubernamentales	Gobernación	3	4
12		Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	5	5
13		Corporación Autónoma Regional	3	4
14		Empresa de servicios públicos	5	5
15	D. Otros	ONG	2	3
16		Contratistas	1	3
17		Proveedores	1	3

Fuente: autora de la investigación, 2021.

La representación de datos se realiza mediante la matriz de Poder/Interés, ver figura 24, para determinar el impacto potencial que cada parte interesada puede tener en el proyecto, por lo tanto, se agruparon los interesados según su nivel de autoridad (poder), y su nivel de inquietud acerca de los resultados del proyecto (interés), y se ubica a cada interesado en un cuadrante para determinar y parametrizar su gestión.

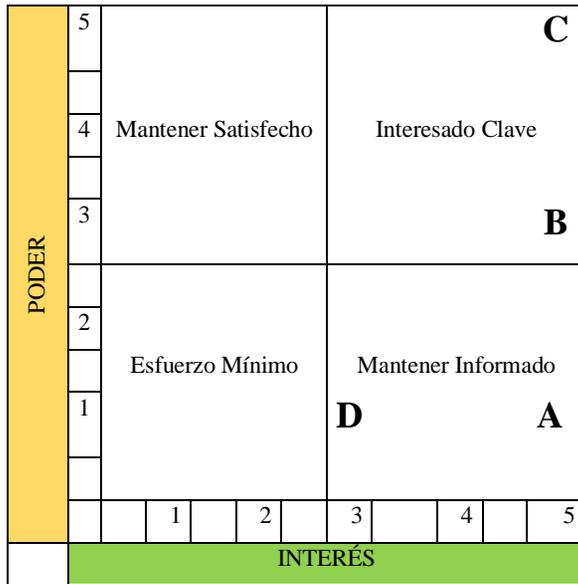


Figura 24. Matriz de poder/interés, Fuente: autora de la investigación, 2021.

Con base en el análisis realizado, se establecen las estrategias a implementar para cada uno de los grupos de interesados del proyecto, tal como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Estrategias a implementar para cada uno de los grupos de interesados del proyecto

Ítem	Preocupaciones	Cuadrante	Estrategia
A	Cumplimiento de los parámetros de calidad de agua potable para suministro.	Mantenerse informado	Socializar el proyecto y sus alcances, de manera suficiente.
	El proyecto de modernización de la PTAP		Socializar el proyecto y sus alcances, de manera suficiente.
B	API garantice el cumplimiento de los parámetros de calidad de agua potable para suministro.	Interesado clave	Mantener Informado sobre los avances del proyecto de Consultoría.

<p>El proyecto de modernización de la PTAP API garantice el cumplimiento de los parámetros de calidad de agua potable para suministro.</p> <p>C Rentabilidad del negocio, retorno de la inversión, proyecciones a corto, mediano y largo plazo.</p>	<p>Interesado clave</p>	<p>Mantener Informado sobre los avances de la viabilidad del futuro proyecto de implementación para la modernización de la PTAP.</p> <p>Socializar el proyecto y sus alcances, de manera suficiente.</p> <p>Mantener Informado sobre los avances del proyecto de Consultoría (físicos y económicos).</p> <p>Mantener Informado sobre los avances de la viabilidad del futuro proyecto de implementación para la modernización de la PTAP.</p>
<p>Cumplimiento de los parámetros de calidad de agua potable para suministro.</p> <p>D Posibles fuentes de empleo, ingresos económicos, otros.</p>	<p>Mantenerse informado</p>	<p>Socializar el proyecto y sus alcances, de manera suficiente.</p>

Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.3. Gestión del Alcance

3.3.1. Funciones y responsabilidades

El Gerente del proyecto, la Empresa de servicios públicos, el contratista y la comunidad del área de influencia, tendrán una participación activa en las decisiones referentes al alcance del proyecto por consiguiente deben conocer sus responsabilidades a fin de que el trabajo efectuado durante el desarrollo del proyecto sea coherente con el alcance direccionado en el proyecto. Por lo tanto, se definen los roles y responsabilidades de este proyecto, ver tabla 13.

Tabla 13

Roles y responsabilidades para el manejo del alcance del proyecto

Id	Nombre	Responsabilidades
1	Empresa de servicios públicos	Conocer las modificaciones que se presenten o asignen a alcance que corresponda. Analizar y considerar la necesidad de solicitudes de cambio de alcance. Autorizar las evidencias y/o entregables del proyecto.
2	Gerente de proyecto	Intermediar las solicitudes del alcance que se modifique. Realizar las correspondientes solicitudes de los impactos que genere cada cambio de alcance. Realizar reuniones para documentar el control de cambios. Evidenciar los resultados de las solicitudes de cambio en el alcance. Suministrar los documentos con los ajustes de cambio que se señale.
3	Contratistas	Participar en la socialización de resoluciones de cambio. Revisar si se genera la necesidad de realizar cambios en el alcance del proyecto y comunicarlos al gerente del proyecto cuando necesario.
4	Comunidad del área de influencia	Participar en la definición de posibles cambios. Evaluar la necesidad de cambios en el alcance y comunicarlos oportunamente al gerente del proyecto.

Fuente: CDM Smith, QA-GN-PLA-001 Plan de calidad_V1. Colombia. (2018).

3.3.2. Definición del alcance

El alcance del proyecto Modernización PTAP API incluye los procesos y equipos ubicados en la planta de tratamiento de aguas y en la torre de captación. Los cambios en el proceso de tratamiento propuestos para el Proyecto incluyen la implementación de pre oxidación con dióxido de cloro en la torre de captación, desinfección complementaria con luz UV, nuevo sistema de apagado y preparación de lechada de cal para ajuste de pH y bombeo de agua de recirculación regulado (que incluye agua de lavado de filtros y clarificados del sistema de tratamiento de lodos). (EPM, 2018).

Incluye también cambios en instrumentación, control, automatización de equipos (filtros), mejoras estructurales, habilitación de nuevos puntos para dosificación de productos químicos (cloro, sulfato de aluminio, carbón activado en polvo), instalación de compuertas, descargues, bombeos, tuberías, entre otros. (EPM, 2018).

3.3.3. Enunciado del alcance del proyecto

Este proyecto, tiene como evidencias de entregables, los siguientes productos referentes y se desarrollará en dos fases a saber (EPM, 2018), ver figura 25. Estructura de desglose del trabajo (WBS):

- Fase I – Análisis de alternativas e ingeniería básica
- Fase II – Ingeniería de detalle

En la Fase I - Análisis de alternativas e Ingeniería básica, se realizarán las siguientes actividades:

- Recopilación, revisión y análisis de la información disponible, incluyendo la visita de campo.
- Desarrollo, análisis, comparación, viabilización y selección, con la respectiva aprobación de la Empresa de servicios públicos, de las alternativas de diseño de los diferentes sistemas correspondientes a cada proceso descritos en el anexo técnico.
- Definición y adopción de los criterios y las bases de diseño principales, y demostración de su suficiencia para cumplir con el objetivo del proyecto.
- Elaboración de un informe que indicará las normas, códigos y estándares nacionales e Internacionales que deben cumplir los diseños.
- Estimación de cantidades de obra y equipos requeridos para construcción de todas las obras asociadas a los diseños descritos en el pliego.

En la Fase II - Ingeniería de detalle, se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Ajuste y detalle de las simulaciones, memorias de cálculos realizados en la fase I.
- Elaboración de especificaciones técnicas detalladas para la construcción de los sistemas involucrados en los procesos de potabilización intervenidos.
- Elaboración de planos (planimétricos e isométricos de detalle para cada uno de los sistemas diseñados).
- Elaboración cantidades de obra, análisis de precios unitarios y presupuesto para cada uno de los sistemas diseñados.
- Elaboración de cronograma detallado de ejecución de las obras necesarias para construir los sistemas diseñados

- Elaboración del capítulo técnico de especificaciones de construcción y los formularios de cantidades de obra, presupuesto y Anexo técnico para el proceso de contratación de las obras.

De la misma manera entregar la actualización de los documentos necesarios correspondientes a la ingeniería de detalle que implica cada una de las actividades mencionadas.

Dentro de las condiciones de validez se encuentra la Ingeniería de detalle como parte de la validación de las limitaciones contenidas en el proyecto.

3.3.4. Estructura de desglose del trabajo (WBS)

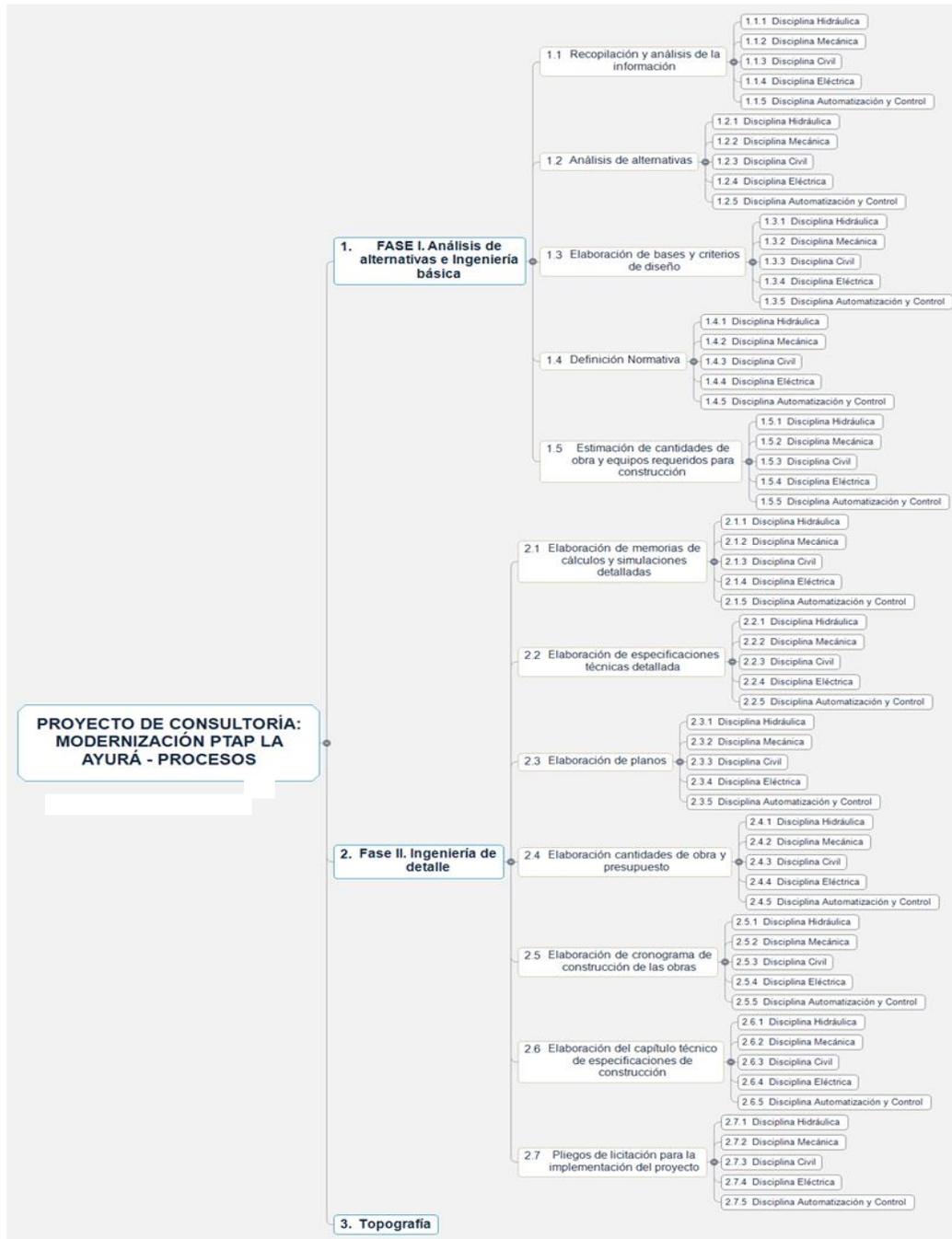


Figura 25. Estructura de desglose del trabajo WBS, Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.3.5. Control del alcance

La dirección del proyecto con su respectivo equipo, contribuirán a lograr el control del alcance del proyecto. En consecuencia, el gerente del proyecto está a cargo de la supervisión del proyecto para garantizar que el proceso de control del alcance se desarrolle periódicamente.

Así mismo, se debe llevar a cabo el procedimiento de control de cambios al alcance del proyecto. Es de señalar, que, si algún miembro del equipo del proyecto o patrocinador solicita cambios en el alcance, se debe comunicar al gerente del proyecto a través de documento de solicitud de cambio. El gerente del proyecto revisará la respectiva pertinencia del cambio propuesto, y negará la solicitud de cambio si no aplica una iniciativa pertinente en pro del desarrollo del proyecto y finalmente se convocará a una reunión para revisar conjuntamente la solicitud de cambio.

Si, por el contrario, la solicitud de cambio es aprobada inicialmente por el Gerente del Proyecto y el Patrocinador, el Gerente del Proyecto sustentará la solicitud de cambio a la Empresa de servicios públicos, y si el patrocinador aprueba el cambio de alcance, se aceptará formalmente el cambio firmando el documento de control de cambios del proyecto. Lo cual deberá ser comunicado a todos los miembros del equipo del proyecto.

3.4. Gestión de Calidad

El Plan de Gestión de Calidad para el proyecto Modernización PTAP API, incluirá las actividades, procesos y procedimientos necesarios para generar un producto de calidad una vez finalizado el proyecto. (CDM Smith, 2018). El propósito de este plan: *primero*, asegurar que se planifique la calidad, *segundo*, definir cómo se gestionará la calidad, *tercero*, precisar actividades de aseguramiento de la calidad, *cuarto*, concretar actividades de control de calidad y por último, delimitar los estándares de calidad aceptables.

El plan de calidad hace parte del compromiso del Contratista para cumplir con los requisitos y expectativas de la Empresa de servicios públicos, contiene los lineamientos de las partes interesadas y establece la manera como se asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad y contractuales para el proyecto: “Modernización PTAP- API”.

3.4.1. Enfoque de la gestión de calidad

El enfoque que utilizará la organización para gestionar la calidad durante todo el ciclo de vida del proyecto, se rige bajo las políticas de calidad del contratista, las cuales se describen a continuación. (CDM Smith, 2018).

- Ejecutar los proyectos de la organización en el marco de valores corporativos en especial la integridad.
- Cumplimiento de los estándares de calidad técnicos y administrativos.
- Cumplimiento de los requisitos legales vigentes y otros requisitos asociados con el desarrollo proyecto.
- Generar la mejora continua en la gestión y el desempeño del sistema integrado de gestión.
- Prevención de accidentes, incidentes y enfermedades laborales, aplicando los principios de promoción en salud y la gestión de riesgos laborales.
- Generar satisfacción del cliente y las partes interesadas, a través de la entrega de productos y servicios de calidad.
- Determinar las actividades que tienen impactos positivos sobre el medio ambiente, a través del uso eficiente de agua y energía, gestión de recursos sólidos de manera que se minimice la contaminación, capacitar a los colaboradores para actuar de manera ambientalmente responsable.

El enfoque de gestión de la calidad será desarrollado por el Contratista y la Empresa de servicios públicos, con base en las responsabilidades asignadas, según el organigrama definido para el proyecto, tal como se muestra en la figura 26.

