

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

APLICACIÓN DE PRINCIPIOS ÁGILES EN LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO TK-707

JOHANN SEBASTIAN CARDENAS MANCHEGO

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

San José, Costa Rica

2025

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL
(UCI)

This Final Graduation Project was approved by the University as
partial fulfillment of the requirements to opt for the
Master in Project Management (MPM) Degree



RUBEN DARIO ALZATE MORA
TUTOR



OSVALDO ALEXANDER MARTÍNEZ GÓMEZ
REVIEWER No.1



CARLOS CASTRO TORRES
REVIEWER No.2



Firmado digitalmente por JOHANN
SEBASTIAN CARDENAS MANCHEGO
Fecha: 2026.04.22 13:20:04 -05'00'

JOHANN SEBASTIAN CARDENAS MANCHEGO
STUDENT

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
requisito parcial para optar al grado de Maestría en Administración de Proyectos

RUBEN DARIO ALZATE MORA
TUTOR

OSVALDO ALEXANDER MARTÍNEZ GÓMEZ
NOMBRE DEL PROFESOR(A) LECTOR(A) No.1

CARLOS CASTRO TORRES
NOMBRE DEL PROFESOR(A) LECTOR(A) No.2

JOHANN SEBASTIAN CARDENAS MANCHEGO
PERSONA SUSTENTANTE

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de graduación A mi familia, por su apoyo incondicional y por ser la fuerza que me impulsa a seguir avanzando. A quienes creyeron en mí incluso en los momentos más difíciles, les dedico este logro con gratitud y respeto.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por fortalecer mi camino y brindarme la claridad necesaria para culminar este Proyecto de Graduación. A los profesores y compañeros de la maestría, cuyo acompañamiento y discusiones enriquecieron profundamente mi aprendizaje. A mi tutor del PFG, por su orientación constante y por impulsar el desarrollo de este trabajo. Y a mis colegas de labor, quienes aportaron ideas, sugerencias y apoyo valioso durante todo el proceso.

ABSTRACT

El objetivo de este documento es diseñar un marco metodológico híbrido que integre principios y prácticas ágiles en la planificación y ejecución del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento de hidrocarburos TK-707 en Santa Marta, Colombia. La necesidad surge de las limitaciones del enfoque predictivo tradicional, caracterizado por su baja flexibilidad ante cambios de alcance, retrasos y sobrecostos, lo que afecta la adaptabilidad en entornos de alta complejidad y gran inversión.

El producto final consiste en una propuesta metodológica que combina los enfoques predictivo y ágil, tomando como referencia la guía del Project Management Institute (PMBOK® Guide y Agile Practice Guide). La investigación utilizó una metodología analítico-sintética, con apoyo de fuentes primarias, fuentes secundarias como literatura académica y guías de gestión de proyectos.

Los resultados muestran que la incorporación de prácticas ágiles en fases específicas del proyecto, como la planificación, la gestión de interesados y el control de cambios, fortalece la capacidad de respuesta, mejora la comunicación entre las partes y permite una entrega incremental de valor. Se concluye que el marco híbrido propuesto es viable y replicable en proyectos de gran envergadura del sector petrolero colombiano, ya que conserva el rigor técnico del enfoque tradicional y al mismo tiempo introduce flexibilidad para enfrentar la incertidumbre.

Palabras clave: Gestión de Proyectos, Metodología Híbrida, Prácticas Ágiles, Enfoque Predictivo, Sector Petróleo y Gas, Proyectos de Construcción, Tanque de Almacenamiento TK-707, Colombia.

ABSTRACT

The objective of this document is to design a hybrid methodological framework that integrates agile principles and practices into the planning and execution of the TK-707 hydrocarbon storage tank construction project in Santa Marta, Colombia. This need arises from the limitations of the traditional predictive approach, characterized by low flexibility in the face of scope changes, delays, and cost overruns, which reduces adaptability in highly complex and large-scale investment environments.

The final product consists of a methodological proposal that combines predictive and agile approaches, based on the Project Management Institute's guides (PMBOK® Guide and Agile Practice Guide). The research employed an analytical-synthetic methodology, supported by primary sources, as well as secondary sources, such as academic literature and project management guidelines.

The results show that the incorporation of agile practices in specific project phases—such as planning, stakeholder management, and change control—enhances responsiveness, improves communication among parties, and enables incremental value delivery. It is concluded that the proposed hybrid framework is both viable and replicable in large-scale projects within the Colombian oil and gas sector, as it preserves the technical rigor of the traditional approach while introducing flexibility to better address uncertainty.

Keywords: Project Management, Hybrid Methodology, Agile Practices, Predictive Approach, Oil and Gas Sector, Construction Projects, TK-707 Storage Tank, Colombia.

Contenido

LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABLAS	13
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES.....	15
RESUMEN EJECUTIVO	16
1. INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 ANTECEDENTES	20
1.2 PROBLEMÁTICA.....	23
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	26
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	28
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
2. MARCO TEÓRICO	29
1.1 MARCO INSTITUCIONAL	29
2.1.1 Antecedentes de la institución	29
2.1.2 Misión y visión	31
2.1.3 Estructura organizativa	32
2.1.4 Productos y servicios que ofrece	34
2.2 TEORÍA DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	34
2.2.1 Principios de la dirección de proyectos	35

2.2.2	Dominios de desempeño del proyecto	45
2.2.3	Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos.	50
2.2.4	Administración, dirección o gerencia de proyectos	53
2.2.5	Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos Áreas del Conocimiento.....	56
2.2.6	Ciclos de vida de los proyectos	59
2.2.7	Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos	63
2.3	ESTADO DE LA CUESTIÓN Y OTRA TEORÍA PROPIA DEL TEMA DE INTERÉS.....	64
2.3.1	Situación actual del problema u oportunidad en estudio (estado de la cuestión)	64
2.3.2	Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio	67
2.3.3	Otra teoría relacionada con el tema en estudio	70
3.	MARCO METODOLÓGICO	77
3.1	FUENTES DE INFORMACIÓN	78
3.1.1	Fuentes primarias	79
3.1.2	Fuentes secundarias.....	79
3.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	81
3.2.1	Método analítico-sintético.....	82
3.2.2.	Método inductivo	83
3.2.3	Método deductivo	84

3.3	HERRAMIENTAS.....	86
3.4	SUPUESTOS Y RESTRICCIONES	89
3.5	ENTREGABLES	91
4.	DESARROLLO.....	93
4.1	ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA CONVENCIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS TIPO PREDICTIVO EN CASCADA PARA IDENTIFICAR ÁREAS DE MEJORA.	94
4.2	PROCESOS DEL PROYECTO TK-707 CON POTENCIAL DE INTEGRACIÓN ÁGIL	96
4.2.1	Principios y prácticas ágiles aplicables al proyecto TK-707	100
4.3	DESARROLLO DEL PLAN INTEGRAL DEL PROYECTO.....	108
4.3.1	Gobernanza y roles del marco de trabajo híbrido.	108
4.3.2	Artefactos ágiles adaptados a la construcción.	109
4.4	DESARROLLO DEL PLAN INTEGRAL DEL PROYECTO.....	114
4.4.1	Gestionar la Integración	122
4.4.3	Gestionar el Cronograma	128
4.4.4	Gestionar el Costo.....	131
4.4.5	Gestionar la calidad	135
4.4.6	Gestionar los recursos y las comunicaciones	140
4.4.7	Gestionar los riesgos y las adquisiciones.....	144
4.4.8	Gestionar los interesados	150
5.	CONCLUSIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

6. RECOMENDACIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
7.VALIDACIÓN DEL TRABAJO EN EL CAMPO DEL DESARROLLO REGENERATIVO Y/O SOSTENIBLE	152
7.1 RELACIÓN DEL PROYECTO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	158
7.2 ANÁLISIS DEL PROYECTO DE ACUERDO CON EL ESTÁNDAR P5	162
7.3 RELACIÓN DEL PROYECTO CON LAS DIMENSIONES DEL DESARROLLO REGENERATIVO	176
LISTA DE REFERENCIAS.....	179
ANEXOS	183
ANEXO 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG.....	184
ANEXO 2: EDT DEL PFG.....	197
ANEXO 3: CRONOGRAMA DEL PFG	198
ANEXO 4: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA PRELIMINAR	200
BIBLIOGRAFÍA.....	202

Lista de Figuras

FIGURA 1. TRAYECTORIA EMPRESARIAL.....	31
FIGURA 2. VALORES CORPORATIVOS	32
FIGURA 3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA CORPORATIVA	33
FIGURA 4. PRINCIPIOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS	45
FIGURA 5. DOMINIOS DE DESEMPEÑO DEL PROYECTO	46
FIGURA 6. GESTIÓN DE PROCESOS DEL PROYECTO CON ENFOQUE ÁGIL	100
FIGURA 7. RANKING DE APLICABILIDAD DE PRÁCTICAS ÁGILES EN EL PROYECTO TK-707.....	105
FIGURA 8. TABLERO KANBAN – GESTIÓN DEL FRENTE CIVIL TK-707.....	107
FIGURA 9. VALUE STREAM MAP DEL PROYECTO TK-707.....	113
FIGURA 10. CRONOGRAMA DEL PROYECTO	130
FIGURA 11. CURVA S	134
FIGURA 12. MATRIZ DE PODER-INTERÉS.....	151
FIGURA 13. ANÁLISIS DE IMPACTO P5.....	163

Lista de Tablas

TABLA 1. CICLO DE VIDA HIBRIDO.	62
TABLA 2. FUENTES DE INFORMACIÓN UTILIZADAS.	80
TABLA 3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADOS.	84
TABLA 4. HERRAMIENTAS UTILIZADAS.	87
TABLA 5. SUPUESTOS Y RESTRICCIONES.	89
TABLA 6. ENTREGABLES.	92
TABLA 7. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA METODOLOGÍA PREDICTIVA TIPO CASCADA.	95
TABLA 8. PROCESOS DEL PROYECTO TK-707 Y OPORTUNIDADES DE APLICACIÓN ÁGIL.	97
TABLA 9. APLICACIONES ÁGILES EN EL PROYECTO TK-707.	101
TABLA 10. BACKLOG DE LA GESTIÓN TRADICIONAL.	106
TABLA 11. ANÁLISIS DE LOS INTERESADOS.	115
TABLA 12. MATRIZ DE TRAZABILIDAD.	119
TABLA 13. DIAGNÓSTICO Y ACCIONES ESTRATÉGICAS.	123
TABLA 14. ESTRUCTURA DE TRABAJO.	125
TABLA 15. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN.	127
TABLA 16. PRESUPUESTO DEL PROYECTO TK-707.	133
TABLA 17. MATRIZ DE CALIDAD.	135
TABLA 18. MATRIZ DE ROLES Y RESPONSABILIDADES.	137

TABLA 19. MATRIZ DE MÉTRICAS DE CALIDAD.....	139
TABLA 20. RECURSOS DE EQUIPO Y MATERIALES.	140
TABLA 21. MATRIZ DE GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES.....	142
TABLA 22. MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO DE LOS RIESGOS.	145
TABLA 23. ADQUISICIONES DEL PROYECTO.....	147
TABLA 24. MATRIZ DE SEGUIMIENTO Y CONTROL.	151

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos.

EDT: Estructura de desglose de trabajo.

GPM: Green Project Management (Administración de Proyecto Verde).

HSE: Health, Safety and Environment (Salud, Seguridad y Medio Ambiente).

KPI: Key Performance Indicator (Indicador clave de rendimiento).

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

P5: Personas, Planeta, Prosperidad, Proceso y Productos.

PFG: Proyecto Final de Graduación.

PMBOK: Project Management Body of Knowledge (Cuerpo de Conocimientos de Gerencia de Proyectos).

PMP: Project Management Institute (Instituto de Administración de Proyectos).

QA: Aseguramiento de la Calidad

QC:Control de Calidad

UCI: Universidad para la Cooperación Internacional.