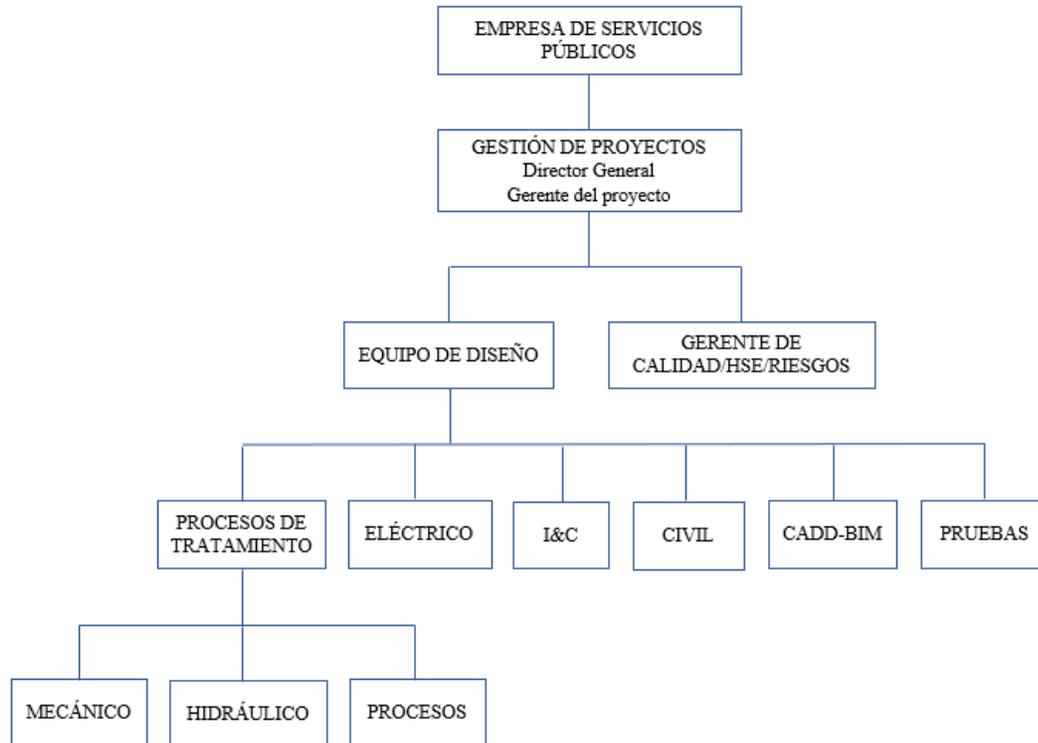


Figura 26. Organigrama del proyecto, Fuente: EPM (2018). Anexo técnico proyecto modernización planta de tratamiento -PTAP- la Ayurá procesos.

3.4.2. Requisitos / normas de calidad

Listado de estándares y requisitos de calidad identificados para el proyecto (CDM Smith, 2018):

- Especificaciones de la ingeniería básica del proyecto.
- Procedimientos y Manuales emitidos por el Cliente, que son aplicables al contrato.
- Norma ISO 9001:2015. Requisitos del Sistema de Gestión de la calidad del Contratista y de la Empresa de servicios públicos (aplicables).
 - Norma ISO 10005:2005. Directrices para los Planes de la Calidad.
 - NORMA NTC ISO 10006:2003. Directrices para la Gestión de la Calidad en Proyectos.
 - NORMA NTC ISO 9004:2000. Directrices para el mejoramiento continuo.
 - NORMA NTC ISO 19011:2002. Directrices para la auditoría del sistema de Gestión de la Calidad y Sistema de Gestión Ambiental.

- Normas reglamentarias de orden Nacional tales como: RETIE, Decreto 1072 del 2015 sin limitarse a ellas.
- Normas Técnicas, de adopción idéntica por traducción respecto a su documento de referencia por el ICONTEC (Instituto colombiano de Normalización Técnica), NTC2050.
 - Requisitos del sistema de gestión integrado de la organización
 - Evaluación de riesgo del proyecto.
 - Requisitos y disponibilidad de recursos.
 - Necesidad de recursos de los responsables para llevar a cabo el plan de calidad
 - Además del cliente no hay otra parte interesada que utilizará el plan de calidad como guía, las necesidades del cliente y de las gestorías se realizarán a través de reuniones de seguimiento, en donde se plasma sus requerimientos y se da respuesta a las necesidades puntuales de los mismos.
- Sistema de información de la Empresa de servicios públicos, para el control y la gestión de las tareas del proyecto.
- Otros planes de calidad pertinentes: planes de calidad, de proyectos anteriores exitosos.

Dentro de los planes adicionales al de calidad se encuentra:

- Plan HSE
- Plan de Emergencias.

3.4.3. Indicadores del proyecto

Tabla 14

Ficha de indicadores del proyecto

Objetivos de calidad		Ficha de indicadores del proyecto				
Garantizar la correcta ejecución del presupuesto del proyecto.	Indicador Formula Frecuencia	Rendimiento del Costo (CPI)** (Valor Ganado*/ Costo Actual acumulado) Mensual	META	RESPONSABLE	Gerente de proyecto	1
Garantizar que el	Indicador	Rendimiento del Cronograma (SPI)***				

proyecto se desarrolle en el tiempo establecido	Formula	(Valor Ganado*/Costo Programado acumulado)	Mensual	META	1	RESPONSABLE	Gerente de proyecto
Garantizar la aceptación por parte del cliente	Indicador Formula	Cumplimiento de Satisfacción del Cliente (Total aspectos evaluados sobre 4 y 5 / Total de aspectos evaluados) * 100%		META	90%	RESPONSABLE	Gerente de proyecto
Asegurar y controlar estándares de calidad en el proyecto	Indicador Formula Frecuencia	Salidas No Conformes No Entregables con más de 2 Observaciones/ Total de entregables	Al finalizar cada etapa del proyecto	META	Máximo una observación por Entregable	RESPONSABLE	Gerente de Proyecto
Cumplir con el Plan de HSE	Indicador Formula Frecuencia	Desempeño de los requisitos de HSE Plan HSE	Mensual	META	0 accidentes	RESPONSABLE	Quality/HSE

Fuente: CDM Smith, QA-GN-PLA-001 Plan de calidad_V1. Colombia. (2018).

*Valor Ganado = (Costo Programado acumulado x Trabajo Ejecutado acumulado)/Trabajo Programado acumulado

** CPI: Indicador de rendimiento del costo, es igual a (Valor Ganado/Costo Ejecutado acumulado). Si $CPI < 1,0$ representa un costo superior al planificado. Si $CPI > 1,0$ representa un costo inferior al planificado. Si $CPI = 1,0$ indica un costo igual al planificado.

*** SPI: Indicador de rendimiento del cronograma, es igual a (Valor Ganado/Costo Programado acumulado). Si $SPI < 1,0$ representa una cantidad de trabajo desarrollado menor a la prevista. Si $SPI > 1,0$ representa una cantidad de trabajo efectuado mayor a la prevista. Si $SPI = 1,0$ representa una cantidad de trabajo efectuada igual a la prevista.

3.4.4. Responsabilidades de la dirección

La Dirección de la empresa Contratista se compromete a suministrar los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, realizar seguimiento permanente y tomar las medidas necesarias oportunamente, para cumplir con la satisfacción de las partes interesadas.

Como equipo de trabajo se establece, personal capacitado que debe cumplir con la formación, habilidad y experiencia mínima solicitada en el proceso para el objeto del contrato. (CDM Smith, 2018), ver tabla 15. Responsables por la dirección y tabla 16. Responsabilidades y Funciones Específicas.

Tabla 15

Responsables por la dirección

Responsable de cumplimiento	Función norma ISO10005:2005
Gerente de proyectos	Asegurar que las actividades determinadas en el sistema de gestión de calidad o en el contrato, sean planeadas, ejecutadas y controladas, durante el desarrollo del proyecto.
Coordinador de proyectos	Asegurar que se ejecute la secuencia e interacción de los procesos de calidad aplicables al proyecto.
Country manager	Revisar los resultados de las auditorias desarrolladas.
Aseguramiento de calidad/ HSE	Autorizar solicitudes de cambios en los requisitos del sistema de gestión de la calidad de la organización. Hacer seguimiento periódico de las acciones correctivas y preventivas. Realizar el seguimiento a los temas asociados a seguridad y salud en el trabajo
Comité de proyectos/cliente	Revisar y autorizar cambios, o modificaciones al plan de la calidad del proyecto.

Fuente: CDM Smith, QA-GN-PLA-001 Plan de calidad_V1. Colombia. (2018).

Tabla 16

Responsabilidades y Funciones Específicas

Cargo	Responsabilidades y funciones
Country Manager	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Establecer las directrices en la empresa durante la ejecución del proyecto (políticas, objetivos). ▪ Coordinar las estrategias del equipo de trabajo para cumplir los requisitos contractuales del proyecto. ▪ Asignar los recursos humanos y/o materiales requeridos para alcanzar los objetivos del proyecto. ▪ Establecer las competencias y las interrelaciones de cada proceso o área que intervengan en el proyecto. ▪ Promover y participar en reuniones periódicas de avance del proyecto, para analizar la

Gerente de Proyectos	<p data-bbox="500 191 1443 268">ejecución y discutir temas de críticos en cuanto a tiempos costos y Seguridad y Salud en el Trabajo.</p> <ul data-bbox="479 289 1443 1549" style="list-style-type: none"><li data-bbox="479 289 1443 367">▪ Hacer seguimiento al proyecto por medio de auditorías internas y tomar las medidas necesarias para corregir las desviaciones (en tiempo, calidad, costos)<li data-bbox="479 378 1096 409">▪ Reconocer los logros alcanzados por los colaboradores.<li data-bbox="479 420 1404 451">▪ Liderar equipo de trabajo y hacer seguimiento a las actividades críticas del proyecto.<li data-bbox="479 462 1443 539">▪ Manejar el canal de comunicación con todas las audiencias (Equipo de trabajo, interventoría, gerencia)<li data-bbox="479 550 1258 581">▪ Mantener informada a la gerencia de todas las novedades del proyecto.<li data-bbox="479 592 1307 623">▪ Coordinar actividades para lograr el mejor desempeño del equipo de trabajo<li data-bbox="479 634 1443 711">▪ Seguir las actividades críticas del proyecto para una oportuna identificación de desviaciones y sus correspondientes acciones correctivas o preventivas.<li data-bbox="479 722 1258 753">▪ Evaluar el manejo eficaz de los recursos administrativos y financieros.<li data-bbox="479 764 1031 795">▪ Entregar la Planeación de la ingeniería de detalle.<li data-bbox="479 806 1372 837">▪ Velar por el cumplimiento y entrega a satisfacción de lo estipulado en el contrato.<li data-bbox="479 848 1443 926">▪ Velar por el cumplimiento del Presupuesto, la política de SIG y todas las actividades contractuales.<li data-bbox="479 936 1443 1014">▪ Estar pendiente del cumplimiento de la entrega oportuna de los compromisos y “entregables del proyecto”<li data-bbox="479 1024 1128 1056">▪ Revisar e información al equipo de los cambios aprobados.<li data-bbox="479 1066 1443 1144">▪ Procurar el cumplimiento de los procedimientos e instrucciones por parte de los colaboradores a su cargo.<li data-bbox="479 1155 1443 1232">▪ Planificar el desarrollo de las diferentes actividades a su cargo, considerando los lineamientos de seguridad y salud en el trabajo.<li data-bbox="479 1243 1443 1320">▪ Identificar los riesgos que se puedan presentar durante la ejecución de las actividades, para adoptar medidas correctivas y/o de mejora, según el caso.<li data-bbox="479 1331 1443 1409">▪ Difundir en los colaboradores información de interés acerca de las condiciones seguras de trabajo y reconocer sus logros.<li data-bbox="479 1419 1421 1451">▪ Formar a los colaboradores en la ejecución de actividades en forma segura y correcta.<li data-bbox="479 1461 1307 1493">▪ Otras funciones no descritas que sean establecidas por parte de la gerencia.
----------------------	--

Fuente: CDM Smith, QA-GN-PLA-001 Plan de calidad_V1. Colombia. (2018).

3.4.5. Requisitos de calidad

Los requisitos serán revisados por el Gerente de Proyecto cada vez que lo solicite la interventoría o cuando a criterio del Gerente de Proyecto y con fundamento en cambios externos al servicio que puedan afectar su resultado y lo considere necesario.

Si se realizan modificaciones a los requisitos, se deben revisar y validar por el comité de proyectos y realizar la “Gestión del cambio” correspondiente, en caso de una modificación. En caso que el cambio implique modificación del alcance, costo, modificación del servicio, el comité avala al Gerente de Proyecto para informar al cliente y/o la interventoría en una reunión donde se elaborará un acta para que quede por escrito cualquier modificación del proyecto. (CDM Smith, 2018).

Los conflictos o ambigüedades se resolverán conforme a lo indicado en las cláusulas del contrato suscrito entre las partes. El registro de la revisión de requisitos del proyecto corresponde a la “Lista de Chequeo de los Requerimientos del Cliente”. (CDM Smith, 2018).

Tabla 17

Revisión de requisitos del proyecto

Requisito	Cuando se revisa	Como se revisa	Quién los revisa
Empresa contratante	Auditoria de seguimiento	En documentación física o electrónica	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad/ Gerente de Riesgos/ Country Manager
Contrato	Auditoria de seguimiento	En documentación física o electrónica	Gerente de Proyecto/ Country Manager
Objeto del contrato	Auditoria de seguimiento	En documentación física o electrónica	Gerente de Proyecto/ Country Manager
Plazo y Modalidad del Contrato	Auditoria de seguimiento	En documentación física o electrónica	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad/ Gerente de Riesgos/ Country Manager
Plan de Calidad	Auditoria de seguimiento	En documentación física o electrónica	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad/ Gestor de Riesgos/ Country Manager
Manual SIG del Contratista Inc.	Auditoria de seguimiento	En documentación física o electrónica	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad/ Gestor de Riesgos/ Country Manager

Registros relacionados y aplicables según el listado maestro	Auditoría de seguimiento	En documentación física o electrónica	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad
Documentos del Proceso de Selección de personal	En la revisión de entregables	Documentación	Gerente de Proyecto
Pólizas de cumplimiento	En la revisión de entregables	Documentación	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad
Contrato firmado por Representante Legal de El Contratista Inc.	En la revisión de entregables	Documentación	Gerente de Proyecto/ Country Manager
Documentos de ingeniería de detalle	En la revisión de entregables	Documentación	Gerente de Proyecto/Coordinador de Diseño
Planos	En la revisión de entregables	Documentación	Gerente de Proyecto/Coordinador de Diseño
Fichas técnicas de insumos	Auditoría de seguimiento	En documentación física o electrónica	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad
Documentación personal (hojas de vida) y Planilla de pagos de nómina, seguridad social y parafiscales.	En la revisión de entregables mensuales	Documentación	Gerente de Proyecto/ Coordinador Gestión Humana
Informe Plan HSE y Certificados de inducción	En la revisión de entregables mensuales	Documentación	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad/HSE
Dossier Técnico, acorde a lo establecido en el Anexo Técnico	Al final del proyecto	Documentación	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad/ Gerente de Riesgos/ Country Manager/ Coordinador de Diseño
Informe de avances del proyecto (mensual), Programa detallado de trabajo aprobado y actualizado.	En la revisión de entregables mensuales	Documentación	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad/
	En la revisión de entregables semanal	Documentación	Gerente de Proyecto/ Asegurador de Calidad/
Plan de Compras	En la reunión de comité semanal	Documentación	Comité de Proyectos

Listado de entregables de ingeniería	En la reunión de comité semanal	Documentación	Gerente de Proyectos
Procedimientos, hojas de vida, pólizas	En la reunión de comité semanal	Documentación	Comité de Proyectos
Plan de Muestreo, estudios técnicos	En la reunión de comité semanal	Documentación	Comité de Proyectos

Fuente: CDM Smith, QA-GN-PLA-001 Plan de calidad_V1. Colombia. (2018).

3.4.6. Criterios de entrega del trabajo o servicio

Tabla 18

Criterios de Entrega

Alcance	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de antecedentes y evaluación de línea de base ▪ Taller con el cliente para presentar nuestro entendimiento del proyecto. ▪ Avanzar y completar la Fase I con el visto bueno del cliente sobre el concepto de diseño ▪ Revisar los problemas de constructibilidad para mantener la planta en operación. Aprovechar la experiencia del equipo internacional de diseño y construcción para la renovación de la PTAP.
Programación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiempos de entrega: se tienen como requisito crítico cumplir con los tiempos de entrega pactados en el contrato.
Presupuesto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asignación de recursos en base a cronograma y entregables. ▪ Contingencias asignadas.
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comités de revisión técnica al final de la Fase 1 -30% y en la Fase 2 al 60% ▪ Auditoría interna QA / QC ▪ Auditoría de proyectos locales.

Fuente: CDM Smith, QA-GN-PLA-001 Plan de calidad_V1. Colombia. (2018).

3.5. Gestión de riesgos

Los riesgos son aquellos eventos que pueden tener efectos positivos o negativos durante el desarrollo de los proyectos, y se deben gestionar por parte de la Gerencia, de manera que se considere su posible impacto en los indicadores de tiempo, costo, alcance y calidad de los proyectos, previendo las acciones necesarias para evitar que su materialización, incida en modificaciones en el cronograma, desviaciones del presupuesto y a su vez afectaciones en el alcance del proyecto.