RESUMEN EJECUTIVO

Este Proyecto Final de Graduación examinó, a partir del caso del tanque de almacenamiento de hidrocarburos TK-707 en Santa Marta, Colombia, la importancia de un marco metodológico híbrido para la gestión de proyectos de construcción; en consecuencia, se partió de antecedentes sectoriales que evidenciaron la relevancia estratégica de la infraestructura de almacenamiento para la seguridad energética y, además, se constató que la organización enfrentó entornos de alta complejidad técnica y regulatoria; por otra parte, se identificó como problemática recurrente la rigidez del enfoque predictivo tipo cascada, la limitada participación oportuna de interesados clave, la ampliación de la incertidumbre por riesgos poco desagregados, el uso de presupuestos y entregables globales que dificultaron correcciones tempranas, así como procesos constructivos inflexibles, equipos con autonomía restringida, escasa retroalimentación y burocracia organizacional; de allí que la justificación radicó en integrar la rigurosidad del enfoque tradicional con la flexibilidad de prácticas ágiles para mejorar el desempeño y, al mismo tiempo, generar un modelo replicable en proyectos similares.

El objetivo general de este proyecto fue diseñar un marco metodológico híbrido para la planificación y ejecución del TK-707 que integrará principios ágiles con lineamientos predictivos, mientras que los objetivos específicos fueron: analizar las limitaciones del enfoque predictivo vigente en el proyecto, revisar y seleccionar prácticas ágiles aplicables al contexto de obras civiles petroleras, diseñar y proponer el marco híbrido alineado con el PMBOK® Guide y el Agile Practice Guide, desarrollar artefactos y lineamientos operativos que facilitaran su adopción, y establecer un esquema de capacitación y acompañamiento para su implementación progresiva. La investigación se condujo bajo un enfoque analítico-sintético y un tipo de estudio documental y de campo con diseño mixto; en efecto, se recurrió a fuentes primarias mediante entrevistas semiestructuradas y reuniones de trabajo con actores del proyecto (jefaturas de frente,

residentes, QA/QC, HSE y compras) y a fuentes secundarias mediante revisión de literatura académica y normativa; adicionalmente, se emplearon instrumentos como guías de entrevista, listas de verificación y fichas de observación, mientras que la muestra se definió de forma no probabilística e intencional por conveniencia; asimismo, se aplicaron técnicas de análisis de contenido, triangulación de fuentes, matrices comparativas, análisis costo–beneficio, FODA, mapeo de procesos, lluvia de ideas y diagramas de influencia para sustentar el diseño del marco.

Los resultados indicaron que la incorporación de prácticas ágiles en fases críticas —como la planificación detallada, la gestión de interesados y el control de cambios— incrementó la capacidad de adaptación, mejoró la comunicación entre las partes y habilitó entregas incrementales de valor; además, se obtuvo un conjunto de artefactos (definición de iteraciones, tableros visuales, acuerdos de trabajo, criterios de aceptación y cadencias de revisión) que favoreció la visibilidad del avance y la toma de decisiones informada; de igual modo, se constató la compatibilidad del enfoque híbrido con los procesos de alcance, cronograma, costos y riesgos del estándar PMI.

En síntesis, se concluyó que el marco propuesto resultó viable y replicable en proyectos de gran envergadura del sector petrolero, pues conservó el rigor técnico del enfoque predictivo y, a la vez, introdujo mecanismos de flexibilidad y aprendizaje continuo que redujeron la exposición a la incertidumbre; asimismo, se infirió que la alineación temprana de interesados y la desagregación progresiva de riesgos constituyeron factores críticos de éxito. Finalmente, se recomendaron la adopción progresiva mediante pilotos en paquetes de trabajo priorizados, la institucionalización de rutinas de retrospectiva y lecciones aprendidas, la capacitación formal de equipos en agilidad aplicada a la construcción y, además, la definición de indicadores operativos (plazo comprometido vs. logrado, estabilidad del alcance, tasa de retrabajo y tiempo de ciclo) para monitorear la madurez del enfoque y ajustar su escalamiento organizacional.

1. Introducción

A lo largo de las últimas décadas, la gestión de proyectos en el sector de la construcción petrolera ha estado dominada por enfoques predictivos, caracterizados por una planificación exhaustiva y una reducida tolerancia al cambio (PMI, 2017). Este modelo ha ofrecido estabilidad y control en entornos de alta inversión; sin embargo, también ha evidenciado limitaciones importantes en cuanto a adaptabilidad, especialmente frente a imprevistos, modificaciones de alcance o variaciones en las condiciones del entorno. En este sentido, la construcción de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, como el TK-707 en Santa Marta, demanda un esquema de gestión que combine el rigor técnico con la capacidad de respuesta oportuna.

La evolución del sector hidrocarburos en Colombia ha estado marcada por hitos institucionales que han transformado su competitividad. Un cambio fundamental se dio en 2003 con la creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), como respuesta a la disminución de reservas de petróleo que amenazaba con convertir al país en importador de crudo. Esta reestructuración separó el doble rol de Ecopetrol, que dejó de ser regulador para concentrarse exclusivamente en la exploración, producción, transporte, refinación y comercialización de hidrocarburos, mientras la ANH asumió la administración y regulación del recurso (ANH, 2003). Con esta medida, se introdujo un nuevo esquema contractual que fortaleció la competitividad, atrajo inversión extranjera y permitió recuperar la presencia de Colombia en el mapa petrolero mundial.

En los últimos años, junto a este fortalecimiento institucional, ha emergido un creciente interés por incorporar metodologías ágiles en sectores tradicionalmente rígidos, como el

petrolero y el de la construcción. Esto se debe a que dichas metodologías, originadas en la industria del software, promueven la entrega incremental de valor, la colaboración constante con los interesados y una mayor capacidad de respuesta ante cambios (Álvarez Montaña et al., 2020). Asimismo, el Project Management Institute (2017) señala que la gestión adaptativa permite integrar procesos flexibles y colaborativos que mejoran la eficiencia en entornos de alta complejidad.

No obstante, la mayoría de los proyectos constructivos del sector aún carecen de un marco metodológico que integre de manera estructurada principios ágiles con los enfoques predictivos predominantes. Esta ausencia limita la capacidad de los equipos para anticipar y gestionar cambios de forma temprana, optimizar la comunicación entre actores y generar valor progresivamente. Como consecuencia, se incrementa la probabilidad de retrasos, sobrecostos y disminución de beneficios potenciales, especialmente cuando las acciones correctivas se identifican en etapas avanzadas del proyecto, donde su implementación resulta más costosa.

Ante este panorama, el presente Proyecto Final de Graduación propone el diseño de un marco metodológico híbrido que incorpore prácticas y principios ágiles en la planificación y ejecución de proyectos constructivos del sector petrolero, manteniendo la rigurosidad técnica y la estructura de control propia del modelo tradicional. En particular, la propuesta se enfoca en el contexto del TK-707, con el fin de mejorar la adaptabilidad, fomentar la colaboración entre los interesados y fortalecer la toma de decisiones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

La justificación de esta investigación se sustenta en el potencial de la gestión híbrida para optimizar el desempeño de proyectos de gran envergadura, incrementar la eficiencia operativa,

minimizar riesgos asociados a cambios y promover un flujo de comunicación más efectivo. De esta forma, se busca no solo atender las necesidades actuales de la industria, sino también aportar un modelo replicable en futuros proyectos del sector, contribuyendo al fortalecimiento de la gestión de proyectos en la industria petrolera colombiana.

1.1 Antecedentes

En las últimas dos décadas, el sector de hidrocarburos en Colombia ha atravesado transformaciones significativas que han repercutido directamente en la forma en que se conciben, planifican y ejecutan los proyectos de infraestructura. La creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en 2003 marcó un punto de inflexión en la gestión del recurso, pues permitió separar el rol regulador del Estado de las funciones operativas de Ecopetrol, lo que atrajo inversión extranjera y fortaleció la capacidad del país para garantizar su seguridad energética (ANH, 2003). A partir de este cambio institucional, la construcción de tanques de almacenamiento se consolidó como un eje estratégico para soportar el crecimiento de la producción y el transporte de hidrocarburos. En este escenario se inscribe el tanque TK-707 en Santa Marta, cuyo desarrollo refleja tanto la relevancia de este tipo de obras como los desafíos que enfrenta la industria.

Ahora bien, aunque la infraestructura ha evolucionado en términos de capacidad instalada y cobertura, la gestión de proyectos en este sector ha estado fuertemente influenciada por enfoques predictivos o de tipo cascada, caracterizados por una planificación exhaustiva al inicio y un margen de maniobra muy reducido frente a cambios posteriores (PMI, 2017). Este modelo ha proporcionado estabilidad en entornos de alta inversión, pero también ha mostrado

limitaciones evidentes en proyectos complejos. Por ejemplo, ante modificaciones de alcance o variaciones en las condiciones del entorno, los equipos suelen encontrar dificultades para reaccionar con agilidad, lo que se traduce en retrasos, sobrecostos y menor aprovechamiento de oportunidades (Álvarez Montaña et al., 2020).

En efecto, uno de los problemas más recurrentes en proyectos constructivos de gran envergadura radica en la escasa participación temprana de los interesados y en la ausencia de mecanismos de retroalimentación continua. Bajo esquemas tradicionales, las decisiones en su mayoría se centralizan en jerarquías superiores, pues los equipos de obra carecen de autonomía para introducir ajustes oportunos. A esto se suman procesos contractuales rígidos, presupuestos cerrados y entregables globales, factores que dificultan la identificación temprana de desviaciones y, en consecuencia, incrementan el riesgo de fallas en la ejecución (García, 2017).

Frente a este panorama, diversas industrias han explorado alternativas metodológicas que permitan superar las limitaciones del modelo predictivo. El surgimiento y consolidación de prácticas ágiles, originadas en el sector del software, abrió la posibilidad de trasladar sus principios a otros contextos productivos. Estas prácticas enfatizan la entrega incremental de valor, la colaboración constante con los interesados y la capacidad de respuesta ante cambios (PMI, 2021). En la construcción, han emergido enfoques como Lean Construction, que busca minimizar desperdicios y optimizar procesos; Scrum, que se centra en ciclos iterativos de planeación y revisión; y Kanban, que introduce tableros visuales para controlar el flujo de trabajo (Ozkan et al., 2022). Aunque su aplicación en proyectos petroleros aún es incipiente, la literatura

reciente reconoce que estos marcos pueden adaptarse a obras de infraestructura complejas si se integran de manera gradual y contextualizada (Patiño, Pinzón & Tirado, 2025).

De hecho, investigaciones internacionales han mostrado que la gestión híbrida entendida como la combinación del rigor técnico del enfoque tradicional con la flexibilidad de las prácticas ágiles incrementa la capacidad de adaptación de los equipos, mejora la comunicación entre las partes y permite generar entregables de valor en etapas intermedias (Brown, 2020; Mohammed & Chambrelin, 2020). En el ámbito petrolero, donde las inversiones son altas y la tolerancia al riesgo es baja, este tipo de aproximaciones permiten encontrar un balance entre control y flexibilidad. Así, la incorporación de reuniones frecuentes, la priorización dinámica del trabajo y la definición de artefactos como criterios de aceptación o tableros de seguimiento visual contribuyen a reducir la incertidumbre y a fortalecer la toma de decisiones (Álvarez Montaña et al., 2020).

En Colombia, sin embargo, la implementación de estas metodologías ha sido limitada y, en la mayoría de los casos, se ha restringido a fases muy específicas de los proyectos. Los intentos previos de introducir prácticas ágiles en la construcción petrolera han enfrentado obstáculos culturales y organizacionales, como la resistencia al cambio, la falta de capacitación de los equipos y la percepción de que estos métodos son incompatibles con la rigidez contractual propia del sector (Paredes & Páez, 2024). Aun así, experiencias recientes muestran que es posible introducir elementos ágiles en etapas críticas como la planificación detallada y el control de cambios, siempre que se mantenga la estructura formal de gestión requerida por los estándares internacionales (PMI, 2021).