3.5.1. Identificación de riesgos

Por las características del proyecto y los antecedentes de proyectos similares, se prevén los siguientes riesgos iniciales, identificados en la tabla 19:

Tabla 19

Identificación inicial de riesgos

Riesgo Esperado	Mitigación/Acción
Precisión de costos y programación	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación de contingencia para el rendimiento de la programación y la inexactitud estimada. • Gestión eficaz del cambio de contrato. • Revisiones mensuales de proyectos.
Estándar de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Disposición adecuada para revisiones/puntos de control del TRC. • Equipo familiarizado con los estándares, protocolos y expectativas del Cliente. • Incluir una contingencia para cubrir un posible diseño adicional en el presupuesto.
Línea base	<ul style="list-style-type: none"> • Alcance dentro de las capacidades instaladas • Equipo con suficiente experiencia en la ejecución de proyectos, según su tipología. • Revisiones mensuales de proyectos.
Sanciones	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con las obligaciones contractuales. • Negociar un cronograma de finalización de hitos con flotación adecuada (cap 10%)
Socio local/internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Los socios deben evitar el riesgo crediticio y el incumplimiento de los socios comerciales. • Pre-acuerdo con el socio con respecto a las asignaciones de personal
Estándares legales	<ul style="list-style-type: none"> • Régimen de pólizas. • Disposición de indemnización sobre el diseño. Opinión legal dada por un abogado.

Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.5.2. SDT valor / valor estratégico

El proyecto se considera vital para la sostenibilidad de la operación de la empresa contratista en el país, ya que su ejecución inyectará 67.000 horas de trabajo durante un período de 12 meses.

3.5.3. Estrategia/consideraciones de precios

Se estima que los servicios de diseño para la modernización de la PTAP darán lugar a una tasa de suma global estimada de USD\$ 900.000 sin IVA (tasa interna de fx de 3.880 COP/USD). La gran mayoría de los costos se mantendrán en moneda local de la COP. El proyecto debe tener un "precio para ganar". La ejecución del proyecto afectará la operación de la empresa Contratista de la siguiente manera:

- ✓ Mantendrá a la mayoría del personal actual facturable durante un período considerable, permitiendo que otros esfuerzos por la consecución de nuevos proyectos en marcha maduren.
- ✓ Ayudará a mantener la moral del personal y fomentará la retención del personal en un momento en que la operación necesita mantener a su personal capacitado.
- ✓ Este proyecto es parte de otros esfuerzos para devolver el flujo de ingresos al Plan de la organización y seguir teniendo como objetivo alcanzar las finanzas del Plan para la vigencia actual.

3.5.4. Estructura de desglose de riesgos (RBS) del proyecto

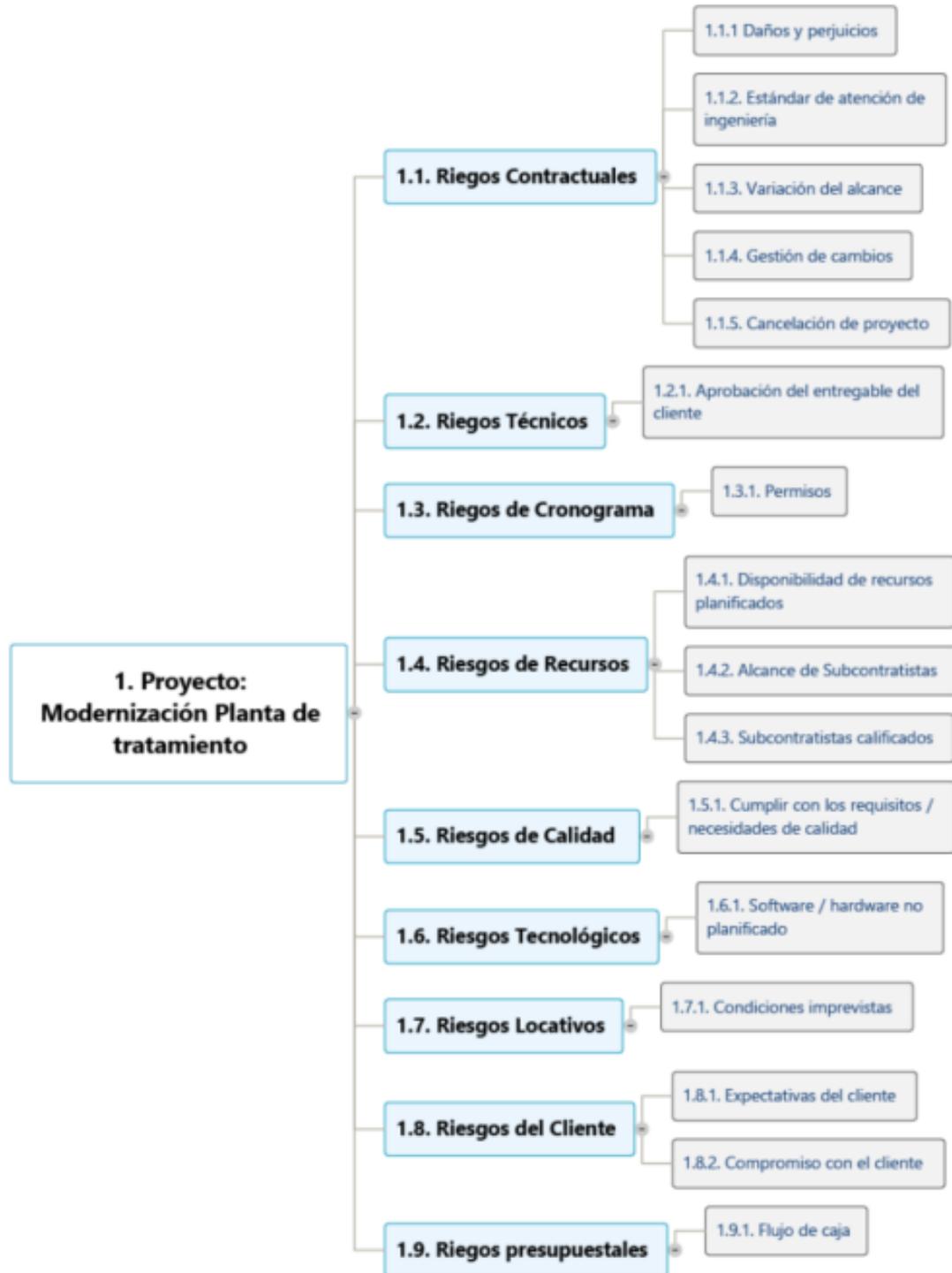


Figura 27. RBS del proyecto, Fuente: autora de la investigación, 2021.

3.5.5. Registro de riesgos del proyecto

Tabla 20

Registro de riesgos

Id	Categoría	Riego	Descripción	Registro de riesgos				Impacto total		
				Probabilidad de ocurrencia	Impacto en costo	Impacto en cronograma (días)	NIVEL DE RIESGO	MITIGACIÓN / ACCIÓN	Riego del costo	Riesgo del cronograma
1	Cliente	Expectativas del cliente	Las expectativas del cliente están alineadas con el alcance, el cronograma y el presupuesto.	0%	\$-	0	LEVE		\$-	0
2	Cliente	Compromiso con el cliente	El cliente no está comprometido y / o no trabaja en colaboración con el equipo del proyecto	0%	\$-	0	LEVE		\$-	0
3	Contractual	Daños y perjuicios	Los daños y perjuicios contractuales son \$ 25,000 / día	75%	\$ 500,000	3	ALTO	Análisis de ruta crítica. Revisión de programación semanal. Gestión de	\$ 375,000	2

								alcance y cambio.		
4	Contractual	Estándar de atención ingeniería	de	Por contrato, se debe corregir cualquier error y omisión. El costo del peor de los casos es la cantidad en la que se puede incurrir antes de que se establezca la cobertura del seguro por un error o descuido importante del concepto de diseño.	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0
5	Contractual	Variación de alcance	del	El alcance del proyecto varía según la intención del Cliente.	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0
6	Contractual	Gestión de cambios	de	Un proceso de gestión de cambios ineficaz conduce a	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0

			retrasos en el proyecto y / o fluencia del alcance						
7	Contractual	Cancelación de proyecto	Proyecto cancelado por el cliente	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0
8	Presupuestal	Flujo de caja	Facturación y pagos oportunos	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0
9	Locativo	Condiciones imprevistas	Las condiciones imprevistas del sitio causan retrasos en el sitio y / o trabajo adicional	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0
10	Calidad	Cumplir con los requisitos / necesidades de calidad	Identificar y cumplir con los procedimientos y los hitos de calidad.	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0
11	Cronograma	Permisos	Emisión oportuna de permisos	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0
12	Recursos	Disponibilidad de recursos planificados	El personal planificado no está disponible en el momento	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0

			de la adjudicación							
13	Recursos	Alcance de Subcontratistas	No definir el alcance del trabajo para los subcontratistas conduce a un aumento en el costo.	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0	
14	Recursos	Subcontratistas calificados	La falta de subcontratistas calificados requiere mano de obra adicional	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0	
15	Técnico	Aprobación del entregable del cliente	Entrega del proyecto rechazada debido a deficiencias técnicas o de calidad que provocan retrasos y reprocesos.	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0	
16	Tecnológico	Software / hardware no	Costo adicional incurrido debido	0%	\$-	0	LEVE	\$-	0	

planificado	al uso requerido
	de software /
	hardware no
	presupuestado

Fuente: autora de la investigación, 2021.

Según el PMI, desarrollar un registro de riesgos que pueden materializarse durante el desarrollo del proyecto, genera información sobre las debilidades y fortalezas que podrían impactar de manera significativa el proyecto. (PMI, 2017). Para el caso de los riesgos identificados en el proyecto (estudio de caso), se tiene alta probabilidad de ocurrencia e impacto en costo para el riesgo contractual, referente a daños y perjuicios causados por retrasos en la ejecución, razón por la cual, se clasifica en nivel de riesgo alto, y se deben aplicar acciones de mitigación, que consisten en un análisis de ruta crítica y revisión periódica de la programación, para evitar retrasos que puedan conducir a incumplimientos contractuales con el cliente.

4. Propuesta Metodológica: Aplicación Método del Valor Ganado (EVM) en el Proyecto (Estudio de Caso)

En el capítulo IV se realiza como estudio de caso la aplicación del método del valor ganado en el proyecto, teniendo como referencia los valores obtenidos en cortes trimestrales, para las diferentes valoraciones a realizar. El capítulo comprende la síntesis de las comparaciones realizadas, los reportes de ejecución, rendimiento y las proyecciones a considerar para llevar a cabo la toma de decisiones durante el cumplimiento del proyecto.

Por tratarse de un proyecto de consultoría, la valoración del avance ejecutado (en porcentaje), corresponde a la medición por entregables según su “peso” desde el punto de vista del presupuesto programado para cada uno de ellos.

4.1. Aplicación Método del Valor Ganado

El Proyecto “Modernización PTAP API”, fue programado contractualmente por un periodo de 12 meses, para efectos de la presente investigación, se considera que la ejecución del proyecto se desarrolló durante este periodo de tiempo. Se generó la línea base de tiempos con base en el cronograma y la línea base de costos con base en el presupuesto contractual. La gestión del control de tiempos y de costos, se realizó para cada entregable considerando las fases de ejecución I (ingeniería básica) y II (ingeniería detallada), respectivamente.

En el periodo de la investigación se aplicó el método del valor ganado empleando los criterios establecidos en el PMBOK, realizando el siguiente procedimiento (Sánchez, 2019):

- Estimación del valor planificado (PV) total para el proyecto iniciando en el mes 1 y terminando en el mes 12.
- Control de los recursos expresados en horas hombre (HH), por tratarse de un proyecto de consultoría, con base en el cronograma y presupuesto del proyecto.
- Evaluación del costo real (AC) mensual por capítulo.
- Evaluación del valor ganado (EV) mensual, determinado según el avance real ejecutado y previamente aprobado por la Empresa de servicios públicos.
- Evaluación del índice de desempeño del costo (CPI).
- Evaluación del índice de desempeño del cronograma (SPI).

- Evaluación de las proyecciones; el presupuesto hasta la conclusión (BAC) la estimación hasta la conclusión (ETC) la estimación a la conclusión (EAC).
- Evaluación del índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI).

4.2. Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1. Trimestre 1 (mes 1 al mes 3)

Al iniciar la ejecución del proyecto, y obtener la información base del mismo, se procede a graficar las 3 curvas S, referentes al valor planificado (PV), costo real (AC), valor ganado (EV), y se comparan para determinar si el proyecto está atrasado o adelantado a la fecha de corte, si se está presentando un ahorro o sobrecosto de los entregables, o si se encuentra en concordancia con lo planeado. Los porcentajes están dados en función del presupuesto, lo que indica que la base para graficar las curvas S es dinero (\$) vs tiempo (mes), ver tabla 21.

Tabla 21

Comparación curvas "S" (trimestre 1)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM		
		PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

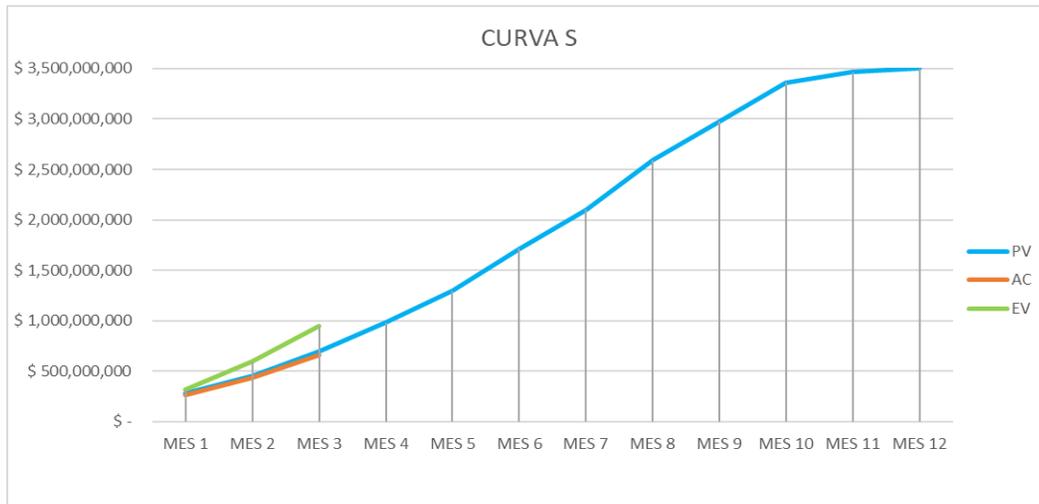


Figura 28. Comparación curvas “S” (trimestre 1), Fuente: autora de la investigación, 2021.

De la comparación de curvas “S”, mostrada en la figura 28, para el primer trimestre del proyecto, es posible concluir que el valor ganado (EV) fue superior al presupuesto planificado (PV) manteniéndose una tendencia uniforme durante los tres primeros meses, considerando que el costo actual (AC) fue menor al presupuestado para el periodo, por lo tanto, se realizaron inversiones menores a las inicialmente planificadas, obteniéndose una relativa “ganancia” por parte de la empresa Contratista, la cual, por tratarse de la evaluación en una etapa temprana de desarrollo del proyecto, debería destinarse al monto de contingencias (riesgos) antes de ser tomada como margen/ganancias.

El desempeño del proyecto se basó en los denominados índices de desempeño del cronograma y del costo, los cuales dependen del cálculo de las variaciones. La variación del costo (CV) corresponde a la diferencia entre el valor del trabajo completado y los costos reales, para un corte específico; y la variación del cronograma (SV) es la diferencia entre el trabajo completado y el trabajo planificado. Por lo tanto, los índices de rendimiento deben ser coherentes con la variación presentada durante el periodo, ver tabla 22.

Tabla 22

Reporte de ejecución (trimestre 1)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM			Variaciones	
		PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)	CV (\$)	SV (\$)
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000	49,132,000	35,000,000
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000	162,964,500	140,000,000
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000	280,330,000	245,000,000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

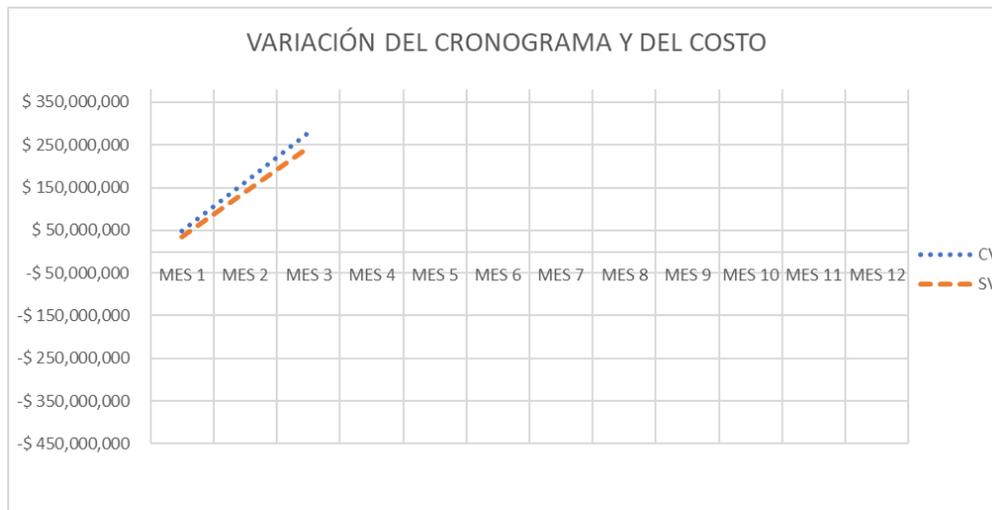


Figura 29. Variación del cronograma y del costo (trimestre 1), Fuente: autora de la investigación, 2021.

De la variación del cronograma y del costo para el primer trimestre del proyecto, mostrados en la figura 29, se puede concluir que presentan una tendencia uniforme positiva durante los tres primeros meses, considerando que se tienen valores positivos para la variación del cronograma (SV) los cuales permiten estimar que el proyecto podría terminar antes de lo previsto, y una variación del costo (CV) con valores positivos estimando que de mantenerse esta tendencia, durante el desarrollo del proyecto se invertirá un costo menor al planificado, por parte de la empresa Contratista, lo cual representa un mayor margen/ganancias, ver tabla 23.

Tabla 23

Reporte del rendimiento (trimestre 1)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM			Variaciones		Índices de Desempeño	
		PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)	CV (\$)	SV (\$)	CPI	SPI
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000	49,132,000	35,000,000	1.18	1.13
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000	162,964,500	140,000,000	1.38	1.31
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000	280,330,000	245,000,000	1.42	1.35

Fuente: autora de la investigación, 2021.

ESCALA	COLOR	RENDIMIENTO
CPI y SPI > 1.05	AZUL	EXCELENTE
1 < CPI y SPI <= 1.05	VERDE	BUENO
0.95 < CPI y SPI <= 1.00	AMARILLO	MODERADO
0.85 < CPI y SPI <= 0.95	NARANJA	MALO
CPI y SPI <= 0.85	ROJO	MUY MALO

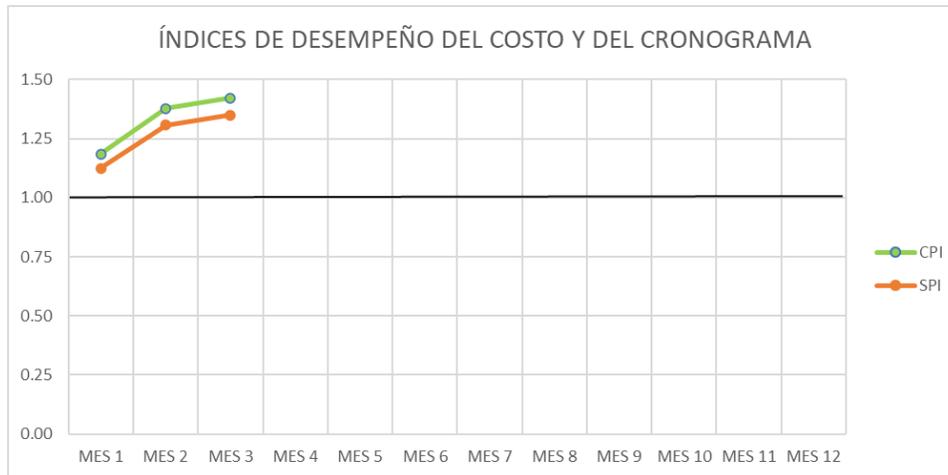


Figura 30. Índices de desempeño del costo y el cronograma (trimestre 1), Fuente: autora de la investigación, 2021.

Como se muestra en la figura 30, el proyecto se encuentra en esta etapa con índices de desempeño del cronograma (SPI) mayores a 1.0, lo que indica que, para el corte, la medida del trabajo ejecutado es mayor a la prevista. Habiendo obtenido el rendimiento del proyecto en términos del cronograma, se puede estimar el costo al corte. Así mismo, se presentan índices

de desempeño del costo (CPI) mayores a 1.0, lo que representa un costo menor en comparación con el rendimiento al corte, debido al buen desempeño del equipo del proyecto y el impacto de las acciones de control.

Tabla 24

Reporte de proyecciones (trimestre 1)

Proyecciones EVM									
Mes	% Avance Ejecutado	BAC (x1000/\$)	VAC (x1000/\$)	EAC 1 (x1000/\$)	EAC 2 (x1000/\$)	EAC 3 (x1000/\$)	EAC 4 (x1000/\$)	ETC (x1000/\$)	TC PI
1	10.0%	3,500,000	1,319,882	2,180,117	2,658,680	3,415,868	3,415,868	3,150,000	0.97
2	15.0%	3,500,000	946,190	2,553,809	2,880,236	3,407,035	3,407,035	2,975,000	0.97
3	20.0%	3,500,000	176,650	3,323,350	3,323,350	3,464,670	3,464,670	2,800,000	0.99

Fuente: autora de la investigación, 2021.

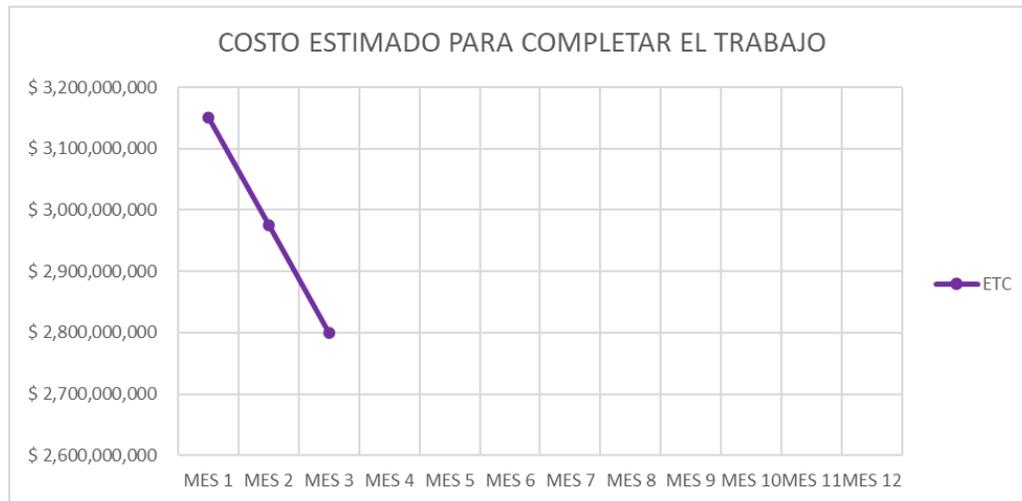


Figura 31. Costo estimado para completar el trabajo (trimestre 1), Fuente: autora de la investigación, 2021.

En esta etapa del proyecto la estimación hasta la conclusión (ETC) muestra el costo planeado para terminar todo el trabajo que falta por ejecutar, y se determinó con base en la diferencia de los valores de la estimación a la conclusión (EAC) y el costo real (AC), dando como resultado un costo requerido para completar el trabajo, menor al estimado, debido al comportamiento positivo de los índices SPI y CPI a la fecha de corte, ver figura 31.

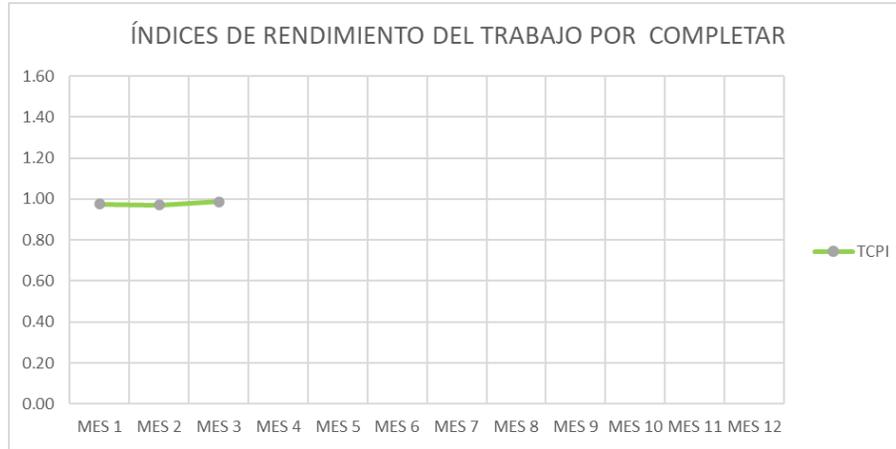


Figura 32. Índices de rendimiento del trabajo por completar (trimestre 1), Fuente: autora de la investigación, 2021.

El índice de rendimiento del trabajo por completar (TPCI), mostrado en la figura 32, es la medida del desempeño del costo a ejecutar con los recursos disponibles para cumplir con los objetivos del proyecto. Su valor es la diferencia entre el costo para terminar el trabajo restante y el presupuesto disponible para su ejecución. (Vilcapaza, 2018). Para esta etapa del proyecto, el índice (TPCI) es menor a 1.0, lo que indica que, para conservar esta tendencia, es necesario mantener la eficiencia en el desarrollo de los trabajos para finalizar según lo planificado.

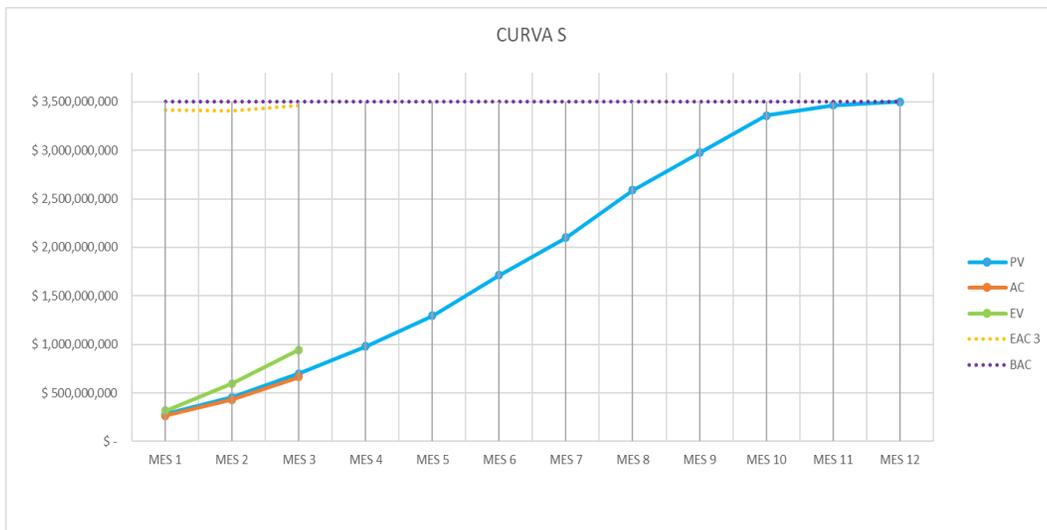


Figura 33. Modelo EVM aplicado al proyecto (trimestre 1), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La comparación de curvas “S” integradas con el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y el estimado a la conclusión (EAC), mostrada en la figura 33, generan el modelo EVM del proyecto, a una fecha de corte objetivo. Donde se muestra la evolución del costo real (AC) y el valor ganado (EV), observándose que el proyecto inició teniendo gastos menores a los inicialmente planificados y se ha dado cumplimiento al cronograma. Lo que se representa un estimado a la conclusión (EAC) menor al presupuesto hasta la conclusión (BAC), cuya tendencia es positiva, en términos de obtener un margen/ganancias para la empresa Contratista al finalizar el proyecto.

4.2.2. Trimestre 2 (mes 4 al mes 6)

En esta etapa del proyecto, se procede a alimentar las dos (2) curvas S, referentes al costo real (AC), valor ganado (EV), y se comparan para establecer si el proyecto está atrasado o adelantado a la fecha de corte, si se está presentando un ahorro o sobre costo de los entregables, o si se encuentra en concordancia con lo planeado. Los porcentajes están dados en función del presupuesto, lo que indica que la base para graficar las curvas S es dinero (\$) vs tiempo (mes).

Tabla 25

Comparación curvas “S” (trimestre 2)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM		
		PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000
4	33.0%	980,000,000	930,538,000	1,155,000,000
5	36.0%	1,295,000,000	1,229,639,500	1,260,000,000
6	42.0%	1,715,000,000	1,628,441,500	1,470,000,000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

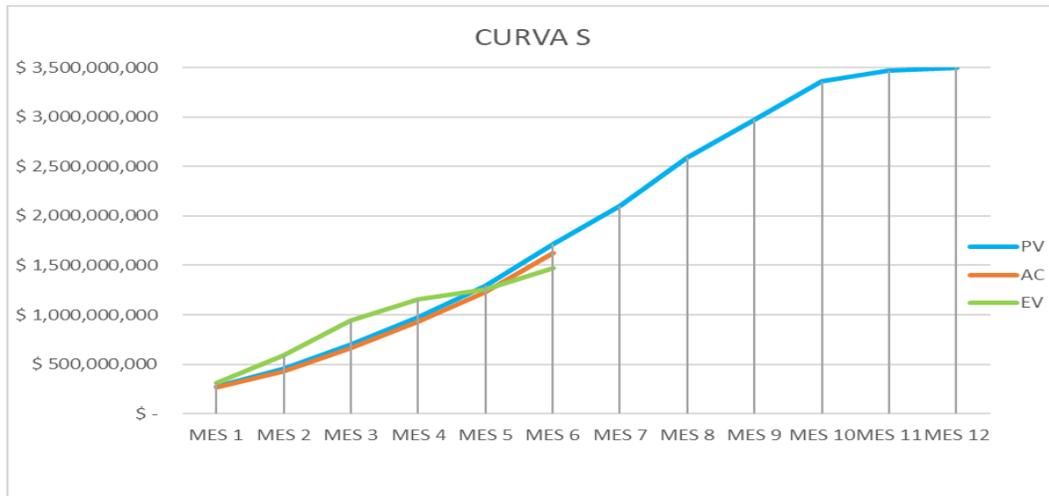


Figura 34. Comparación curvas “S” (trimestre 2), Fuente: autora de la investigación, 2021.

De la comparación de curvas “S” para el segundo trimestre del proyecto, mostradas en la figura 34, se puede concluir que el valor ganado (EV) fue inferior al presupuesto planificado (PV) manteniéndose una tendencia a la baja a partir del quinto mes, considerando que el costo actual (AC) fue menor al presupuestado para el periodo, por lo tanto, se realizaron inversiones menores a las inicialmente planificadas, pero se incrementaron los tiempos de ejecución programados en el cronograma, razón por la cual, para esta etapa del proyecto, deberían tomarse acciones correctivas por parte de la Gerencia, con el fin de aumentar los rendimientos con los recursos disponibles.

Tabla 26

Reporte de ejecución (trimestre 2)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM			Variaciones	
		PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)	CV (\$)	SV (\$)
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000	49,132,000	35,000,000
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000	162,964,500	140,000,000
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000	280,330,000	245,000,000
4	33.0%	980,000,000	930,538,000	1,155,000,000	224,462,000	175,000,000
5	36.0%	1,295,000,000	1,229,639,500	1,260,000,000	30,360,500	- 35,000,000
6	42.0%	1,715,000,000	1,628,441,500	1,470,000,000	- 158,441,500	-245,000,000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

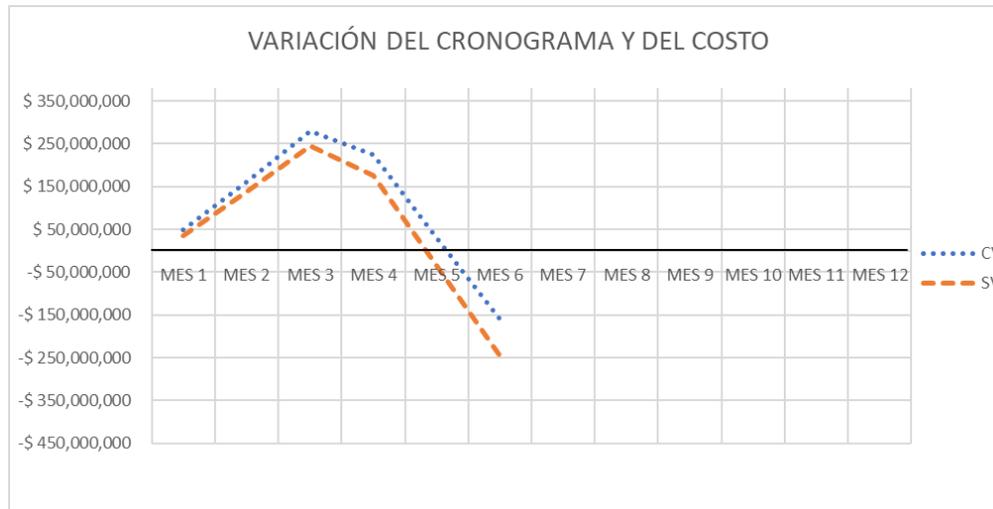


Figura 35. Variación del cronograma y del costo (trimestre 2), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La variación del costo (CV) y la variación del cronograma (SV) muestran tendencias con valores negativos a partir del mes cinco (5), esto indica que el proyecto comienza a presentar retrasos con respecto al cronograma planeado, lo cual representa un posible incremento en los costos planificados, ver figura 35. Por lo tanto, el equipo del proyecto debe implementar acciones encaminadas a la recuperación de atrasos en los tiempos de ejecución.