En consecuencia, los antecedentes permiten identificar una oportunidad clara: diseñar un marco metodológico híbrido que conserve los mecanismos de control del enfoque predictivo y, al mismo tiempo, incorpore prácticas ágiles que incrementen la flexibilidad y la colaboración. En particular, la aplicación al proyecto TK-707 busca no solo mejorar el desempeño de una obra específica, sino también ofrecer un modelo replicable para futuros desarrollos en el sector petrolero colombiano, contribuyendo de esta forma al fortalecimiento de la gestión de proyectos en el país.

1.2 Problemática

En la actualidad, la organización lleva a cabo proyectos de construcción de infraestructura petrolera bajo un enfoque predictivo tipo cascada, con una planificación que suele concentrarse en las fases iniciales, con mecanismos rígidos de control de cambios y decisiones que tienden a centralizarse.

Aunque este enfoque ofrece trazabilidad y un control, además de un cumplimiento normativo, al mismo tiempo limita la adaptabilidad y la respuesta oportuna frente a imprevistos técnicos, variaciones regulatorias o ajustes de alcance, especialmente en obras complejas como el tanque de almacenamiento TK-707 en Santa Marta. Donde las causas de esta situación incluyen una gestión de riesgos poco iterativa, una participación tardía de los interesados y una cultura organizacional resistente a la adopción de prácticas ágiles o híbridas.

Ahora bien, el origen de estos problemas se encuentra en la definición de alcance que, si bien es exhaustiva, se articula en entregables y presupuestos globales. Como consecuencia de lo anterior, los proyectos presentan dificultades para detectar desviaciones tempranas que permitan

gestionar cuellos de botella, dependencias o restricciones de forma oportuna y responder de manera flexible a los cambios para optimizar el uso de recursos en campo. Ello se traduce en reprocesos, retrasos acumulados, sobrecostos y pérdida de visibilidad del flujo de trabajo, ya que cuanto más tarde se identifica un desvío, más caro y disruptivo resulta corregirlo.

La falta de mecanismos de retroalimentación continua, impiden el aprendizaje organizacional, lo que provoca la repetición de errores, especialmente en disciplinas que interactúan estrechamente. La visibilidad limitada del flujo de trabajo impide priorizar con base en restricciones reales de campo (permisos, accesos, interferencias, aprovisionamiento), de modo que el liderazgo no siempre cuenta con un tablero de situación que refleje bloqueos y dependencias en tiempo casi real. Por otro lado, la ausencia de carencias formales de retrospectiva reduce la captura y transferencia de lecciones aprendidas; como resultado, los mismos problemas reaparecen en tramos sucesivos o en proyectos similares, lo que ralentiza la maduración organizacional (PMI, 2021; Álvarez Montaña et al., 2020).

Por otra parte, la gestión de interesados ocurre con una participación tardía de actores críticos y con flujos de comunicación predominantemente verticales. Debido a ello, los frentes de obra reciben lineamientos que no siempre incorporan la retroalimentación del sitio en tiempo real, mientras que los cambios contractuales o de ingeniería se formalizan con demoras que inmovilizan recursos o generan tiempos muertos. Así, se acumulan decisiones pendientes en momentos de alta sensibilidad del cronograma, ejerciendo presión en la ejecución y elevando el riesgo operativo.

Adicionalmente, la gestión de riesgos muestra una desagregación insuficiente para un entorno con alta variabilidad. Aunque se identifican riesgos principales, no siempre se desarrollan planes de respuesta de manera iterativa ni se revisan con la cadencia que requieren las condiciones del terreno, la cadena de suministro o los permisos. Por ende, las matrices de riesgos no capturan con suficiente anticipación los cambios y cuando lo hacen la respuesta llega tarde al frente de obra. La literatura advierte que los proyectos petroleros y de construcción suelen experimentar órdenes de cambio y variaciones de diseño que, si no se gestionan con ciclos cortos de revisión, se convierten en causas primarias de retrasos acumulados (Mohammed & Chambrelin, 2020; PMI, 2021).

En términos prácticos, cada ajuste de ingeniería, de secuencia o de condiciones de seguridad debe escalar por cadenas de aprobación prolongadas. Por lo tanto, las cuadrillas detienen actividades, reprograman o reordenan tareas fuera de secuencia, con impacto directo en la productividad del sitio. De hecho, estudios recientes sobre adopción de agilidad en oil & gas subrayan que la comunicación continua, los ciclos cortos de planificación y la clarificación temprana de prioridades disminuyen la fricción del cambio y reducen tiempos de espera entre disciplinas (Alyatama, 2021; Álvarez Montaña et al., 2020).

En paralelo, la cultura organizacional y el marco de gobernanza refuerzan la inercia del modelo tradicional, el cual muestra resistencia al cambio metodológico, situación que dificulta la adopción de prácticas nuevas y ágiles que estén alineadas con los estándares del PMI. A esto se suma la baja disponibilidad de actores clave y el acceso restringido a cierta información que

permita la capacitación del personal, condiciones que, en la práctica, ralentizan los ciclos de aprendizaje, de mejora y de adaptación al contexto.

Estas limitaciones afectan directamente la eficiencia operativa, la confiabilidad de los cronogramas y el control de costos, incrementando el riesgo técnico y financiero. La problemática evidencia una brecha metodológica entre los estándares formales de gestión y la necesidad práctica de agilidad, integración y aprendizaje continuo en contextos de alta complejidad técnica y regulatoria. La organización dispone de estándares y procedimientos robustos para asegurar cumplimiento técnico y contractual, pero carece de una arquitectura de trabajo que permita adaptar, priorizar y decidir con rapidez en ciclos cortos. Mientras esta brecha persista, seguirán expuestos a retrasos, sobrecostos y pérdida de valor incremental, particularmente en contextos de alta complejidad y cambio.

1.3 Justificación del proyecto

El desarrollo de proyectos en el sector petrolero colombiano ha mostrado durante años una fuerte dependencia de enfoques tradicionales de gestión, lo cual ha garantizado cierto nivel de control, pero al mismo tiempo ha revelado limitaciones significativas frente a la necesidad de adaptabilidad, innovación y eficiencia.

En este contexto, resulta pertinente proponer un modelo de gestión más adaptable, basado en la integración de enfoques predictivos y ágiles conforme a las buenas prácticas del Project Management Institute (PMI), sin desconocer no obstante la normatividad y los estándares internacionales de gestión de proyectos.

Este modelo pretende abordar la brecha metodológica identificada y fortalecer la capacidad de la organización para planificar, monitorear y responder de manera oportuna y flexible a los cambios en el entorno, maximizando así el valor entregado a los interesados y asegurando la sostenibilidad del proyecto en todas sus dimensiones.

Si bien existen abundantes estudios sobre metodologías ágiles en software y en industrias de manufactura, su adaptación al sector oil & gas sigue siendo incipiente (Mohammed & Chambrelin, 2020). En consecuencia, este trabajo busca cerrar una brecha en la literatura y ofrecer evidencia práctica sobre la implementación de marcos híbridos en la industria oil & gas. Este aporte amplía la comprensión sobre cómo los principios ágiles, la gestión activa de interesados y los ciclos cortos de revisión pueden integrarse sin comprometer los controles contractuales ni los requerimientos regulatorios del sector.

De igual manera, la justificación se apoya en la relevancia estratégica de los proyectos de tanques de almacenamiento. Estos no solo garantizan la continuidad operacional de Ecopetrol y de sus contratistas, sino que además representan una pieza clave de la seguridad energética del país. En este sentido, cualquier mejora en la gestión de este tipo de obras tiene un impacto directo no solo en los resultados económicos de la empresa, sino también en el desarrollo sostenible y en la competitividad nacional.

La necesidad práctica de mejorar la gestión de proyectos de infraestructura en la industria petrolera y la pertinencia académica de adaptar marcos híbridos al contexto colombiano no solo responde a un problema diagnosticado, sino que también ofrece una contribución con impacto

real en el desempeño de proyectos futuros, en la competitividad del sector y en el desarrollo sostenible del país.

El seguimiento de buenas prácticas de gestión de proyectos acorde al PMI, permite mejorar la madurez organizacional y el uso eficiente y adecuado de los recursos del proyecto, además del cumplimiento de los objetivos estratégicos de eficiencia, innovación y sostenibilidad, así como un manejo adecuado de riesgos, logrando una entrega ordenada, en tiempo y forma en coherencia con los principios y estándares del PMI.

1.4 Objetivo general

Desarrollar un marco metodológico que permita la aplicación de los principios Ágiles en la planificación y ejecución del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707, con el fin de mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la eficiencia en su gestión.

1.5 Objetivos específicos

1. Identificar las fases o procesos específicos del proyecto TK-707 en los que los principios ágiles pueden implementarse de manera efectiva para mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la toma de decisiones.
2. Analizar los principios y prácticas clave de la gestión ágil de proyectos, con el fin de identificar aquellos que pueden ser adaptados al contexto del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707.
3. Examinar la estructura y características de la gestión tradicional aplicada en obras civiles como el TK-707, para detectar sus limitaciones y oportunidades de integración con metodologías ágiles.

4. Diseñar un marco metodológico híbrido que integre elementos ágiles en la planificación y ejecución del proyecto TK-707, asegurando su compatibilidad con las prácticas tradicionales del sector.

2. Marco teórico

En este proyecto final de grado se definieron los elementos clave de la administración de proyectos, así como sus principales características y modelos de gestión aplicables al contexto constructivos. Se revisaron los enfoques tradicionales y predictivos utilizados en los métodos constructivos, identificando sus limitaciones frente a los desafíos actuales de flexibilidad, comunicación y adaptación.

Se estudiaron los principios fundamentales de la gestión ágil, destacando su énfasis en la entrega incrementada de valor, la colaboración entre los actores del proyecto y la capacidad de respuesta ante el cambio. El marco metodológico propuesto se basa en los lineamientos del Project Management Institute (PMI), especialmente en el PMBOK guide y el Agile Practice Guide, los cuales ofrecen herramientas útiles para integrar prácticas ágiles en entornos tradicionales. Esta integración permite construir modelos de gestión más eficientes, aplicables a proyectos de infraestructura como el tanque de almacenamiento TK-707.

1.1 Marco institucional

2.1.1 Antecedentes de la institución

Con más de seis décadas de historia, una compañía colombiana ha logrado consolidarse como una de las pioneras en la ejecución de proyectos de ingeniería complejos, tanto dentro como fuera del país. Sus orígenes se remontan a 1960, cuando inició operaciones realizando

servicios de mantenimiento a calderas industriales para el sector textil. Lo que inició como una operación enfocada en tareas mecánicas, eléctricas e instrumentación, pronto evolucionó hacia retos de mayor alcance y complejidad.