Tabla 27

Reporte del rendimiento (trimestre 2)

Mes	Pilares EVM			Variaciones		Índices de Desempeño		
	% Avance Ejecutado	PV (x1000/\$)	AC (x1000/\$)	EV (x1000/\$)	CV (x1000/\$)	SV (x1000/\$)	CPI	SPI
1	9.0%	280,000	265,868	315,000	49,132	35,000	1.18	1.13
2	17.0%	455,000	432,035	595,000	162,964	140,000	1.38	1.31
3	27.0%	700,000	664,670	945,000	280,330	245,000	1.42	1.35
4	33.0%	980,000	930,538	1,155,000	224,462	175,000	1.24	1.18
5	36.0%	1,295,000	1,229,639	1,260,000	30,360	-35,000	1.02	0.97
6	42.0%	1,715,000	1,628,441	1,470,000	-158,441	-245,000	0.90	0.86

Fuente: autora de la investigación, 2021.

ESCALA	COLOR	RENDIMIENTO
$CPI \text{ y } SPI > 1.05$	AZUL	EXCELENTE
$1 < CPI \text{ y } SPI \leq 1.05$	VERDE	BUENO
$0.95 < CPI \text{ y } SPI \leq 1.00$	AMARILLO	MODERADO
$0.85 < CPI \text{ y } SPI \leq 0.95$	NARANJA	MALO
$CPI \text{ y } SPI \leq 0.85$	ROJO	MUY MALO

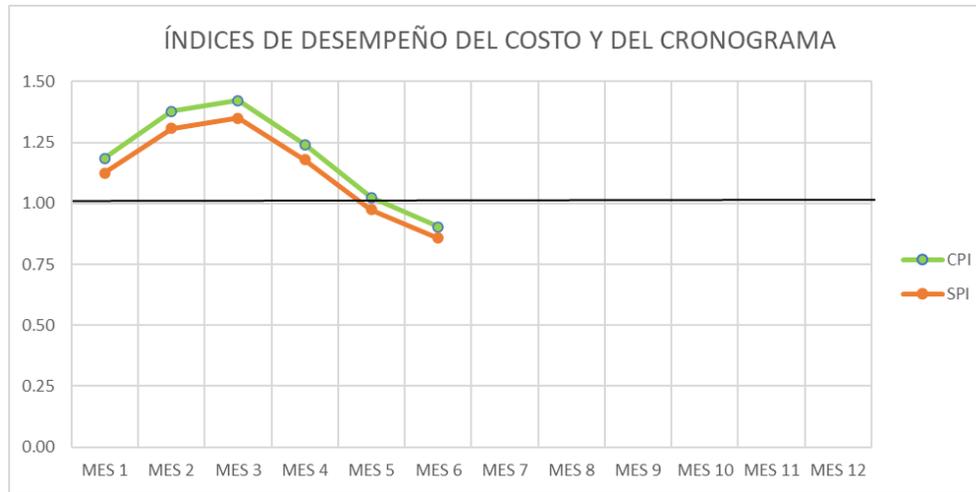


Figura 36. Índices de desempeño del costo y el cronograma (trimestre 2), Fuente: autora de la investigación, 2021.

El proyecto se encuentra en esta etapa con índices de desempeño del cronograma (SPI) menores a 1.0, indicando que, para el corte, la medida de trabajo ejecutado es menor al planeado. Habiendo obtenido el rendimiento del proyecto en términos del cronograma, se puede estimar el costo al corte. Así mismo, se presentan índices de desempeño del costo (CPI) menores a 1.0, lo que representa un costo superior en relación al rendimiento hasta la fecha de corte objetivo, debido al retraso de las actividades del proyecto, ver figura 36. Por lo tanto, deben tomarse acciones que permitan recuperar los atrasos en los tiempos de ejecución del proyecto, con respecto a la programación inicial, o reprogramar el proyecto procurando que se alcancen los objetivos propuestos en los tiempos establecidos inicialmente, ajustándose al presupuesto disponible.

Tabla 28

Reporte de proyecciones (trimestre 2)

Proyecciones EVM									
Mes	% Avance Ejecutado	BAC (x1000/\$)	VAC (x1000/\$)	EAC 1 (x1000/\$)	EAC 2 (x1000/\$)	EAC 3 (x1000/\$)	EAC 4 (x1000/\$)	ETC (x1000/\$)	TCPI
1	10.0%	3,500,000	1,319,882	2,180,117	2,658,680	3,415,868	3,415,868	3,150,000	0.97
2	15.0%	3,500,000	946,190	2,553,809	2,880,236	3,407,035	3,407,035	2,975,000	0.97
3	20.0%	3,500,000	176,650	3,323,350	3,323,350	3,464,670	3,464,670	2,800,000	0.99
4	26.0%	3,500,000	-282,719	3,782,719	3,578,992	3,520,538	3,520,538	2,590,000	1.01
5	34.0%	3,500,000	-327,199	3,827,199	3,616,586	3,539,639	3,539,639	2,310,000	1.02
6	42.0%	3,500,000	-752,041	4,252,041	3,877,241	3,658,441	3,658,441	2,030,000	1.08

Fuente: autora de la investigación, 2021.



Figura 37. Costo estimado para completar el trabajo (trimestre 2), Fuente: autora de la investigación, 2021.

Para esta etapa del proyecto, la estimación hasta la conclusión, muestra el costo previsto para finalizar el trabajo restante, y se determinó con base en la diferencia de los valores de la estimación a la conclusión (EAC) y el costo real (AC), dando como resultado un costo requerido para completar el trabajo, menor al estimado, debido al comportamiento de los índices SPI y CPI a la fecha de corte objetivo, ver figura 37.

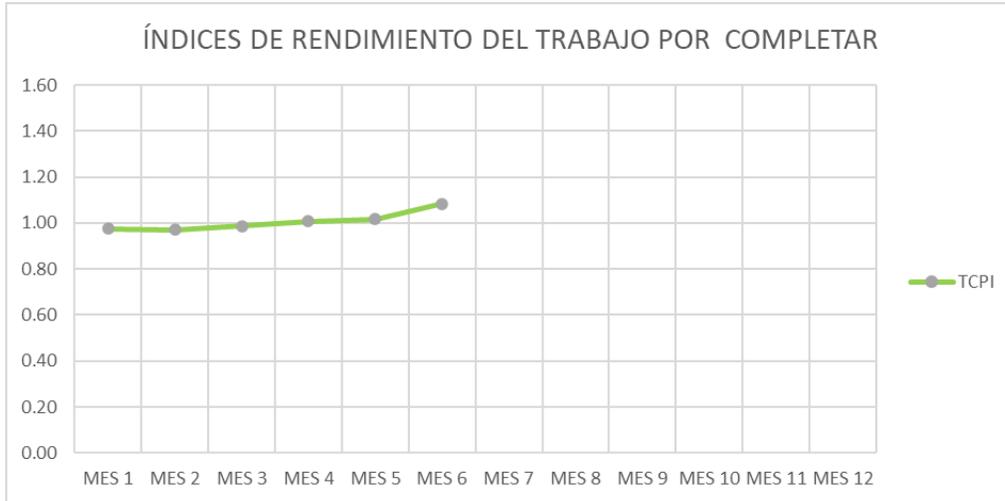


Figura 38. Índices de rendimiento del trabajo por completar (trimestre 2), Fuente: autora de la investigación, 2021.

Para esta etapa del proyecto, el índice (TPCI) mostrado en la figura 38, es mayor a 1.0, lo que indica que, para finalizar el proyecto según lo planificado, es necesario implementar acciones para mejorar la eficiencia por parte del equipo del proyecto, durante la ejecución de los trabajos.

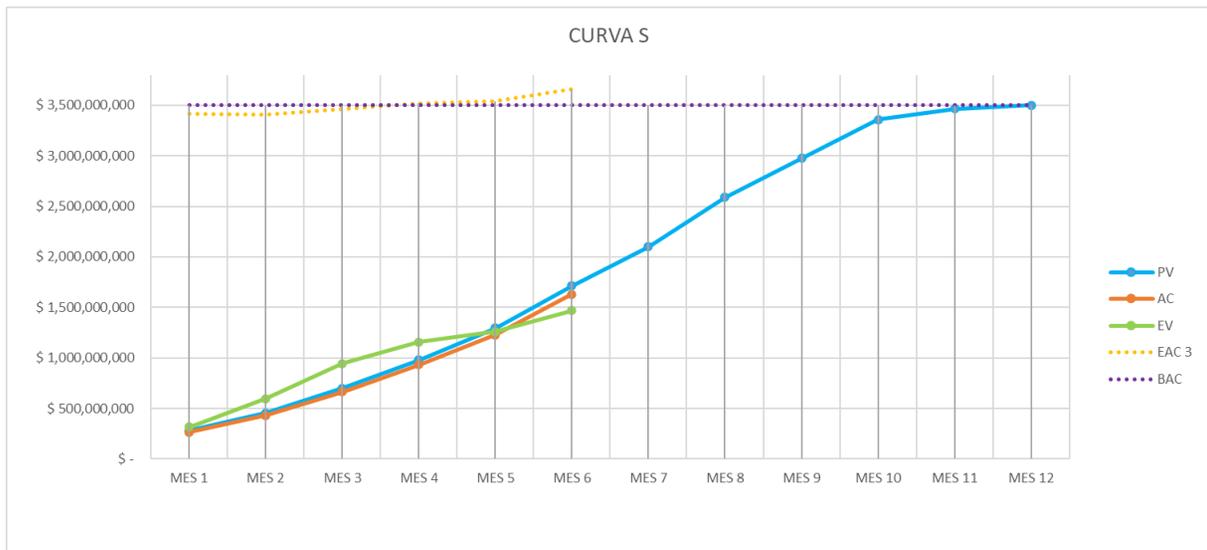


Figura 39. Modelo EVM aplicado al proyecto (trimestre 2), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La comparación de curvas “S” integradas con el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y el estimado a la conclusión (EAC), mostrados en la figura 39, generan el modelo EVM para el proyecto, a la fecha de corte. Donde se muestra la evolución del costo real (AC) y el valor ganado (EV), observándose que el proyecto se encuentra atrasado con respecto al cronograma inicial, razón por la cual, el estimado a la conclusión (EAC) es mayor que el presupuesto a la conclusión (BAC), cuya tendencia negativa, deberá ser modificada para obtener un margen/ganancias por parte de la empresa Contratista al finalizar el proyecto.

4.2.3. Trimestre 3 (mes 7 al mes 9)

En esta etapa del proyecto, se alimentan las dos (2) curvas S, referentes al costo real (AC), valor ganado (EV), y se comparan para establecer si el proyecto está atrasado o adelantado a la fecha de corte, si se está presentando un ahorro o sobrecosto de los entregables, o si se encuentra en concordancia con lo planeado. Los porcentajes están dados en función del presupuesto, lo que indica que la base para graficar las curvas S es dinero (\$) vs tiempo (mes).

Tabla 29

Comparación curvas “S” (trimestre 3)

Pilares EVM				
Mes	% Avance Ejecutado	PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000
4	33.0%	980,000,000	930,538,000	1,155,000,000
5	36.0%	1,295,000,000	1,229,639,500	1,260,000,000
6	42.0%	1,715,000,000	1,628,441,500	1,470,000,000
7	50.0%	2,100,000,000	1,994,010,000	1,750,000,000
8	63.0%	2,590,000,000	2,459,279,000	2,205,000,000
9	75.0%	2,975,000,000	2,824,847,500	2,625,000,000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

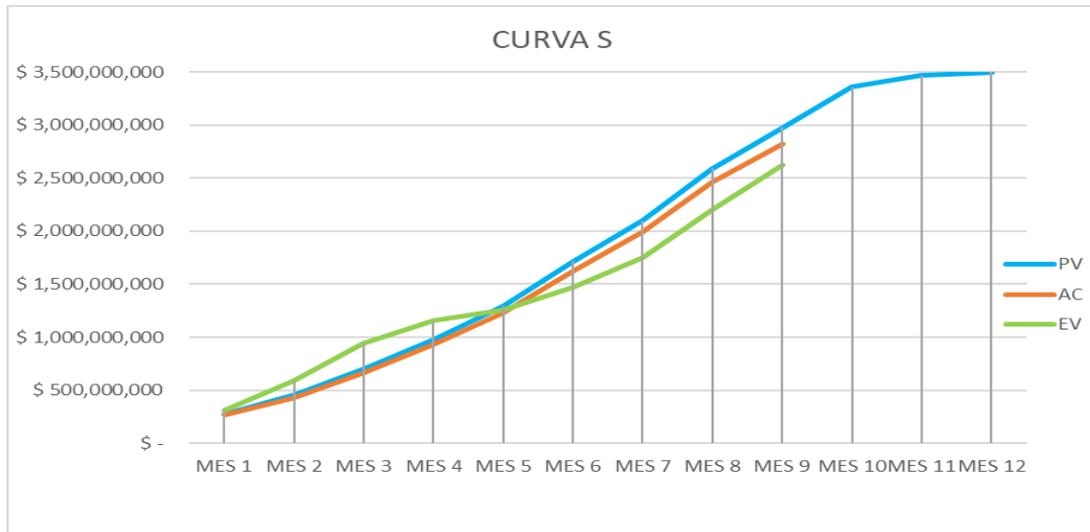


Figura 40. Comparación curvas “S” (trimestre 3), Fuente: autora de la investigación, 2021.

De la comparación de curvas “S” para el tercer trimestre del proyecto, se puede concluir que el valor ganado (EV) fue menor que el presupuesto planificado (PV) manteniéndose la tendencia a la baja desde el segundo trimestre, considerando que el costo actual (AC) fue menor al presupuestado para el periodo, por lo tanto, se realizaron inversiones menores a las inicialmente planificadas, pero se incrementaron los tiempos de ejecución programados en el cronograma, razón por la cual, para esta etapa del proyecto, deberían tomarse acciones correctivas con el fin de aumentar los rendimientos con la inclusión de recursos adicionales, de manera que se recupere el atraso en los tiempos de ejecución del proyecto.