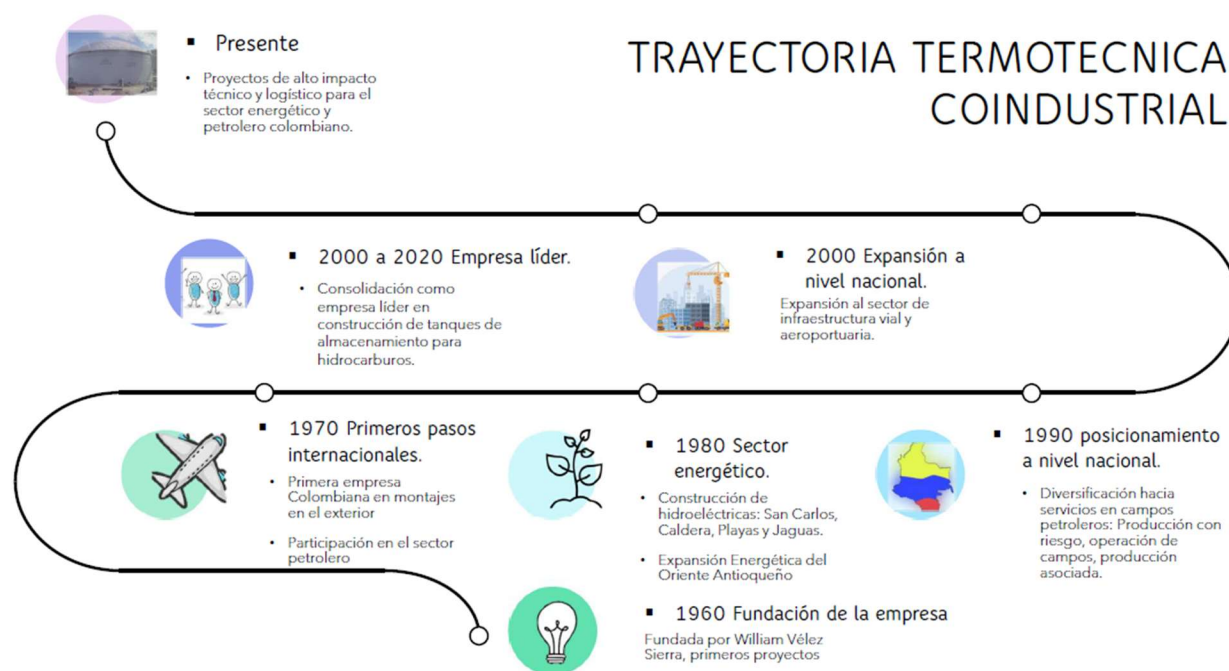
Durante la década de los setenta, la organización dio un paso significativo al convertirse en la primera empresa nacional en liderar montajes en el extranjero, específicamente en el proyecto hidroeléctrico Pisayambo en Ecuador. Esta etapa marcó el inicio de su presencia internacional y también de su incursión en el sector petrolero, a través de obras estratégicas como la construcción de la unidad de balance de la refinería de Cartagena. En los años ochenta, su protagonismo se consolidó con la participación en el plan de expansión energética del Oriente Antioqueño, ejecutando hidroeléctricas emblemáticas como San Carlos, Caldera, Playas y Jaguas. Paralelamente, asumió responsabilidades en el mantenimiento de líneas de conducción de hidrocarburos a nivel nacional, ampliando así sus operaciones dentro del sector energético.

Ya en los noventa, diversifica sus servicios hacia la operación de campos petroleros, producción con riesgos y modelos de producción asociada. A partir del año 2000, esta evolución natural la llevó a extender sus capacidades hacia el desarrollo de infraestructura vial y aeroportuaria, siendo parte de importantes concesiones y proyectos estratégicos para el país.

En el ámbito de la infraestructura para el sector hidrocarburos, la empresa ha fortalecido su experiencia en la construcción de tanques de almacenamiento de diferentes capacidades nominales, desde los 10.000 barriles hasta los 600.000 barriles, convirtiéndose en una de las compañías líderes en esta especialidad. Esta posición se ha visto respaldada por su relación de largo plazo con Ecopetrol, así como otras compañías nacionales del sector. El desarrollo del

tanque TK 707 en Santa Marta es un reflejo de esa experiencia acumulada y del compromiso con la excelencia en la ingeniería de obras para el país.

Figura 1.
Trayectoria Empresarial



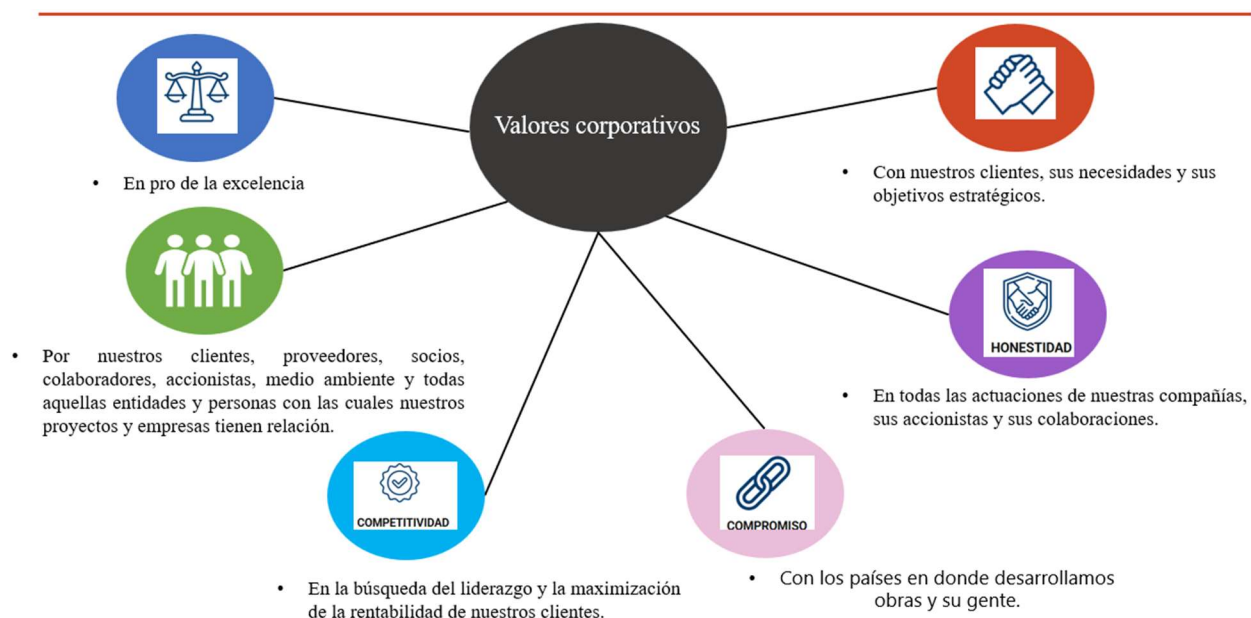
Nota: Trayectoria empresarial de Termotecnica Coindustrial. Tomado de: Autoría Propia

2.1.2 Misión y visión

Misión: “Somos el aliado estratégico de nuestros clientes en el desarrollo de proyectos, cumpliendo los más altos estándares de calidad, seguridad, cuidado del ambiente; manteniendo nuestra cultura de ética y transparencia alineados con los estándares organizacionales del Grupo Ethuss.” (Termotecnica, 2025).

Visión: “Para el año 2025 ser la empresa líder en ejecución de proyectos en Colombia y fortalecer nuestra participación en Latinoamérica y el Caribe en la ejecución de proyectos en los sectores de infraestructura, oil y gas, energía, industria y servicios públicos. (Termotecnica, 2025).

Figura 2.
Valores corporativos



Nota: Termotecnica Coindustrial. Tomado de: Autoría Propia

2.1.3 Estructura organizativa

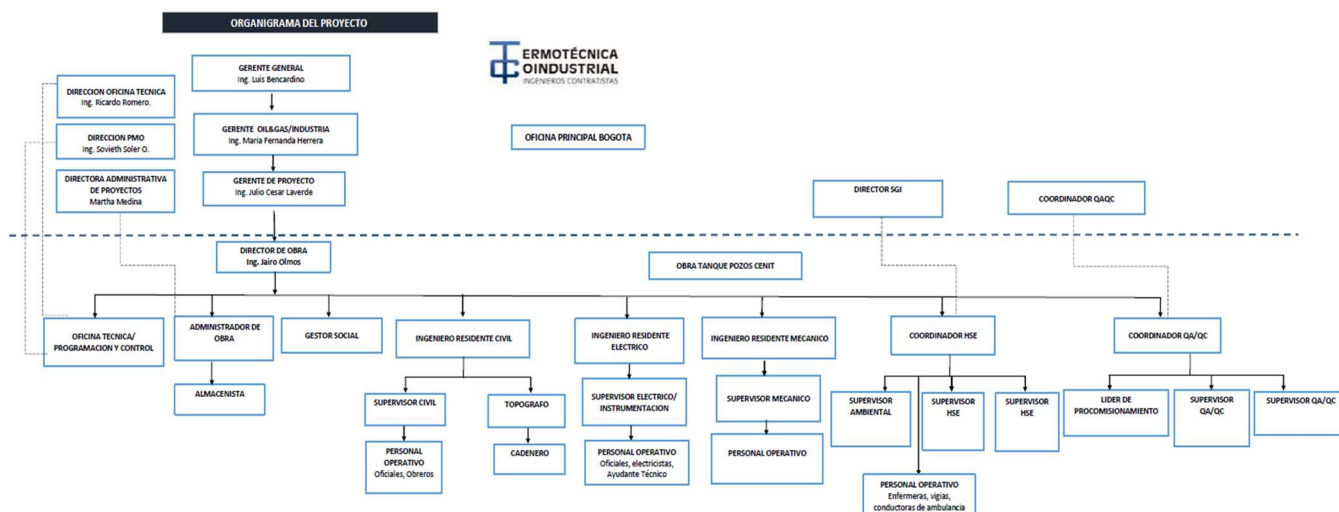
La estructura organizativa del proyecto TK-707 desarrollado por Termotécnica responde a un modelo funcional adaptado al entorno local del proyecto en Santa Marta, Colombia. Aunque la empresa opera con una estructura matricial a nivel corporativo, para este contrato específico se

implementa una organización enfocada en funciones claves dentro del sitio de obra, con dependencia directa de la gerencia de proyecto y soporte coordinado desde las oficinas centrales.

La estructura funcional se organiza en torno a cinco áreas principales: dirección del proyecto, supervisión técnica, control de calidad, seguridad industrial y medio ambiente (HSE), y logística-administración. Esta distribución permite mantener una comunicación efectiva, una gestión de recursos eficiente y una supervisión directa de las actividades críticas del proyecto.

Cada área funcional cuenta con un responsable asignado que reporta directamente al Project Manager, quien a su vez mantiene comunicación constante con la dirección de operaciones de Termotécnica y con los representantes del cliente (Cenit – Ecopetrol). Esta estructura local busca responder de manera ágil a los desafíos del entorno constructivo, garantizando el cumplimiento de los objetivos técnicos, contractuales y de seguridad del tanque TK-707.

Figura 3.
Estructura Organizativa Corporativa



Nota: Termotecnica Coindustrial. Tomado de: Autoría Propia.

2.1.4 Productos y servicios que ofrece

Termotecnica Coindustrial ofrece los siguientes productos y servicios

(Termotecnica,2025)

- Proyectos constructivos.
- Mantenimiento y operación de facilidades de producción, terminales de almacenamiento y estaciones de bombeo.
- Mantenimiento de oleoductos, poliductos y gasoductos, la estabilización de terrenos afectados.
- Montaje de tanques de almacenamiento (desde 10.000 hasta 325.000 BLS).
- Construcción de plantas petroquímicas.
- Construcción y mantenimiento de Hidroeléctricas y termoeléctricas.
- Construcción de subestaciones en todos los niveles de tensión existente en la red nacional, desde 13.8 hasta 500 Kv.
- Fabricación y el montaje de estructuras y equipos relacionados con el transporte, trituración, almacenamiento, cargue y descargue de productos para la industria minera.
- Mantenimiento y construcción de tramos, puentes, variantes, intersecciones, troncales y dobles calzadas.
- Construcción de plantas de tratamiento de aguas, redes de recolección de aguas negras, redes de distribución de agua potable.

2.2 Teoría de Administración de Proyectos

La teoría de Administración de Proyectos es un componente fundamental en el desarrollo del PFG. Esta teoría sirve para guiar la forma de ejecutar los proyectos según el PMI ayudando a

tomar mejores decisiones para llevar a cabo un proyecto con éxito. En el presente capítulo se abordan con profundidad y se detallan las definiciones, conceptos básicos y principios que rigen la dirección de proyectos.

De igual forma, se exploran los tipos de ciclos de vida, los grupos de procesos de la administración de proyectos, la estrategia empresarial, los portafolios, entre otros. Todos estos elementos permiten lograr una mayor eficacia y optimización en la ejecución de proyectos, promoviendo una gestión y administración orientada a los resultados y sustentada en las buenas prácticas profesionales.