Tabla 30

Reporte de ejecución (trimestre 3)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM			Variaciones	
		PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)	CV (\$)	SV (\$)
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000	49,132,000	35,000,000
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000	162,964,500	140,000,000
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000	280,330,000	245,000,000
4	33.0%	980,000,000	930,538,000	1,155,000,000	224,462,000	175,000,000
5	36.0%	1,295,000,000	1,229,639,500	1,260,000,000	30,360,500	-35,000,000
6	42.0%	1,715,000,000	1,628,441,500	1,470,000,000	-158,441,500	-245,000,000

7	50.0%	2,100,000,000	1,994,010,000	1,750,000,000	-244,010,000	-350,000,000
8	63.0%	2,590,000,000	2,459,279,000	2,205,000,000	-254,279,000	-385,000,000
9	75.0%	2,975,000,000	2,824,847,500	2,625,000,000	-199,847,500	-350,000,000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

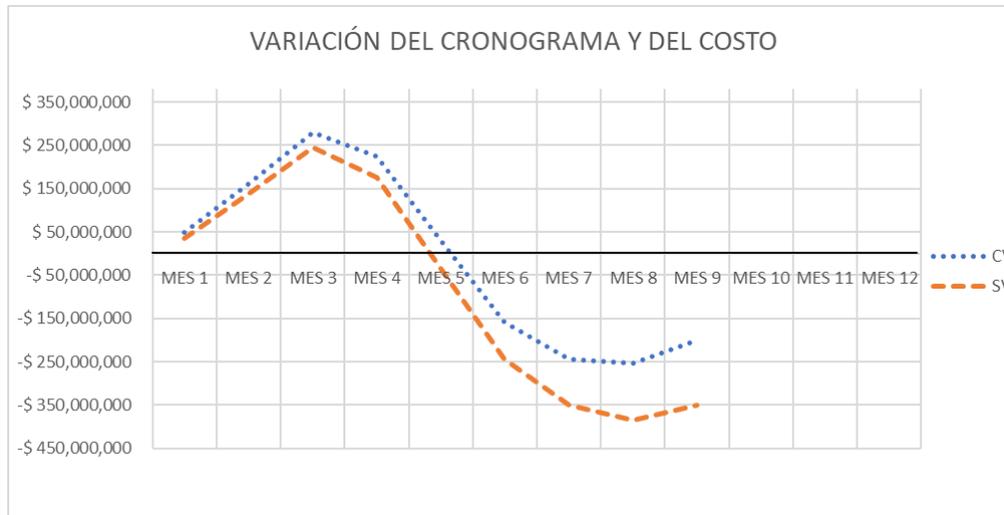


Figura 41. Variación del cronograma y del costo (trimestre 3), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La variación del costo (CV) y la variación del cronograma (SV) muestran tendencias con valores negativos a partir del segundo trimestre de ejecución, esto señala que el proyecto presenta retrasos en relación al cronograma planeado, lo cual representa un posible incremento en los costos planificados para el cuarto trimestre, considerando que se deben incrementar los recursos disponibles para la ejecución de los trabajos, ver figura 41. Por lo tanto, el equipo del proyecto debe implementar acciones encaminadas a la recuperación de atrasos en los tiempos de ejecución.

Tabla 31

Reporte del rendimiento (trimestre 3)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM			Variaciones		Índices de Desempeño	
		PV (x1000/\$)	AC (x1000/\$)	EV (x1000/\$)	CV (x1000/\$)	SV (x1000/\$)	CPI	SPI

1	9.0%	280,000	265,868	315,000	49,132	35,000	1.18	1.13
2	17.0%	455,000	432,035	595,000	162,964	140,000	1.38	1.31
3	27.0%	700,000	664,670	945,000	280,330	245,000	1.42	1.35
4	33.0%	980,000	930,538	1,155,000	224,462	175,000	1.24	1.18
5	36.0%	1,295,000	1,229,639	1,260,000	30,360	-35,000	1.02	0.97
6	42.0%	1,715,000	1,628,441	1,470,000	-158,441	-245,000	0.90	0.86
7	50.0%	2,100,000	1,994,010	1,750,000	-244,010	-350,000	0.88	0.83
8	63.0%	2,590,000	2,459,279	2,205,000	-254,279	-385,000	0.90	0.85
9	75.0%	2,975,000	2,824,847	2,625,000	-199,847	-350,000	0.93	0.88

Fuente: autora de la investigación, 2021.

ESCALA	COLOR	RENDIMIENTO
CPI y SPI > 1.05	AZUL	EXCELENTE
1 < CPI y SPI <= 1.05	VERDE	BUENO
0.95 < CPI y SPI <= 1.00	AMARILLO	MODERADO
0.85 < CPI y SPI <= 0.95	NARANJA	MALO
CPI y SPI <= 0.85	ROJO	MUY MALO

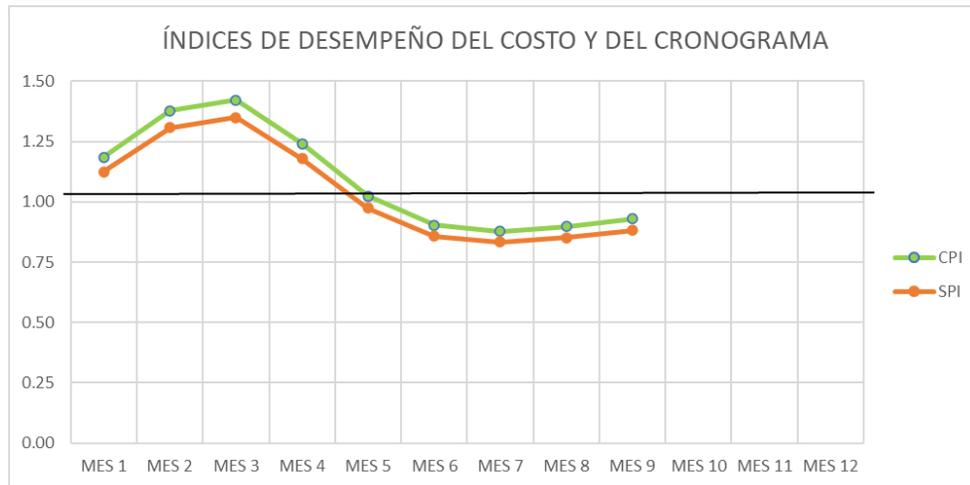


Figura 42. Índices de desempeño del costo y el cronograma (trimestre 3), Fuente: autora de la investigación, 2021.

Como se muestra en la figura 42, el proyecto se encuentra en esta etapa con índices de desempeño del cronograma (SPI) menores a 1.0, lo que indica que, para el corte, la medida del trabajo realizado es menor a la planeada. Habiendo obtenido el rendimiento del proyecto en términos del cronograma, se puede estimar el costo al corte. Así mismo, se presentan índices

de desempeño del costo (CPI) menores a 1.0, lo que representa un costo superior en comparación con el rendimiento hasta la fecha de corte objetivo, debido al retraso de las actividades del proyecto.

Por lo tanto, deben tomarse acciones que permitan recuperar los atrasos en los tiempos de ejecución del proyecto, con respecto a la programación inicial, y reprogramar el proyecto de manera que se alcancen los objetivos propuestos en los tiempos establecidos inicialmente, ajustándose al presupuesto disponible. De no ser posible el logro de los objetivos del proyecto, con el presupuesto disponible, debe solicitarse por parte de la empresa Contratista, una adición en plazo y/o en costos, de manera oportuna, para evitar un incumplimiento contractual y sus respectivas implicaciones legales.

Tabla 32

Reporte de proyecciones (trimestre 3)

Proyecciones EVM									
Mes	% Avance Ejecutado	BAC (x1000/\$)	VAC (x1000/\$)	EAC 1 (x1000/\$)	EAC 2 (x1000/\$)	EAC 3 (x1000/\$)	EAC 4 (x1000/\$)	ETC (x1000/\$)	TCPI
1	10.0%	3,500,000	1,319,882	2,180,117	2,658,680	3,415,868	3,415,868	3,150,000	0.97
2	15.0%	3,500,000	946,190	2,553,809	2,880,236	3,407,035	3,407,035	2,975,000	0.97
3	20.0%	3,500,000	176,650	3,323,350	3,323,350	3,464,670	3,464,670	2,800,000	0.99
4	26.0%	3,500,000	-282,719	3,782,719	3,578,992	3,520,538	3,520,538	2,590,000	1.01
5	34.0%	3,500,000	-327,199	3,827,199	3,616,586	3,539,639	3,539,639	2,310,000	1.02
6	42.0%	3,500,000	-752,041	4,252,041	3,877,241	3,658,441	3,658,441	2,030,000	1.08
7	54.0%	3,500,000	-381,344	3,881,344	3,692,611	3,604,010	3,604,010	1,610,000	1.07
8	70.0%	3,500,000	-73,482	3,573,482	3,513,255	3,509,279	3,509,279	1,050,000	1.01
9	75.0%	3,500,000	-392,012	3,892,012	3,766,463	3,699,847	3,699,847	875,000	1.30

Fuente: autora de la investigación, 2021.



Figura 43. Costo estimado para completar el trabajo (trimestre 3), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La estimación hasta la conclusión (ETC), para el tercer trimestre del proyecto, muestra el costo previsto para terminar el trabajo faltante, y se determinó con base en la diferencia de los valores de la estimación a la conclusión (EAC) y el costo real (AC), dando como resultado un costo requerido para completar el trabajo, con tendencia al alza, debido al comportamiento de los índices SPI y CPI a la fecha de corte objetivo, ver figura 43.

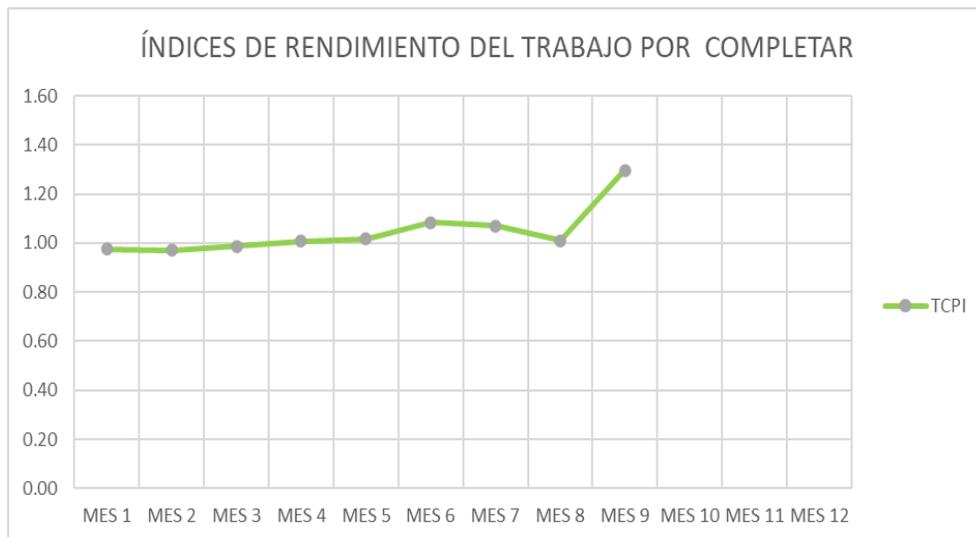


Figura 44. Índices de rendimiento del trabajo por completar (trimestre 3), Fuente: autora de la investigación, 2021.

Para esta etapa del proyecto, el índice (TPCI) mostrado en la figura 44, es mayor a 1.0, lo que indica que se requerirá mayor esfuerzo para finalizar el proyecto según lo planificado. Por lo tanto, es necesario aumentar la eficiencia en la ejecución de los trabajos por parte del equipo del proyecto, e incluir recursos adicionales, de manera que se garantice el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

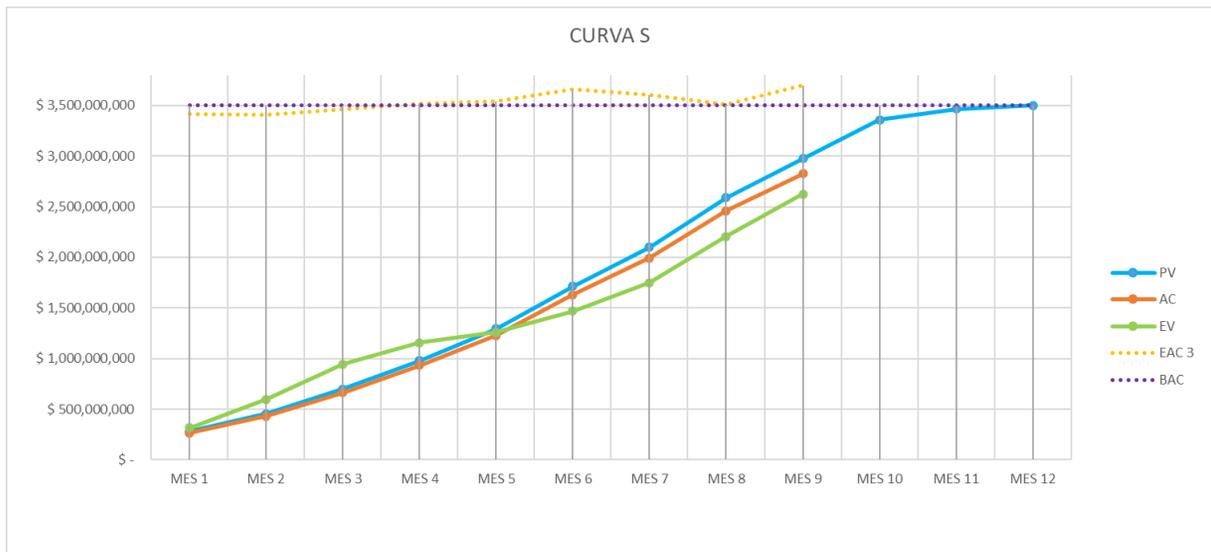


Figura 45. Modelo EVM aplicado al proyecto (trimestre 3), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La comparación de curvas “S” integradas con el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y el estimado a la conclusión (EAC), mostrada en la figura 45, generan el modelo EVM para el proyecto, a la fecha de corte objetivo. Donde se muestra la evolución del costo real (AC) y el valor ganado (EV), observándose que el proyecto se encuentra atrasado con respecto al cronograma inicial, razón por la cual, el estimado a la conclusión (EAC) es mayor que el presupuesto a la conclusión (BAC), cuya tendencia negativa, deberá ser modificada para obtener un margen/ganancias por parte de la empresa Contratista al finalizar el proyecto.

4.2.4. Trimestre 4 (mes 10 al mes 12)

En esta etapa del proyecto, se alimentan las dos (2) curvas S, referentes al costo real (AC), valor ganado (EV), y se comparan para establecer si el proyecto está atrasado o adelantado a

la fecha de corte objetivo, si se está presentando un ahorro o sobrecosto de los entregables, o si se encuentra en concordancia con lo planeado. Los porcentajes están dados en función del presupuesto, lo que indica que la base para graficar las curvas S es dinero (\$) vs tiempo (mes).

Tabla 33

Comparación curvas "S" (trimestre 4)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM		
		PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000
4	33.0%	980,000,000	930,538,000	1,155,000,000
5	36.0%	1,295,000,000	1,229,639,500	1,260,000,000
6	42.0%	1,715,000,000	1,628,441,500	1,470,000,000
7	50.0%	2,100,000,000	1,994,010,000	1,750,000,000
8	63.0%	2,590,000,000	2,459,279,000	2,205,000,000
9	75.0%	2,975,000,000	2,824,847,500	2,625,000,000
10	84.0%	3,360,000,000	3,190,416,000	2,940,000,000
11	92.0%	3,465,000,000	3,290,116,500	3,220,000,000
12	100.0%	3,500,000,000	3,323,350,000	3,500,000,000

Fuente: autora de la investigación, 2021.

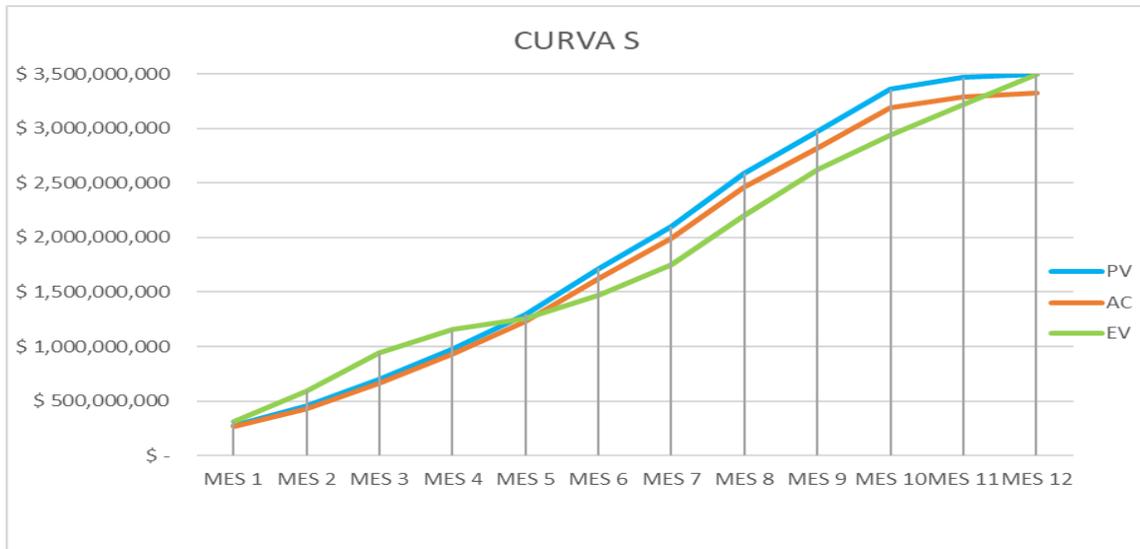


Figura 46. Comparación curvas “S” (trimestre 4), Fuente: autora de la investigación, 2021.