2.2.1 Principios de la dirección de proyectos

De acuerdo con el Project Management Institute, a través de la Guía del PMBOK 7ma edición, se describen los 12 principios de la dirección de proyectos.

Los cuales como menciona la guía “Son de base amplia, por lo que hay muchas maneras en que las personas y las organizaciones pueden mantener la alineación con los principios” (PMI, 2021, p. 21). Los principios son directrices y parámetros universales, que orientan en todo momento las acciones y pasos a seguir de la gestión de proyectos de una forma ética y efectiva. Estos principios funcionan como pilares fundamentales para la estrategia, toma de decisiones y resolución de problemas, y a su vez se consideran como reglas y leyes para algunos profesionales, ya que son una guía para orientar el comportamiento de los directores, grupos de trabajo y demás personas involucradas en los proyectos, aun cuando el desarrollo de cada uno de los principios se enfoca según el contexto de la organización y su interés principal.

1. Ser un administrador diligente, respetuoso y cuidadoso.

De acuerdo con la Guía del PMBOK: “La administración requiere liderazgo con transparencia y confiabilidad. Los proyectos afectan la vida de las personas que los entregan, así como la de aquellos que se ven afectados por los entregables y resultados del proyecto” (PMI 2021, p. 27).

La administración del proyecto requiere compromiso, los cuales deben darse por medio de comportamientos basados en la integridad, confiabilidad y cumplimiento de todas las normas internas y externas solicitadas a la hora de administrar. Logrando demostrar el compromiso que tienen en los impactos financieros, sociales y ambientales que se derivan de los proyectos que mantienen la organización.

La administración debe mantener siempre una visión de alto nivel, de acuerdo a todos los ámbitos de interés de la organización que lo promueve y de la sociedad en la que se encuentra, promoviendo un uso responsable de los recursos de los interesados y de la sociedad.

En la actualidad la toma de decisiones en los proyectos ocasiona improvisación y el uso de poca metodología, por lo cual es necesario mantener un conjunto de indicadores y procesos aplicables a todos los proyectos.

2. Crear un entorno colaborativo del equipo del proyecto.

Según el PMI (2021) “Los equipos de proyecto están conformados por personas que poseen diversas habilidades, conocimientos y experiencia. Los equipos de proyecto que trabajan en colaboración pueden lograr un objetivo compartido de manera más efectiva y eficiente que las personas que trabajan por su cuenta” (p. 28). Contribuir a crear ambientes de desarrollo es

fundamental para que el equipo del proyecto se desenvuelva y desarrolle habilidades de colaboración, empatía, respeto y trabajo en equipo.

Este principio se refiere a la creación de un entorno inclusivo y colaborativo de todas las personas que se incorporan al proyecto y que colaboran al mismo, a través de experiencia, habilidades y conocimientos que aportan para cumplir los objetivos de manera eficiente. Como lo indica el PMI “Un entorno colaborativo de equipo del proyecto fomenta el libre intercambio de información y el conocimiento individual” (PMI, 2021, p. 30).

De igual forma, crear y mantener acuerdos en los equipos, definir los roles y responsabilidades de cada uno de los integrantes, además del uso de herramientas para alcanzar un objetivo en común son ejemplos de cómo se puede crear un entorno colaborativo del equipo de trabajo.

El marco de trabajo que se ha propuesto en este trabajo busca la conformación de equipos de trabajo colaborativos de alto rendimiento, en donde todos los miembros que conforman el proyecto, tanto internos, como externos participen activamente, buscando no solo el mejor resultado para el proyecto sino la generación de condiciones que promuevan el bienestar de todos los miembros.

3. Involucrarse eficazmente con los interesados.

Para el PMI (2021), “involucrarse con los interesados de manera proactiva y en la justa medida es necesario ya que contribuye al éxito del proyecto y a la satisfacción del cliente” (p. 31). La forma en la que el administrador se relaciona con el cliente es fundamental para crear empatía y contribuir a que los objetivos sean alcanzados en tiempo, costo, alcance y calidad.

Tal como lo menciona el PMI “Los interesados pueden ser personas, grupos u organizaciones que pueden afectar, verse afectados o percibirse a sí mismos como afectados por una decisión, actividad o resultado de un portafolio, programa o proyecto” (PMI, 2021, p.31).

Es decir, entender y comprender que los actores son determinantes en el desempeño del proyecto, así como identificarlos e interactuar con ellos es la manera más oportuna y productiva de garantizar y maximizar la entrega de valor, así como satisfacer las necesidades y requerimientos de los interesados.

Los interesados pueden tener una influencia muy alta en un proyecto, son participantes determinantes que pueden definir el éxito o no del proyecto, por ende, su involucramiento debe llevarse de una forma clara y eficaz.

4. Enfocarse en el valor.

El PMI (2021) señala que “el valor es la cualidad, importancia o utilidad de algo” (p. 35). Para maximizarlo, es necesario evaluarlo de manera constante durante toda la gestión del proyecto, sin importar si fue definido en términos cualitativos o cuantitativos. El equipo de proyecto debe mantenerse atento y centrado en el valor, evitando esfuerzos o tareas que no lo aporten y que puedan desviar o desperdiciar recursos.

De igual manera, el PMI destaca que “el valor, incluidos los resultados desde la perspectiva del cliente o del usuario final, constituye el indicador definitivo del éxito y el motor que impulsa los proyectos” (PMI, 2021, p. 34).

Por ello, el equipo debe comprender que la finalidad de los proyectos, programas o portafolios estratégicos es generar valor para la organización que los ejecuta. Por lo que, al

momento de decidir sobre cambios, priorizaciones o asignación de recursos, es fundamental mantener este enfoque para asegurar que se produzca el mayor valor posible.

5. Reconocer, evaluar y responder a las interacciones del sistema.

La gestión de proyectos es, por esencia, una actividad dinámica que coordina simultáneamente distintos “dominios de actividad interdependientes e interactivos” (PMI, 2021, p. 37). Por ello, no se pueden ignorar los cambios constantes que surgen en los componentes del proyecto; al contrario, se deben anticipar de manera proactiva y actuar para reducir los impactos negativos y aprovechar cualquier valor adicional que se pueda generar. Esta investigación parte del reconocimiento de que la etapa del proceso de diseño analizada es especialmente dinámica y exige decisiones frecuentes derivadas de nuevas variables introducidas por los diferentes interesados tanto internos como externos a la organización.

Según el PMI, las interacciones del sistema son “circunstancias dinámicas dentro y alrededor del proyecto que identifican, evalúan y responden de manera integral para influir positivamente en su desempeño” (PMI, 2021, p.37). Reconocer con agilidad todos los sistemas que intervienen dentro y fuera de la organización permite optimizar procesos y anticipar o mitigar riesgos que puedan afectar los proyectos.

En este sentido, un proyecto funciona como un sistema compuesto por múltiples mecanismos que operan conjuntamente para alcanzar un propósito común. En el caso de este proyecto, existen numerosas interacciones entre áreas que impactan directamente en los entregables, por lo que comprender dichas conexiones y definir respuestas adecuadas se vuelve fundamental.

6. Demostrar comportamientos de liderazgo.

El PMI (2021) señala que: “El liderazgo comprende la actitud, el talento, el carácter y los comportamientos para influir en las personas dentro y fuera del equipo del proyecto con miras a los resultados deseados” (p. 40). El liderazgo real, permite que el equipo de trabajo contribuya efectivamente a alcanzar los objetivos definidos al iniciar el proyecto.

Ejercer liderazgo es fundamental para aprovechar las habilidades individuales de cada integrante y fomentar el trabajo en equipo hacia un objetivo común. Liderar con ética, transparencia y mediante el ejemplo resulta indispensable para transmitir estos principios y valores al equipo de trabajo. El liderazgo, además, es clave para generar sinergias que permitan producir el valor esperado.

Asimismo, el PMI (2021) indica que “demostrar liderazgo implica adaptar la propia conducta para apoyar las necesidades individuales y del equipo” (p. 40). Un director de proyecto con la formación adecuada debe mostrar liderazgo efectivo e inculcar principios ágiles a través de sus acciones cotidianas con el equipo de trabajo, pues esto influye positivamente en el desempeño del equipo y en el cumplimiento de los resultados previstos.

7. Adaptar en función del contexto.

El PMI define este principio como “Diseñar el enfoque de desarrollo del proyecto basado en el contexto del proyecto, sus objetivos, los interesados, la gobernanza y el entorno utilizando un proceso “apenas suficiente” para lograr el resultado deseado mientras se maximiza el valor” (PMI, 2021, p. 44).

En la práctica, cada proyecto es singular, por lo que su gestión debe adecuarse a las condiciones específicas y contexto que lo rodean. La adaptación es un proceso iterativo y continuo a lo largo del ciclo de vida del proyecto; mediante la retroalimentación y el análisis de indicadores se ajustan progresivamente los elementos y procesos propios del proyecto.

Lo que hace único a cada proyecto es la cantidad de circunstancias que pueden afectarlo, cada proyecto es un universo en sí mismo. Si bien en este caso se tiene claridad sobre el producto final, lo que sugiere un enfoque predictivo, la naturaleza del proyecto evidencia que un enfoque híbrido es el más conveniente. Esto permitiría contar con la flexibilidad necesaria para realizar entregas constantes de valor y optimizar las fases de inicio y planificación.

8. Incorporar la calidad en los procesos y los entregables.

Como lo menciona el PMI (2021) “La calidad incluye la capacidad de satisfacer las necesidades declaradas o implícitas del cliente” (p. 47). Este principio ayuda a mantener un enfoque en la calidad del proyecto, para lograr definir los requisitos, las expectativas y los criterios de aceptación base con que se evalúa su desempeño. Es relevante que todos los procesos de calidad requeridos se cumplan para que todos los entregables obtengan retroalimentación positiva de los usuarios finales, entre ellos el cliente.

Incorporar procesos de mejora continua por parte del equipo del proyecto también ayuda a incrementar la calidad y la eficiencia en el uso de los recursos, buscando mejores prácticas a aplicarse en el proyecto.

La gestión de la calidad es fundamental para la identificación temprana y corrección de cualquier deficiencia dentro de cualquier proceso o entregable del proyecto. Siempre bajo la

premisa de satisfacción del cliente y sus necesidades, manteniendo estándares de calidad altos que garanticen entregables acordes a las expectativas de los clientes.

9. Navegar en la complejidad.

Evaluar la complejidad del proyecto de forma continua, ayuda a que los planes del equipo estén actualizados ante las interacciones del sistema. Tal y como lo menciona el PMI “La complejidad es una característica de un proyecto o de su entorno que es difícil de gestionar debido al comportamiento humano, el comportamiento del sistema y la ambigüedad” (PMI, 2021, pág 50).

La complejidad de un proyecto se deriva de una serie de interacciones entre riesgos, dependencias de tareas, entorno del proyecto, relaciones o eventos. Es importante que el equipo de proyecto aprenda a identificar las fuentes de complejidad y pueda generar planes de acción o modificar sus actividades para abordar los impactos y su manejo.

La adaptabilidad y la flexibilidad son fundamentales para abordar la complejidad de los proyectos. Siempre existirán riesgos, amenazas y cambios que puedan desencadenar problemas en el proyecto, pero si la administración del proyecto cuenta con las herramientas necesarias para gestionar la complejidad, podrá convertir las amenazas en oportunidades para no afectar el tiempo, el costo ni el alcance del proyecto, asegurando así la calidad.

10. Optimizar las respuestas a los riesgos.

Este principio alerta sobre eventos o condiciones que pueden tener un impacto positivo o negativo sobre el proyecto. Permitiendo identificar, evaluar y responder de manera apropiada a

los riesgos. El mantener durante el ciclo de vida del proyecto la actualización de riesgos, ayuda a tener una visión del tipo de impacto para lograr prevenir, mitigar o aceptarlo.

El PMI detalla que optimizar las respuestas a los riesgos es: “evaluar continuamente la exposición al riesgo, tanto de oportunidades como de amenazas, con el fin de maximizar los impactos positivos y minimizar los impactos negativos para el proyecto y sus resultados” (PMI, 2021, p. 53).

Es importante realizar una evaluación continua de la exposición a diversos riesgos que puedan afectar el proyecto o la organización, por lo que es fundamental contar con un plan de gestión de riesgos donde se visualicen, se definan y se calculen su impacto y su respuesta por si se llegaran a materializar, siempre buscando tener la mínima afectación posible al proyecto.

11. Adoptar la adaptabilidad y la resiliencia.

El PMI señala que este principio es: “construir adaptabilidad y resiliencia en los enfoques de la organización y del equipo del proyecto para ayudar al mismo a acomodar el cambio, recuperarse de reveses y avanzar en el trabajo del proyecto” (PMI, 2021, p. 55).

Esto se relaciona con la capacidad del equipo de proyecto para adaptarse a entornos cambiantes, abordando la incertidumbre y respondiendo de manera proactiva a los desafíos, para que los interesados puedan discutir el grado más conveniente de previsión que pueda incorporarse en el proyecto.

En un proyecto se puede tener un entorno cambiante, esto se vuelve aún más real cuando el proyecto se encuentra en un entorno mayor y más complejo donde las prioridades se centran en la generación de valor de la organización y la capacidad de responder a dicho cambio se

refiere a la adaptabilidad. Por otro lado, se tiene también la resiliencia, que se refiere a la capacidad de absorber el impacto o bien la capacidad de recuperarse de un fracaso. Rara vez un proyecto sale tal como se tenía planificado, ya que siempre existen variaciones en algún ámbito, por lo que estos principios son fundamentales incorpóralos en el desarrollo de proyectos para así poder dar una respuesta eficiente y oportuna a los interesados.

12. Permitir el cambio para lograr el estado futuro previsto.

Para el PMI este principio trata de “preparar a los afectados para la adopción y el mantenimiento de comportamientos y procesos nuevos y diferentes, requeridos para la transición del estado actual al estado futuro previsto creado por los resultados del proyecto” (PMI, 2021, p. 58).

Los cambios no son simples o sencillos y se deben afrontar despacio y de ser posible involucrar a las partes interesadas para que puedan retroalimentar al equipo. Es importante conocer cómo realizar un manejo efectivo del cambio para poder aplicarlo a pesar de la usual resistencia que se pueda originar en las organizaciones.

Reconocer las necesidades de los interesados y abordarlas a lo largo del ciclo de vida de los proyectos eleva la probabilidad de que el cambio a realizar sea exitoso, por lo que es bueno siempre generar un proceso de absorción a los cambios donde se puedan ir preparando para transitar del escenario actual a aquel que se planea llegar y hacer entender que todo cambio en positivo y negativo siempre responde a una necesidad.

Figura 4.
Principios de la Dirección de Proyectos

PRINCIPIOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS			
● Ser una administrador diligente, respetuoso y cuidadoso.	● Crear un entorno colaborativo del equipo del proyecto.	● Involucrarse eficazmente con los interesados.	● Enfocarse en el valor.
● Reconocer, evaluar y responder a las interacciones del sistema.	● Demostrar comportamientos de liderazgo.	● Adoptar en función del contexto.	● Incorporar la calidad en los procesos y los entregables.
● Navegar en la complejidad.	● Optimizar las respuestas a los riesgos.	● Adoptar la adaptabilidad y resiliencia.	● Permitir el cambio para lograr el estado futuro.

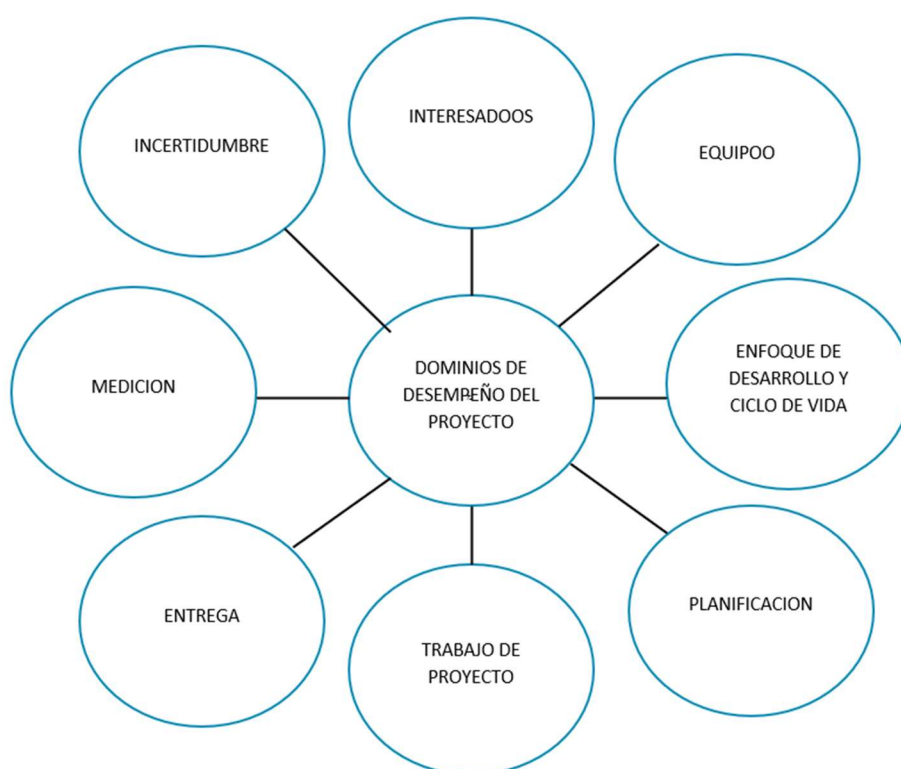
Nota: Principios de la dirección de proyectos del PMBOK 7ma edición. Tomado de: Autoría Propia

2.2.2 Dominios de desempeño del proyecto

Los dominios de desempeño del proyecto son áreas críticas que abarcan aspectos fundamentales para la gestión efectiva de un proyecto. Estos dominios representan un grupo de elementos interrelacionados que trabajan en conjunto para lograr los resultados previstos. Según el *PMBOK® Guide – Séptima Edición*, los dominios son: interesados, equipo, enfoque de desarrollo y ciclo de vida, planificación, trabajo del proyecto, entrega, medición del desempeño y manejo de la incertidumbre. Su propósito es proporcionar una perspectiva holística que permita

al equipo del proyecto adaptarse a diferentes contextos, responder a los cambios y mejorar la probabilidad de éxito del proyecto (PMI, 2021).

Figura 5.
Dominios de Desempeño del Proyecto



Nota: Dominios de desempeño de proyectos del PMBOK 7ma edición. Tomado de: Autoría Propia

Los dominios de desempeño forman un conjunto unificado y funcionan como un sistema integrado, en el que cada dominio es interdependiente de los demás dominios, lo que permite una entrega satisfactoria del proyecto y el cumplimiento de los resultados previstos (PMI, 2021).

- **Interesado.**

Este dominio consiste en gestionar de forma efectiva la relación con los interesados durante todo el proyecto, así como su participación activa y productiva mediante estrategias que

busquen alinear sus expectativas con los objetivos del proyecto. Una gestión adecuada de los interesados mejora la comunicación, reduce conflictos, aumenta el compromiso y mejora la satisfacción. La clave está en el manejo cuidadoso de las personas y sus expectativas para así efectuar un desarrollo integral del proyecto permitiendo mantener a los interesados informados, involucrados y satisfechos a través de reuniones periódicas y visitas de campo, evitando así opositores o resistencia al cambio.

De este modo, se logra no solo generar incrementos verificables en el nivel de compromiso, sino también construir un ambiente de confianza que favorezca la toma de decisiones colaborativas y permita identificar de manera temprana riesgos, oportunidades y posibles desviaciones en la relación con los interesados.

- **Equipo.**

Los equipos de alto rendimiento son colaborativos, autónomos y adaptativos. Cada miembro demuestra liderazgo aplicable y habilidades interpersonales. Este dominio promueve la propiedad compartida y la corresponsabilidad.

La confianza, comunicación y compromiso son pilares esenciales en el desarrollo continuo y la toma de decisiones conjunta. El equipo incluye a todos aquellos que contribuyen al proyecto, ya sea o no a través de una relación laboral formal.

- **Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida.**

Este dominio se enfoca en seleccionar un enfoque de desarrollo coherente con los entregables del proyecto, definiendo un ciclo de vida compuesto por fases que conectan el valor

del negocio con el valor para los interesados. Dicho enfoque puede ser predictivo, ágil o híbrido, según las necesidades del proyecto. Su adecuada elección permite facilitar la entrega progresiva de resultados, optimizando así la planificación y ejecución.

En este caso, la incorporación de un enfoque híbrido que combine fases predictivas con iteraciones cortas genera incrementos verificables, facilitando así la validación temprana de resultados y promoviendo una retroalimentación continua de los interesados.

- **Planificación.**

La planificación debe ser evolutiva y adaptarse a las condiciones cambiantes, generando información útil para la toma de decisiones, fomentando un ambiente organizado y deliberado para lograr los resultados del proyecto. Este dominio debe ser dinámico, iterativo y orientado al valor, considerando todos los aspectos necesarios para cumplir los objetivos y la incertidumbre que se maneja en ambientes de obra civil. Además, el tiempo y el detalle dedicados a planificar deben ser adecuados para la complejidad del proyecto y suficientes para gestionar las expectativas de los interesados.

- **Trabajo del Proyecto.**

Este dominio se enfoca en lograr un desempeño eficiente y efectivo del proyecto, asegurando que los procesos aplicados sean apropiados para su entorno. Implica gestionar adecuadamente los recursos físicos y las adquisiciones, mantener una comunicación constante con los interesados y promover la mejora continua del equipo. Todo esto contribuye a una ejecución fluida que facilita el cumplimiento de los entregables del proyecto.

- **Entrega.**

Garantizar que los proyectos contribuyan efectivamente a los objetivos del negocio y generen los resultados para los cuales fueron concebidos es el objetivo principal de este dominio. La entrega oportuna de beneficios planificados, la comprensión clara de los requisitos por parte del equipo, y la satisfacción de los interesados con los entregables, son fundamentales. Así, se asegura que el proyecto tenga un impacto real y alineado con la estrategia organizacional.

- **Medición del Desempeño.**

Este dominio busca establecer una comprensión confiable del estado del proyecto a través de métricas claras y datos procesables. Su propósito es facilitar decisiones informadas que mantengan el desempeño dentro de lo planificado.

Para potenciar este dominio, resulta esencial definir indicadores ágiles que permitan medir no solo el avance del proyecto, sino también la eficiencia y la calidad del trabajo realizado. La medición constante permite anticipar desviaciones, realizar ajustes oportunos y asegurar el logro de objetivos, contribuyendo así a la generación de valor para el negocio.

- **Incertidumbre.**

Este dominio aborda la gestión proactiva de amenazas y oportunidades en entornos complejos y cambiantes. Implica comprender las variables técnicas, sociales, económicas y políticas que afectan el proyecto, anticipar posibles eventos inesperados y responder de forma oportuna. La adecuada gestión de reservas de tiempo y costos permite mitigar impactos negativos, mientras que la identificación de oportunidades mejora el desempeño y los resultados del proyecto. Por lo que, adaptar e implementar un enfoque dinámico y adaptativo de gestión

permite que la gestión de la incertidumbre se convierta en un proceso continuo de aprendizaje y adaptación.

2.2.3 Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos.

El PMI define el enfoque de desarrollo como “el medio utilizado para crear y desarrollar el producto, servicio o resultado durante el ciclo de vida del proyecto” (PMI, 2021, p. 35).

En la administración de proyectos se destacan tres enfoques esenciales: predictivo, adaptativo e híbrido. Cada uno de estos enfoques posee características únicas que los hacen idóneos para diferentes tipos de proyectos y situaciones.