De la comparación de curvas “S” para el cuarto trimestre del proyecto, mostrada en la figura 46, se puede concluir que el valor ganado (EV) fue recuperado al finalizar, e igualado al presupuesto planificado (PV) incrementándose a partir del tercer trimestre, y el costo actual (AC) fue menor al presupuestado durante el tiempo de ejecución del proyecto. Por lo tanto, se realizaron inversiones menores a las inicialmente planificadas, efectuándose modificaciones a los plazos inicialmente establecidos en el cronograma, en aras de recuperar los atrasos presentados a lo largo del desarrollo proyecto, sin incrementar el plazo de terminación contractual. Para el caso en estudio se presenta esta condición al finalizar, debido a la sobreasignación de los recursos, sin incremento de costos, lo cual podría significar incrementos significativos de costos en el cumplimiento de los requisitos de calidad y garantías ante el Cliente.

Tabla 34

Reporte de ejecución (trimestre 4)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM			Variaciones	
		PV (\$)	AC (\$)	EV (\$)	CV (\$)	SV (\$)
1	9.0%	280,000,000	265,868,000	315,000,000	49,132,000	35,000,000
2	17.0%	455,000,000	432,035,500	595,000,000	162,964,500	140,000,000
3	27.0%	700,000,000	664,670,000	945,000,000	280,330,000	245,000,000
4	33.0%	980,000,000	930,538,000	1,155,000,000	224,462,000	175,000,000
5	36.0%	1,295,000,000	1,229,639,500	1,260,000,000	30,360,500	-35,000,000
6	42.0%	1,715,000,000	1,628,441,500	1,470,000,000	-158,441,500	-245,000,000
7	50.0%	2,100,000,000	1,994,010,000	1,750,000,000	-244,010,000	-350,000,000
8	63.0%	2,590,000,000	2,459,279,000	2,205,000,000	-254,279,000	-385,000,000
9	75.0%	2,975,000,000	2,824,847,500	2,625,000,000	-199,847,500	-350,000,000
10	84.0%	3,360,000,000	3,190,416,000	2,940,000,000	-250,416,000	-420,000,000
11	92.0%	3,465,000,000	3,290,116,500	3,220,000,000	-70,116,500	-245,000,000
12	100.0%	3,500,000,000	3,323,350,000	3,500,000,000	176,650,000	-

Fuente: autora de la investigación, 2021.

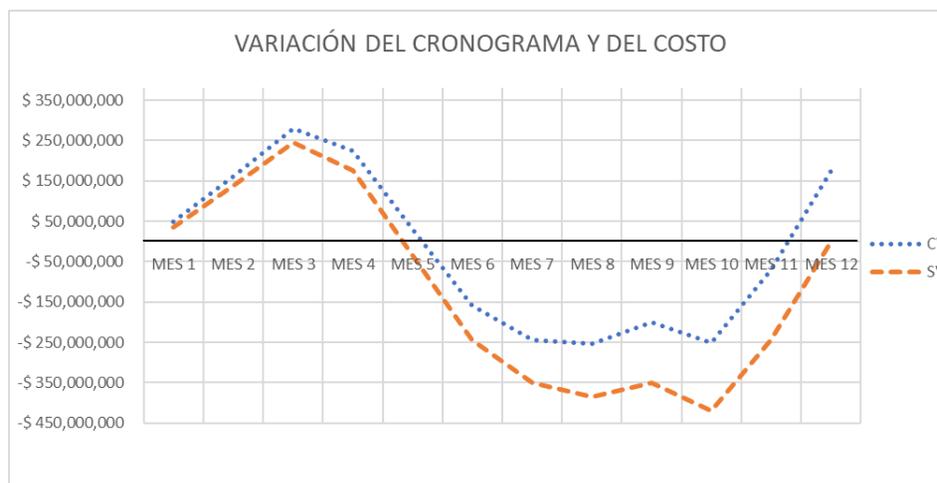


Figura 47. Variación del cronograma y del costo (trimestre 4), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La variación del costo (CV) y la variación del cronograma (SV) muestran tendencias positivas a partir del mes diez (10) de ejecución, esto indica que el proyecto presenta

recuperación de los retrasos con respecto al cronograma planeado, sin incremento en los costos planificados para finalizar, considerando que se presentó una sobreasignación de los recursos disponibles para la ejecución de los trabajos, ver figura 47.

Tabla 35

Reporte del rendimiento (trimestre 4)

Mes	% Avance Ejecutado	Pilares EVM			Variaciones		Índices de Desempeño	
		PV (x1000/\$)	AC (x1000/\$)	EV (x1000/\$)	CV (x1000/\$)	SV (x1000/\$)	CPI	SPI
1	9.0%	280,000	265,868	315,000	49,132	35,000	1.18	1.13
2	17.0%	455,000	432,035	595,000	162,964	140,000	1.38	1.31
3	27.0%	700,000	664,670	945,000	280,330	245,000	1.42	1.35
4	33.0%	980,000	930,538	1,155,000	224,462	175,000	1.24	1.18
5	36.0%	1,295,000	1,229,639	1,260,000	30,360	- 35,000	1.02	0.97
6	42.0%	1,715,000	1,628,441	1,470,000	58,441	-245,000	0.90	0.86
7	50.0%	2,100,000	1,994,010	1,750,000	-244,010	-350,000	0.88	0.83
8	63.0%	2,590,000	2,459,279	2,205,000	-254,279	-385,000	0.90	0.85
9	75.0%	2,975,000	2,824,847	2,625,000	-199,847	-350,000	0.93	0.88
10	84.0%	3,360,000	3,190,416	2,940,000	-250,416	-420,000	0.92	0.88
11	92.0%	3,465,000	3,290,116	3,220,000	- 70,116	-245,000	0.98	0.93
12	100.0%	3,500,000	3,323,350	3,500,000	176,650	-	1.05	1.00

Fuente: autora de la investigación, 2021.

ESCALA	COLOR	RENDIMIENTO
CPI y SPI > 1.05	AZUL	EXCELENTE
1 < CPI y SPI <= 1.05	VERDE	BUENO
0.95 < CPI y SPI <= 1.00	AMARILLO	MODERADO
0.85 < CPI y SPI <= 0.95	NARANJA	MALO
CPI y SPI <= 0.85	ROJO	MUY MALO

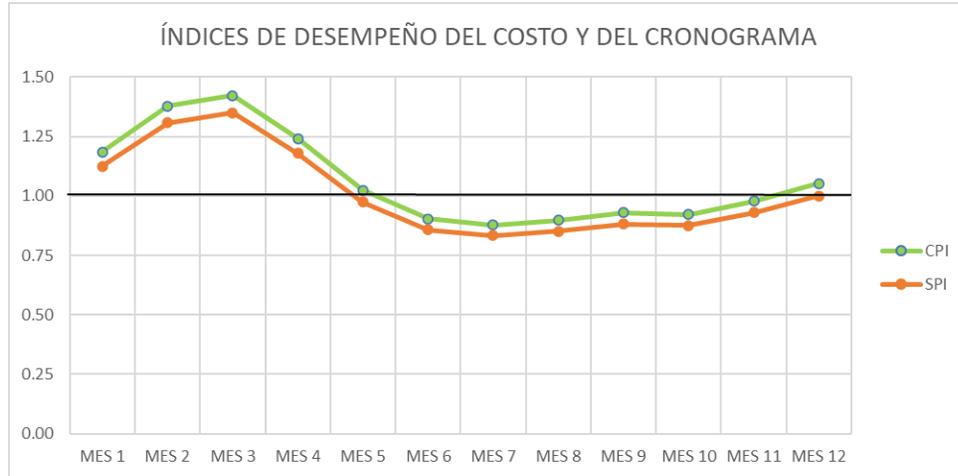


Figura 48. Índices de desempeño del costo y el cronograma (trimestre 4), Fuente: autora de la investigación, 2021.

Como se muestra en la figura 48, el proyecto finaliza con índice de desempeño del cronograma (SPI) igual a 1.0, lo que señala que, al finalizar, la medida de trabajo desarrollado fue igual a la prevista. Habiendo obtenido el rendimiento del proyecto en términos del cronograma, se puede estimar el costo al corte. Así mismo, se presenta un índice de desempeño del costo (CPI) mayor a 1.0, lo que representa un menor costo, con respecto al presupuesto programado. Por lo tanto, en términos de costos representa una ganancia para la empresa Contratista y el cumplimiento de los objetivos del proyecto para el Cliente.

Tabla 36

Reporte de proyecciones (trimestre 4)

Mes	% Avance Ejecutado	Proyecciones EVM							TCPI
		BAC (x1000/\$)	VAC x1000/\$)	EAC 1 (x1000/\$)	EAC 2 (x1000/\$)	EAC 3 (x1000/\$)	EAC 4 (x1000/\$)	ETC (x1000/\$)	
1	10.0%	3,500,000	,319,882	2,180,117	2,658,680	3,415,868	3,415,868	3,150,000	0.97
2	15.0%	3,500,000	946,190	2,553,809	2,880,236	3,407,035	3,407,035	2,975,000	0.97
3	20.0%	3,500,000	176,650	3,323,350	3,323,350	3,464,670	3,464,670	2,800,000	0.99
4	26.0%	3,500,000	-282,719	3,782,719	3,578,992	3,520,538	3,520,538	2,590,000	1.01
5	34.0%	3,500,000	-327,199	3,827,199	3,616,586	3,539,639	3,539,639	2,310,000	1.02
6	42.0%	3,500,000	-752,041	4,252,041	3,877,241	3,658,441	3,658,441	2,030,000	1.08
7	54.0%	3,500,000	-381,344	3,881,344	3,692,611	3,604,010	3,604,010	1,610,000	1.07
8	70.0%	3,500,000	-73,482	3,573,482	3,513,255	3,509,279	3,509,279	1,050,000	1.01

9	75.0%	3,500,000	-392,012	3,892,012	3,766,463	3,699,847	3,699,847	875,000	1.30
10	86.0%	3,500,000	-270,177	3,770,177	3,709,786	3,680,416	3,680,416	490,000	1.58
11	92.0%	3,500,000	-97,981	3,597,981	3,576,213	3,570,116	3,570,116	280,000	1.33
12	100.0%	3,500,000	176,650	3,323,350	3,323,350	3,323,350	3,323,350	-	0.00

Fuente: autora de la investigación, 2021.



Figura 49. Costo estimado para completar el trabajo (trimestre 4), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La figura 49 muestra la estimación hasta la conclusión (ETC), para esta etapa del proyecto muestra que el costo previsto para finalizar todo el trabajo faltante coincide con el inicialmente planificado, se determinó con base en la diferencia de los valores de la estimación a la conclusión (EAC) y el costo real (AC), dando como resultado un cierre en ceros a la finalización del proyecto.

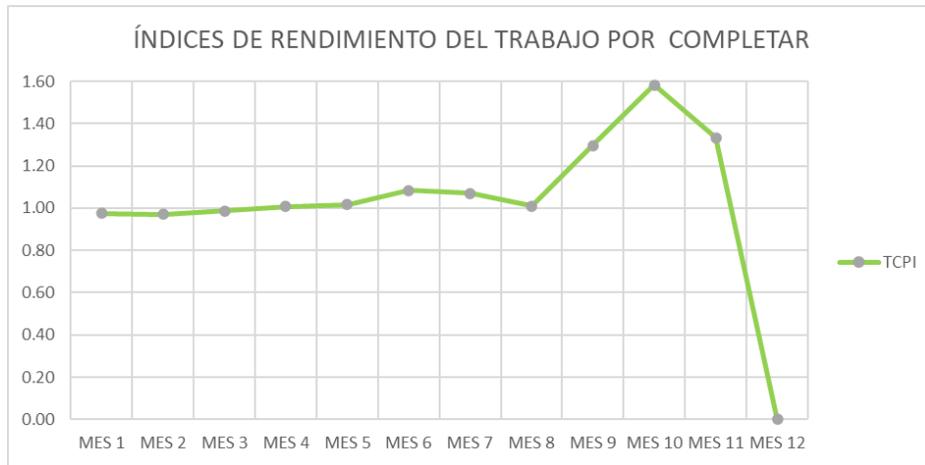


Figura 50. Índices de rendimiento del trabajo por completar (trimestre 4), Fuente: autora de la investigación, 2021.

Para esta etapa del proyecto, el índice (TPCI) al finalizar es igual a cero (0), lo que indica que para el mes doce (12) se requirió un esfuerzo igual al inicialmente planeado, para finalizar el proyecto según lo planificado, ver figura 50.

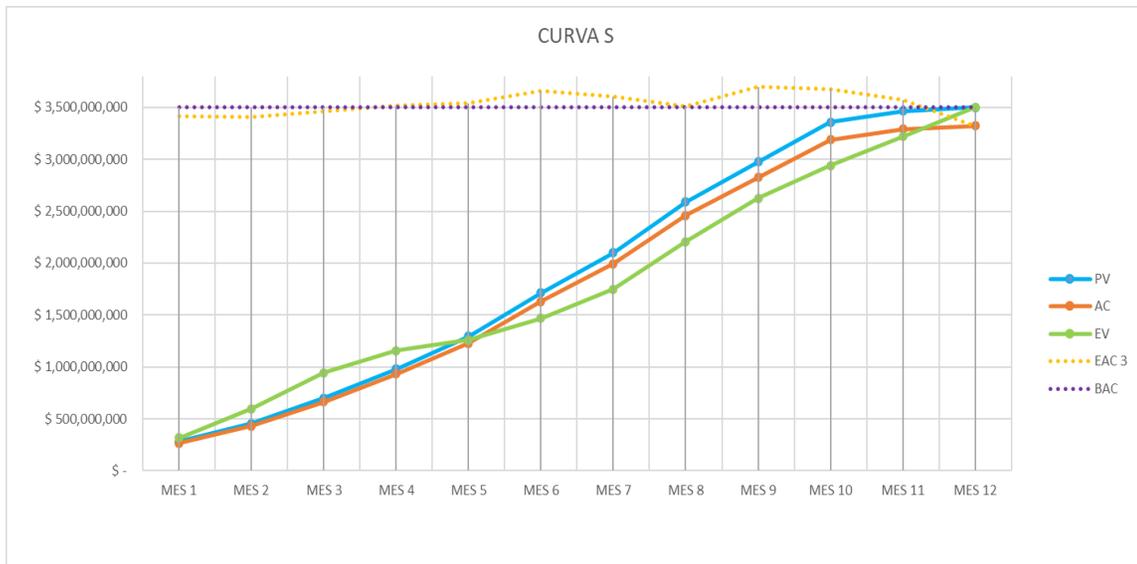


Figura 51. Modelo EVM aplicado al proyecto (trimestre 4), Fuente: autora de la investigación, 2021.

La comparación de curvas “S” integradas con el presupuesto hasta la conclusión (BAC) y el estimado a la conclusión (EAC), mostrada en la figura 51, generan el modelo EVM para el proyecto, a la fecha de corte. Donde se muestra la evolución del costo real (AC) y el valor ganado (EV), observándose que el proyecto al finalizar presenta una recuperación del valor ganado (EV) y por lo tanto, del estimado a la conclusión (EAC), siendo este valor menor que el presupuesto hasta la conclusión (BAC), lo que representa un margen/ganancias para la empresa Contratista al finalizar el proyecto.

Las lecciones aprendidas a través de la investigación, consideran aspectos presentados durante las etapas de planeación, ejecución, seguimiento, control y cierre del proyecto, en relación con la gestión de tiempos, costos, recursos, riesgos y otros, importantes para dar cumplimiento a los objetivos del negocio.

El desarrollo de las diferentes actividades según el cronograma previsto, puede presentar variaciones según la priorización que se defina por parte del Cliente. Esto puede generar retrasos en el cumplimiento de plazos para el término contractual del proyecto. (Angarita & López, 2019). Para el caso de estudio, la gerencia del proyecto y el equipo de trabajo procuraron que el proyecto se desarrollara en el tiempo planeado, con el presupuesto disponible, en términos de oportunidad y eficiencia de los recursos del proyecto.

Durante la planificación, ejecución y cierre del proyecto, es importante mantener la comunicación y concertación permanente entre las partes interesadas, con el objetivo de validar la formulación del proyecto en la práctica, dar cumplimiento a los objetivos trazados, identificar oportunidades de mejora y realizar ajustes pertinentes al alcance, entre otros aspectos importantes que deben ser definidos conjuntamente entre el Contratista y el Cliente. (Angarita & López, 2019). La aplicación de esta metodología permite al gerente del proyecto, formular acciones en base a los pronósticos de desempeño del proyecto, para dar solución a los problemas de las desviaciones de alcance, tiempo y costo.