Proyecto Predictivo

El enfoque predictivo cuenta con una característica esencial y es el ser secuencial, su mayor beneficio es el control en cada fase, aunque con ciertas limitaciones dado que es poco inflexible a los cambios. Es por esto que, el proyecto se ejecuta por fases, de manera que una fase debe terminar para dar inicio a la siguiente, y así sucesivamente hasta la finalización del proyecto.

Este enfoque se fundamenta en la planificación, organización, seguimiento y control para alcanzar los objetivos y entregables de un proyecto de forma segura y satisfaciendo las especificaciones definidas desde un principio del plazo y costo. En las primeras etapas de este tipo de proyectos se definen los costos, los recursos, el alcance, el cronograma y el análisis de riesgos en un proyecto, los que suelen no modificarse durante todo el ciclo de vida del proyecto.

El enfoque predictivo resulta idóneo para proyectos cuyos requisitos están claramente definidos y permanecen estables a lo largo del ciclo de vida. Este modelo se apoya en una

elevada certidumbre respecto a los requisitos de la empresa, además de contar con un equipo de trabajo consolidado, lo que facilita que los riesgos sean mínimos y se puedan prever con precisión (PMI, 2017, p. 20)

Normalmente, se aplica en proyectos donde existe un alto nivel de claridad y certeza respecto del alcance del proyecto y su costo, entre otros aspectos. Este enfoque se utiliza en circunstancias donde no pueden aceptarse niveles altos de incertidumbre o cambio, como aquellos en los cuales la generación de los entregables implica altas inversiones, es decir se trata de predecir todo lo que va a acontecer en el proyecto a fin de establecer y estimar con claridad el tiempo y recursos necesarios para llevarlo a cabo.

En proyectos donde el enfoque predictivo es aplicable, los participantes del proyecto esperan obtener desde un principio la planificación detallada, ya que esto permitiría una programación de los recursos necesarios con anticipación, evitándose así cambios graves en el proceso que impliquen la posibilidad de incumplir las metas generales de costo, alcance, calidad, sostenibilidad y duración, entre otras.

Proyecto Adaptativo

De acuerdo al PMI “Los proyectos adaptativos o ágiles se caracterizan por la elaboración progresiva de los requisitos basados en ciclos breves e iterativos de planificación y ejecución” (PMBOK, 2017, p 666). Los costos y los riesgos son gestionados mediante un análisis progresivo de los planes iniciales, es decir, están en constante revisión y modificación. Los interesados están continuamente involucrados en todas las fases del proyecto y proporcionan

retroalimentación continua por parte de los interesados y el cliente, lo que permite realizar entregables de mejor calidad.

Este enfoque es útil cuando los requisitos están sujetos a un contexto con un alto nivel de incertidumbre y volatilidad y es posible que cambien a lo largo del proyecto. Asimismo, este enfoque permite establecer una visión clara al comienzo del proyecto, es decir los requisitos iniciales son refinados, detallados, modificados o reemplazados de acuerdo a los comentarios del usuario, el entorno o los eventos que surjan. (PMI, 2021, p. 38).

Por otro lado, el enfoque adaptativo divide el proyecto en ciclos cortos de entrega llamados iteraciones, cada una de estas iteraciones tiene una duración establecida y genera un entregable de acuerdo al alcance del proyecto, lo que permite ajustar y mejorar el producto entregado a través de una retroalimentación rápida. Es decir, cada iteración implica una revisión de la planificación, retroalimentación del equipo y la reasignación de tareas y prioridades (PMI, 2017, p.92). Los requisitos son cambiantes en el tiempo y tienen una alta volatilidad, por lo que se hace necesario que el equipo del proyecto este continuamente evaluando las tareas a validar, y de acuerdo con la retroalimentación recibida de los usuarios o miembros del proyecto, se establezcan nuevas metas y de esta manera avanzar en el descubrimiento del producto que el mercado realmente necesita.

Proyecto Híbrido

Este enfoque, combina los enfoques adaptativos con los predictivos en las diferentes fases del proyecto, en la planificación, ejecución, seguimiento y control. En otras palabras, es una mezcla de enfoques que busca aprovechar lo mejor de los dos y adaptarse de manera

efectiva a las necesidades y características específicas de cada proyecto, ofreciendo una solución que aproveche todos los beneficios de ambos enfoques.

Este enfoque es útil para proyectos que tienen ciertos elementos predecibles y otros que requieren flexibilidad. Los proyectos híbridos permiten un mejor control en áreas críticas pues mantienen la flexibilidad para adaptarse a cambios y mejorar continuamente.

Esto quiere decir que, se pueden usar elementos de ambos enfoques. Algunas de las ventajas que este enfoque ofrece es la flexibilidad en la metodología, mayor agilidad y rapidez, mayor control y estructura, entre otros.

La presente investigación busca determinar la factibilidad de implementar un enfoque de proyecto híbrido al desarrollo de la construcción petrolera, en las etapas tempranas del proceso de construcción.

2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos

Para explicar los conceptos básicos sobre la gerencia de proyectos, es necesario definir qué es un proyecto, de acuerdo al PMI (2017): “Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (p. 542). Un proyecto es una serie de actividades relacionadas entre sí, que por lo general requieren de un tiempo, pues tiene un inicio y un final definido que es cuando se llevan a cabo los objetivos establecidos.

El ente internacional creado para estandarizar y brindar buenas prácticas para la dirección de proyectos es el Instituto de Gerencia de Proyectos o PMI por sus siglas en inglés que establece la forma de estructurar, liderar, planificar, controlar, ejecutar y cerrar proyectos, este

ente es el encargado de la guía Estándar para la Dirección de Proyectos o PMBOK (PMI, 2021, p. 50).

En la Guía del PMBoK se habla de la gestión de proyectos y de las buenas prácticas, con parámetros generales que deben ser adaptados a cada proyecto específico, una recolección de buenas prácticas, con parámetros generales que deben ser adaptados a cada proyecto en específico.

Según el PMI (2021), la administración de proyectos se centra en "la organización y gestión de recursos para completar un proyecto de manera eficiente y efectiva" (p. 30). Esto con el objetivo de que se cumpla con éxito un proyecto de manera eficiente y efectiva, aplicando las habilidades, conocimientos, herramientas y técnicas en las distintas actividades que conforman un proyecto para satisfacer las expectativas del cliente.

La administración de proyectos es un conjunto de herramientas, orientado a resultados, es una forma efectiva de ubicar a las personas y los recursos físicos necesarios durante un tiempo limitado para completar un proyecto específico, acompañado de procesos planificados y organizados donde los equipos de trabajo requieren aplicar conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para lograr los objetivos establecidos dentro de los requisitos de tiempo, costo, calidad para garantizar una entrega de los acuerdos establecidos entre las partes interesadas. Los administradores de proyectos son responsables de coordinar todas las actividades relacionadas con el proyecto, desde la planificación hasta la ejecución y el cierre.

Por el contrario, la dirección de proyectos es considerada como: "la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir

con los requisitos del mismo.” (PMI, 2021, p.10). La dirección de proyectos permite a las organizaciones ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente. Lo anterior se logra a partir de la aplicación e integración de los procesos de dirección de proyecto, la toma de decisiones estratégicas y la supervisión general del proyecto que garantiza la alineación con los objetivos organizacionales.

La correcta dirección de proyectos llevará a las organizaciones a vincular los resultados de acuerdo a los objetivos estratégicos, ser más eficientes ante el mercado que día a día se vuelve más competitivo y demandante, respondiendo así a los cambios constantes que presenta la industria.

Por otra parte, la guía del PMBoK proporciona una descripción general detallada del proceso de gerencia de proyectos, junto con pautas para ayudar a los gerentes de proyectos a tomar decisiones acertadas. La gerencia de proyectos se refiere a la aplicación práctica de la administración y la dirección de proyectos e implica procesos, metodologías, principios, herramientas y técnicas que garantizan la ejecución planificada y controlada de un proyecto desde su etapa de iniciación, planificación, ejecución, monitoreo hasta el cierre e implementación del proyecto.

En resumen, la gerencia de proyectos es un proceso que implica aplicar conocimientos, habilidades y demás para lograr los objetivos propuestos dentro de los requisitos de tiempo, alcance, costo, calidad y características definidos en el mismo proyecto, lo cual permitirá la entrega exitosa del mismo, bajo los parámetros ya establecidos desde el proceso inicial.

2.2.5 Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos Áreas del Conocimiento

El PMI define que (2017) “Un Área de Conocimiento es un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de los procesos, prácticas, entradas, salidas, herramientas y técnicas que la componen” (p. 23) y brinda 10 áreas de conocimiento:

- **Gestión de la Integración del Proyecto:** “Incluye los procesos y actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto” (PMI, 2017, p. 69). Los procesos de integración están estructurados para coordinar y llevar a cabo las tareas y actividades necesarias en la administración de proyectos.
- **Gestión del Alcance del Proyecto:** “Incluye la planificación, coordinación y gestión para entregar el alcance del producto, además de garantizar que se complete con éxito el proyecto” (PMI, 2017). El alcance tiene su fundamento en lo acordado entre el cliente y el administrador del proyecto. No es recomendable quedarse por debajo de lo pactado, pero tampoco excederse, ya que superar el alcance puede afectar tanto el costo como el tiempo.
- **Gestión del Cronograma del Proyecto:** “Incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo” (PMI, 2017, p. 173). Con la gestión del cronograma, el equipo puede identificar retrasos en la ejecución y tomar las acciones correctivas necesarias para que el valor ganado del proyecto avance de manera eficiente.
- **Gestión del Costo del Proyecto:** “Incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado” (PMI, 2017, p. 231). La gestión de

costos, gestiona el presupuesto aprobado para el proyecto y estima el costo total del proyecto para determinar la cantidad de fondos que la organización debe aportar. Es decir, es el control de la ejecución presupuestaria y el desempeño del trabajo en relación al costo.

- **Gestión de la Calidad del Proyecto:** “Incluye los procesos para incorporar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer los objetivos de los interesados” (PMI, 2017, p. 271). La gestión de la calidad aborda tanto la calidad del proyecto como la de los entregables del proyecto para así asegurar el cumplimiento de las expectativas de los clientes.

- **Gestión de los Recursos del Proyecto:** “Incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto” (PMI, 2017, p. 307).

Una inadecuada gestión de los recursos se puede traducir en un riesgo en el proceso de formulación, ejecución, control, seguimiento y cierre de un proyecto. La falta del recurso necesario para completar las tareas ya sea humano o material, puede ocasionar contratiempos y el exceso del mismo puede traducirse en sobrecostos.

- **Gestión de las Comunicaciones del Proyecto:** “Incluye los procesos necesarios para asegurarse que las necesidades de información del proyecto y de sus interesados se satisfagan a través del desarrollo de objetos y de la implementación de actividades diseñadas para lograr un intercambio eficaz de información” (PMI, 2017, p. 359). Gestionar un diálogo cordial, empático y ético debe ser un valor fundamental en cada comunicación. El cuidado de lo que se transmite, conocer a quién se le transmite y el cómo se debe hacerlo para evitar conflictos entre algunos de los interesados y el equipo de proyectos es clave.

- **Gestión del Riesgo del Proyecto:** “Incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto”. (PMI, 2017, p. 395). El monitoreo constante de los riesgos ayuda a prevenir situaciones que puedan resultar perjudiciales para el proyecto. Una respuesta anticipada podría evitar pérdidas grandes y/o contener el riesgo a un evento indeseable.

- **Gestión de las Adquisiciones del Proyecto:** “Incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto”. (PMI, 2017, p. 459). Este conjunto de procesos se vuelve necesario cuando en la organización se detecta la necesidad de adquirir productos o servicios mediante un proceso legal llamado contrato.

- **Gestión de los Interesados del Proyecto:** “incluye los procesos requeridos para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto” (PMI, 2017, p. 503). La gestión efectiva se compone de procesos clave para asegurar el éxito en la gestión de los interesados, los cuales son: la planificación de los interesados, la gestión de los interesados y el control de los interesados. Parte de la gestión implica el seguimiento a los grupos de personas mediante reuniones, las cuales colaboran para explicar particularidades del proyecto.