5. Conclusiones

La investigación realizada, permite demostrar que mediante la ejecución del método de gestión de valor ganado, se obtiene una mejora importante en el rendimiento de costos y tiempos en un proyecto de consultoría, y le permite al gerente del proyecto tomar acciones encaminadas a recuperar las desviaciones presentadas a lo largo del desarrollo del proyecto en cuanto a tiempo y costos se refiere, realizar el control a la fecha de corte de los gastos en paralelo con el avance físico ejecutado del proyecto, y efectuar pronósticos que permitan la toma de decisiones que resulten acertadas para el proyecto.

Las desviaciones del cronograma, identificadas a través del desarrollo del proyecto mediante el seguimiento al índice de rendimiento del cronograma (SPI), para el caso de estudio, fueron consecuencia de la asignación de recursos insuficientes para dar cumplimiento a los plazos programados, por parte de la gerencia del proyecto, razón por la cual, fue necesario reprogramar algunas de las actividades. Lo anterior debió solucionarse con la inclusión de recursos adicionales al proyecto, considerando que en general, durante la ejecución, el índice de rendimiento del costo (CPI) se situó por debajo del costo planificado, siendo posible para la empresa Contratista costear los recursos adicionales requeridos.

La recuperación de los atrasos acumulados presentados durante el tercer trimestre del proyecto, fue posible gracias a la sobreasignación de los recursos disponibles para el proyecto, lo cual al término del mismo, provocó el incumplimiento de los requerimientos de calidad en algunos de los entregables, para lo cual, la gerencia del proyecto, tuvo que destinar el valor ganado para costear la ejecución de los respectivos ajustes, lo que en términos económicos significó una disminución de cerca del 60% de las “ganancias” obtenidas por el desarrollo del proyecto para la empresa Contratista.

Si como resultado del análisis, para una fecha de corte temprana durante la ejecución del proyecto, se presenta un valor ganado (EV) ascendente, éste debería destinarse al monto de contingencias (riesgos) antes de ser considerado como margen/ganancias, por parte del gerente del proyecto. Lo anterior permite viabilizar los requerimientos del proyecto en una etapa futura, con bajas inversiones para la empresa Contratista.

En la fecha de corte objetivo, de presentarse valores positivos para la variación del cronograma (SV) permiten estimar que el proyecto podría terminar antes de lo previsto, y una variación del costo (CV) con valores positivos permiten estimar que, de mantenerse esta tendencia, durante el desarrollo del proyecto se invertirá un costo menor al planificado, por parte de la empresa Contratista.

La interrelación del costo y los tiempos de ejecución es notoria, cuando durante el desarrollo del proyecto, para cierta fecha de corte, el valor del EV es inferior al presupuesto planificado (PV) manteniéndose una tendencia a la baja, a pesar que el costo actual (AC) fue menor al presupuestado para el periodo, lo que indica que se realizaron inversiones menores a las inicialmente planificadas, pero se incrementaron los tiempos de ejecución programados en el cronograma, lo que afecta el valor ganado, disminuyendo su monto.

Contemplando el escenario del proyecto, en que el costo actual (AC) fue menor al presupuestado para el periodo, es decir que, se realizaron inversiones menores a las inicialmente planificadas, pero se incrementaron los tiempos de ejecución programados en el cronograma, por parte de la gerencia, deben tomarse acciones correctivas con el fin de aumentar los rendimientos con la inclusión de recursos adicionales, de manera que se recupere el atraso en los tiempos de ejecución planeados.

Cuando el proyecto se encuentra atrasado con respecto al cronograma inicial, el estimado a la conclusión (EAC) es mayor que el presupuesto a la conclusión (BAC), condición que debe ser analizada para implementar las acciones correctivas o de mejora correspondientes, para obtener un margen/ganancias por parte de la empresa Contratista al finalizar el proyecto.

En el caso en que el índice de desempeño del trabajo por completar (TPCI) sea mayor a 1.0, se requerirá mayor esfuerzo para finalizar el proyecto según lo planificado. Por lo tanto, es necesario mejorar la eficiencia en el desarrollo de los trabajos por parte del equipo del proyecto, e incluir recursos adicionales, de manera que se garantice el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

La identificación de los riesgos y su calificación, permitió establecer las variables a controlar durante el desarrollo del proyecto, en aras de mitigar el impacto y tomar decisiones oportunas, que permitieron terminar el proyecto en el tiempo contractual determinado.

La gestión del valor ganado debe usarse como herramienta, para mejorar el control de costos y tiempos en los proyectos de toda índole. Para el caso específico de los proyectos de consultoría, debe considerarse la medición del avance en términos del presupuesto asignado a cada entregable, y la cantidad de horas hombre (HH) asignadas a cada recurso, ya que la sobreasignación de este tipo de recursos, durante la ejecución del proyecto, suele afectar el cierre del proyecto, por presentarse una disminución en el cumplimiento de los objetivos de calidad, lo cual se evidenció durante la ejecución del proyecto (estudio de caso).

El método del valor ganado facilita el cumplimiento de los objetivos de seguimiento y control de proyectos implementados por la empresa Contratista. Su implementación debe estar dirigida por los gerentes de proyecto, y se deben determinar los lineamientos procedimentales, instructivos de aplicación, formatos de seguimiento y control. Así como, la definición de los entregables por parte de los profesionales que desarrollan los procesos de gestión.

La implementación del método del valor ganado (EVM) en los proyectos de una organización, es una herramienta para la creación de valor, porque le permite generar riqueza o utilidad, a partir del seguimiento y control de los costos y tiempos durante la ejecución de los proyectos, optimizando la gestión y garantizando el éxito de los mismos.

El método del valor ganado, es una herramienta de gestión, que usada en conjunto con otras métricas de medición existentes, garantiza el éxito del proyecto. Por lo tanto, deben interrelacionarse los diferentes procesos tales como: calidad, alcance, tiempos, costo, riesgos, y otros, para procurar una gestión integral del proyecto a nivel gerencial.

6. Recomendaciones

Se recomienda implementar el método de la gestión de valor ganado como herramienta para llevar a cabo el seguimiento y control de proyectos de cualquier índole, ya que optimiza el control de costos y tiempos, permitiendo detectar las variaciones durante la ejecución, facilitando la toma de decisiones por parte de la gerencia.

En un proyecto de consultoría, la selección de los recursos juega un papel fundamental durante la ejecución del mismo. La inclusión de personal no calificado, representa retrabajos para el equipo del proyecto, y ajustes de calidad que se traducen en pérdidas de valor para la empresa Contratista, ya que se afecta la percepción que los Clientes tienen de la misma y la efectividad de sus productos y servicios.

La información base para desarrollar el método del valor ganado (EVM) debe ser suministrada oportunamente al gerente del proyecto, de manera que puedan establecerse las variaciones del cronograma y del costo, en la fecha de corte requerida. La generación de dicha información debe hacerse por parte de personal calificado que cuente con experiencia suficiente en gestión de proyectos, de manera que la interpretación de los resultados, índices y proyecciones resulte entendible para el equipo del proyecto.

Es importante desarrollar formatos, documentos y procesos, para realizar el seguimiento y control durante las etapas del ciclo de vida del proyecto, incluyendo la aplicación del método del valor ganado (EVM), de manera que los informes de gestión incluyan la determinación de los índices de rendimiento, y sirvan al equipo del proyecto y al cliente, para la toma de decisiones de manera oportuna, y el planteamiento de acciones correctivas o de mejora.

Se debe realizar el registro oportuno de los cambios que se generan durante el desarrollo del proyecto, para evaluar su impacto en la línea base de costos y tiempos, y tomar decisiones encaminadas a lograr el cumplimiento de los requisitos de calidad, sin afectar de manera significativa los costos, procurando el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Referencias

- Abdul-Rahman, H., Wang, Ch. & Binti Muhammad, N. (2011). Project performance monitoring methods used in malaysia and perspectives of introducing EVA as a standard approach. *Journal of Civil Engineering and Management*, 17(3), 445-455. Doi: 10.3846/13923730.2011.598331
- Alcalá Sucre, L., & Viloría Gómez, G. (2008). *Propuesta de un plan integral de control de costos para proyectos de ingeniería, basado en el concepto del valor ganado*. [Tesis de pregrado]. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas. Venezuela.
- Ambriz Avelar, R. (2008). *La gestión del valor ganado y su aplicación: Managing earned value and its application*. En: PMI® Global Congress 2008 - Latin America. São Paulo, Brazil: Newtown Square, PA: Project Management Institute. Recuperado de <https://www.pmi.org/learning/library/earned-value-management-best-practices-7045>
- Angarita Chamorro, J., & López Ladeuth, J. (2019). *Técnica de valor ganado como herramienta de seguimiento y control en los proyectos de inversión de la entidad Aguas de Córdoba S. A. ESP. en el departamento de Córdoba*. [Tesis de maestría]. Universidad Externado de Colombia, Bogotá. Colombia.
- Aseguramiento de calidad. (s.f.). IPMOGuide. Recuperado de <https://ipmoguide.com/glossary/aseguramiento-de-calidad/>
- Baez Petit, Y. (2007). *Propuesta de aplicación del método del valor ganado como herramienta de integración de los roles de administración de contrato, planificación, y control del estudio geotécnico de un centro comercial ubicado en el estado Anzoátegui*. [Propuesta trabajo de grado]. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas. Venezuela.
- Cardona Cadavid, L. F., & Padierna Alcaraz, D. (2017). *Integración del project finance y del valor ganado, aplicado a los ciclos de vida del proyecto*. [Tesis de pregrado]. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, Medellín. Colombia.
- CDM Smith, (2018). *QA-GN-PLA-001 Plan de calidad_VI*. Colombia.
- ¿Cómo obtener el cronograma del proyecto?. (s.f). QuizPM. Recuperado de <https://blog.quizpm.com/como-obtener-el-cronograma-del-proyecto>

- Coquillat de Travesado, M. (2019). *Presentación de la ISO 21508: 2018 Earned Value Management in Project and Programme management. Caso de estudio: Implantación de un Sistema de Análisis del Valor Ganado (EVMS)*.
- Coronel, A. (9 de Mayo de 2012). *Control del proyecto en gestión de proyectos*. Recuperado de https://www.eoi.es/wiki/index.php/CONTROL_DEL_PROYECTO_en_Gesti%C3%B3n_de_proyectos
- Empresas Públicas de Medellín (2018). *Anexo técnico proyecto modernización planta de tratamiento -PTAP- la Ayurá procesos*. Colombia.
- Florez Bustos, P. R., & Sánchez Soriano, W. C. (2015). *Un marco del estado del arte, referente al control de proyectos mediante el método de la gestión de valor ganado*. [Tesis de pregrado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Colombia.
- Fuente Juridías, R. (2016). *Método del Valor Ganado (EVM): aplicación en la gestión de proyectos de edificación en España*. [Tesis doctoral]. Universidad Europea de Madrid, Madrid. España.
- Gestión de los costes del proyecto. (s.f.). La guía pmbok. Recuperado de: <https://uacm123.weebly.com/3-gestioacuten-de-los-costes-del-proyecto.html>
- Gestión de los riesgos del proyecto. (s.f.). La guía pmbok. Recuperado de <https://uacm123.weebly.com/8-gestioacuten-de-los-riesgos-del-proyecto.html>
- Glosario de gestión de proyectos (s.f.). Liderdeproyecto.com. Recuperado de <http://www.liderdeproyecto.com/glosario/>
- González, J., Salazar, F., Ortiz, R., & Verdugo D. (2019). Gerencia estratégica: herramienta para la toma de decisiones en las organizaciones. Telos, vol. 21, núm. 1, 2019, *Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín*, Venezuela. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/993/99357718032/99357718032.pdf>
- Guillerhua Perea, G. A., Huachaca Talaverano, D. F., & Pingo Román, J. H. (2017). *Propuesta para llevar el control de costos y tiempo a nivel de gerencia en obras de edificación durante la etapa de ejecución, según el método del Valor Ganado*. [Tesis de maestría]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Perú.

- Holguín Sologuren, O. G. (2014). *Gestión del valor ganado en el control de costos de equipos en la construcción de la planta concentradora Toromocho*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Perú.
- Jiménez, L. C. (Junio de 2019). Anteproyecto. *Aplicación de la gestión del valor ganado “Earned Value Management, EVM”, como herramienta para garantizar el seguimiento y control en proyectos de consultoría*. [Propuesta trabajo de grado]. Universidad de Boyacá, Tunja. Colombia.
- Koppelman, J., & Fleming, Q. (1996). *Earned Value Project Management*. Project Management Inst.
- La gestión de los costos del proyecto. (31 de Enero de 2017). Eeadic formación y consultoría. Recuperado de <http://www.eadic.com/la-gestion-de-los-costos-del-proyecto/>
- La guía PMBOK. (s.f.). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK)*. Recuperado de <http://uacm123.weebly.com/index.html>
- Langley, M. A. (2016). The high cost of low performance. *PMI's Pulse of the profession*.
- Madrid Medina, M. J. M. (2013). *Control de obras empleando el método de gestión del valor ganado*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Perú.
- Martínez Cárdenas, E. E., & Ramírez Mora, J. M. (2008). *Régimen del servidor público*. Bogotá: Escuela Superior de Administración Pública.
- Mollá Romero, D. (2011). *Valor ganado, aplicación en el sector de la construcción*. España: Universidad Politécnica Valencia.
- Monge, E. C. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*.
- Montero Fernández, G. (2015). *Diseño de indicadores para la gestión de proyectos*. [Tesis doctoral]. Universidad de Valladolid, Valladolid. España.
- Morales Rosas, L. M. (2016). *Aplicación de la gestión del valor ganado según los lineamientos PMI para el control de costos de la ejecución del proyecto de vivienda hacienda Madrid el Prado en la constructora Bolívar*. [Trabajo de grado especialización]. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Colombia.
- Munguia Chirinos, J. F. (2017). *Control de proyectos aplicando el análisis de valor ganado en proyectos de construcción*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

- Olarte Mescco, K., Sotomayor Morales, H. C., & Valdivia Begazo, C. A. (2014). *Propuesta de mejora del control de costos aplicando el metodo de valor ganado en un proyecto de infraestructura*. [Tesis de maestría]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Cusco. Perú.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1994). *Guía para proyectos participativos de nutrición*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/v1490s/v1490s00.htm#Contents>
- Pérez, A. (9 de Octubre de 2017). *Proyecto Producto: sabes diferenciar correctamente ciclos de vida*. Recuperado de <http://www.ceolevel.com/proyecto-producto-sabes-diferenciar-correctamente-ciclos-vida>
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (6 ed.). Newtown Square, Pennsylvania: PMI.
- Project Management Institute, Inc. (2019). *Project Management Institute*. Recuperado de <https://americalatina.pmi.org/latam/aboutus/whatispmi.aspx>
- Que es la guía PMBOK y como influye en la administracion de proyectos. (17 de Noviembre de 2017). EAE Business School. Recuperado de <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/que-es-la-guia-pmbok-y-como-influye-en-la-administracion-de-proyectos/>
- Rivera Peña, C. F. (2012). *Guía de aplicación del método del valor ganado como sistema integral de control, seguimiento y supervisión de obras*. [Monografía de especialización]. Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga. Colombia.
- Rol de un director de proyecto. (28 de Marzo de 2016). ITM Platform. Recuperado de <http://www.itmplatform.com/es/blog/rol-de-un-director-de-proyecto/>
- Sánchez Cáceres, C. E. (2019). “*Gestión del valor ganado para mejorar el control de costos y tiempo en obras civiles en la refinería la Pampilla (período 2016-2017)*”. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima. Perú.
- Planta de tratamiento de agua potable. (10 de Diciembre de 2016). Spena Group. Recuperado de <https://spenagroup.com/planta-tratamiento-agua-potable/>
- Vilá, J. (11 de Septiembre de 2014). *El blog de retos para ser directivo*. Recuperado de: <https://retos-directivos.eae.es/el-cronograma-de-actividades-y-la-dinamica-del-proyecto/>

- Vilachá Chauca, M. C. (2004). *Aplicación del método del valor ganado como una alternativa en el control de costos de un proyecto de construcción civil*. [Trabajo de grado especialización]. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas. Venezuela.
- Vilcapaza Condori, G. N. (2018). *Aplicación de la gestión del valor ganado como herramienta de control de proyectos de construcción civil en la universidad nacional del altiplano, 2017*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Perú.
- Yepes Piqueras, V. (16 de Diciembre de 2014). *¿Qué es la curva S en la estimación de costes en proyectos?*. Recuperado de: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/12/16/que-es-la-curva-s-en-la-estimacion-de-costes-en-proyectos/>