Procesos de la administración de proyectos

La administración de proyectos consta de cinco grupos de procesos, según el PMI (PMI, 2017):

Grupo de Procesos de Inicio: Proceso realizado para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.

Grupo de Procesos de Planificación: Proceso requerido para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.

Grupo de Procesos de Ejecución: Proceso realizado para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de satisfacer los requisitos del proyecto.

Grupo de Procesos de Monitoreo y Control: Proceso requerido para hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.

Grupo de Procesos de Cierre: Proceso llevado a cabo para completar o cerrar formalmente un proyecto, fase o contrato.

2.2.6 Ciclos de vida de los proyectos

El PMI afirma que el ciclo de vida del proyecto responde a “la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Una fase del proyecto es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica, que culmina con la finalización de uno o más entregables” (PMI, 2017, p. 547). El ciclo de vida del proyecto son las fases que se desarrollan desde el inicio hasta el fin del proyecto. Las fases tienen una gran importancia a la hora de determinar los ciclos de vida, ya que dependiendo del modelo de la organización se podrán presentar diferentes modelos o ciclos de vida de desarrollo.

Los proyectos de construcción en el sector petrolero están caracterizados por enfoques de desarrollo y ciclos de vida predictivos, debido a que los altos niveles de inversión propios de los

proyectos de construcción y una fuerte incertidumbre sobre el riesgo y los posibles cambios hacen que sea casi invariable la aplicación de este tipo de estrategias.

El PMI (2017) clasifica los siguientes ciclos de vida:

Ciclo de vida predictivo: Según el PMI (2017), poseen un énfasis en la planificación detallada y la especificación del alcance durante las fases iniciales del proyecto. El alcance, el tiempo y el costo del proyecto se determinan en las primeras fases del ciclo de vida, es un proceso secuencial. Este ciclo de vida es útil cuando se conoce bien el alcance o bien cuando el riesgo y costo de realizar iteraciones o cambios de alcance es alto.

Ciclo de vida iterativo: Los proyectos se benefician de los ciclos de vida iterativos cuando la complejidad es alta y el proyecto incurre en cambios frecuentes, o cuando el alcance está sujeto a las opiniones de diferentes interesados sobre el producto final deseado, ya que las estimaciones de tiempo y costo se modifican de forma periódica conforme aumenta la comprensión del producto por parte del equipo, a fin de mejorar la entrega. El tiempo y el costo de cada fase se terminan definiendo al inicio de cada iteración con el avance de ejecución del proyecto.

Los equipos pueden emplear intervalos de tiempo preestablecidos (timeboxes) dentro de una iteración de corta duración que por lo general es de unas pocas semanas, recopilar percepciones y posteriormente reajustar o mejorar las actividades con base en la retroalimentación obtenida (PMI, 2017, p. 21).

Ciclo de vida incremental: “El entregable se produce a través de una serie de iteraciones que sucesivamente añaden funcionalidad dentro de un marco de tiempo predeterminado” (PMI, 2017,

p.19). Esto permite un uso temprano del producto y retroalimentación por parte de los usuarios para identificar las mejoras en el proceso de desarrollo.

Los ciclos de vida incrementales optimizan el trabajo a fin de generar y entregar valor a los clientes de forma frecuente, en lugar de entregar un solo producto final. En este sentido, los equipos ágiles se distinguen por su capacidad de proporcionar un valor de forma continua e incremental a lo largo del desarrollo del proyecto (PMI, 2017, p. 23).

Ciclo de vida adaptativo: Los ciclos de vida ágiles combinan enfoques iterativos e incrementales a fin de adaptarse a altos grados de cambio y entregar valor del proyecto más a menudo. El equipo desarrolla su trabajo en iteraciones (períodos de tiempo preestablecidos de igual duración) con entregables de valor en cada etapa o iteración. El equipo define su flujo de trabajo a través de un tablero de tareas con columnas y gestiona el trabajo en curso para cada columna. Este ciclo de vida permite el descubrimiento progresivo del alcance del proyecto por parte del equipo de trabajo en conjunto con el propietario y sus representantes (PMI, 2017, p. 25).

Luego de múltiples iteraciones de trabajo, en donde en cada una de ellas se desarrollan procesos de retroalimentación del equipo de trabajo, identificación de aspectos pendientes, priorización del trabajo por ejecutar, asignación a los miembros del equipo, ejecución dentro de un lapso de tiempo predeterminado y presentación de resultados a los interesados. Con cada ciclo se logra un mayor desarrollo de los entregables hasta que se identifica si el alcance desarrollado es satisfactorio y los entregables cumplen los criterios de aceptación preestablecidos.

Ciclo de vida híbrido: Un enfoque híbrido es una combinación de enfoques predictivos, iterativos, incrementales y ágiles (PMI, 2017, p. 25). Los elementos que son bien conocidos adaptan un ciclo de vida predictivo y aquellos elementos del proyecto que están en constante cambio o evolución, adaptan ciclos de vida adaptativos, es decir se busca maximizar el valor entregado en cada fase, fortalecer la comunicación entre los interesados y gestionar de manera dinámica la incertidumbre propia de un proyecto de obra civil de alta complejidad como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 1.
Ciclo de vida híbrido.

Fase Predictiva	Duración Aproximada	Iteraciones Ágiles (Sprints)	Entregables Clave / Incrementos Verificables	Evento de Retroalimentación
1. Preparación del sitio y planificación	2,17 meses	Sprint 1 (Semanas 1–4) y Sprint 2 (Semanas 5–8)	Topografía final, instalación de campamento, permisos, planificación de recursos	Revisión inicial con Cenit e Interventoría
2. Obras civiles mayores (fundaciones y losa del tanque)	5 meses	Sprint 3 al 7	Excavación, rellenos, fundación, placa de fondo, muro anular	Validación física del avance y control de calidad

3. Montaje de estructura metálica del tanque	6 meses	Sprint 8 al 12	Instalación de anillos, techo, soldaduras y pruebas parciales	Revisión técnica y de seguridad; ajustes en secuencia constructiva
4. Pruebas, recubrimientos y obras complementarias	2 meses	Sprint 13 al 15	Pruebas de hermeticidad, recubrimientos, instalación de válvulas	Feedback de Cenit y Operaciones
5. Entrega y cierre del proyecto	1 mes	Sprint 16	Dossier civil, planos red line, punch list cerrado	Aprobación final del cliente

Nota: La tabla 1 muestra el ciclo de vida híbrido del proyecto y sus elementos principales. Autoría propia.

2.2.7 Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos

La gestión de los proyectos y de las operaciones es inherentemente distinta, en virtud de sus diferencias. No obstante, deben administrarse como componentes de una misma organización. Por este motivo, el PMI (2017) plantea la existencia de distintos niveles de gestión dentro de las organizaciones, denominados programas y portafolios. Un proyecto puede gestionarse de forma completamente independiente, o bien dentro de un programa. Un programa se utiliza cuando son “necesarios múltiples proyectos a fin de lograr un conjunto de metas y objetivos” para la organización, “cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrían si se gestionan de forma individual” (p. 11). Un portafolio, por su parte, es una herramienta de gestión de más alto nivel que el programa, utilizada “para dirigir

de manera eficaz múltiples (...) proyectos, programas, portafolios subsidiarios y operaciones gestionados como un grupo para alcanzar objetivos estratégicos” (PMI, 2017, p. 11).

Sin duda, tener experiencia en los distintos modelos de gestión de proyectos fortalece a cualquier gerente de proyecto y beneficia a los clientes y las partes interesadas internas. El panorama de la gestión de proyectos se encuentra en un estado de cambio constante en la actualidad y, por lo tanto, requiere más que solo las herramientas de un lado o del otro. Al ser capaz de aplicar las mejores herramientas necesarias para realizar el trabajo en cualquier proyecto determinado, un gerente de proyecto versátil puede servir mejor al proyecto. Los gerentes de proyecto necesitan acceder a los beneficios de la disciplina del enfoque tradicional y la flexibilidad de un enfoque ágil, así como aplicar los principios y dominios de la dirección de proyectos. Existen herramientas, procesos y diferentes maneras de realizar el abordaje para lograr desarrollar una propuesta que aporte valor a la forma actual de hacer gestión en la industria petrolera.

2.3 Estado de la cuestión y otra teoría propia del tema de interés

En este apartado se detallan los elementos teóricos relevantes para el estudio del PFG, investigaciones complementarias sobre el tema en estudio, así como las metodologías utilizadas en dichas investigaciones, conclusiones que van de la mano con el presente trabajo y otras teorías de interés que influyen en el PFG.

2.3.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio (estado de la cuestión)

En la actualidad el material bibliográfico disponible es muy variado sobre las diferentes metodologías de gestión y no existe una metodología perfectamente aplicable, aun así, se busca

adecuar las técnicas y herramientas ágiles a los procesos de gestión de proyectos petroleros, pues existe muy poco personal en la industria del petróleo que sabe y lleva a la práctica las metodologías ágiles y sus beneficios.

El objetivo principal de este proyecto final de graduación es buscar un marco de trabajo que integre los dominios y principios de la dirección de proyectos y se adapte al sector petrolero, y que a su vez sea aplicable y pueda aportar un cambio positivo y una alternativa de valor ante la ya tradicional metodología que se utiliza en la mayoría de los proyectos que se ejecutan actualmente.

La transformación del marco de la gestión de proyectos es constante y evoluciona con el pasar del tiempo, cada día se hace más que necesario el uso de herramientas que permitan llevar a cabo con éxito distintos proyectos del sector petrolero.

Las etapas de desarrollo en los proyectos petroleros en su mayoría no cuentan con una estructuración que promueva una evaluación regular, de interacción y retroalimentación por parte de todos los involucrados en su progreso.

Al no existir un proceso estructurado, cada director del proyecto y los involucrados aplican su propio marco de trabajo, que puede ser menos efectivo para obtener los resultados esperados, teniendo como consecuencia el aumento de la probabilidad de que se descubran necesidades de cambio más adelante en el proceso, cuyo costo de implementación sea mayor (debido a la etapa en que se identifican), o bien que no se implementen del todo por el costo asociado. Esta última consecuencia implica que las partes acepten una disminución de los beneficios potenciales del proyecto por el simple hecho de que las acciones necesarias para su

materialización no fueron las identificadas en la etapa del proyecto en la que resultaba factible y conveniente.

A primera vista, puede parecer inviable la implementación de metodologías ágiles en el sector petrolero, debido a que los productos de esta industria suelen seguir una secuencia lineal, pues son difíciles de modificar una vez contruidos y carecen de retroalimentación continua durante su desarrollo. Sin embargo, el enfoque ágil no debe centrarse únicamente en la planificación del producto final, sino orientarse hacia la gestión del proceso de desarrollo: los cambios que surgen en el camino, la incorporación de nuevos alcances, los requerimientos específicos de los clientes en cuanto a las dimensiones y características del proyecto y la participación activa y constante de los interesados en todas las etapas del proyecto.

No se puede forzar una integración total de los procesos a todas las industrias, ya que cada sector posee características particulares. En este sentido, resulta pertinente proponer un marco de trabajo híbrido que promueva la adaptación, la integración e implementación de los principios y dominios de la dirección de proyectos, así como la identificación de similitudes y la homologación de acciones dentro de los procesos propios de la industria petrolera. La experiencia en diversos modelos de gestión de proyectos es una ventaja significativa para los gerentes de proyecto, al tiempo que genera beneficios tanto para los clientes como para las partes interesadas del proyecto.

La planificación inadecuada, las estimaciones imprecisas, los cambios repentinos en el alcance del proyecto hacen que los proyectos tengan retrasos. La metodología tradicional no siempre es la mejor para tratar los puntos antes mencionados de forma flexible y adecuada. Por

lo que, es importante tener en cuenta el contexto donde se realiza el proyecto para poder analizar los pormenores y definir adecuadamente su alcance.

Actualmente, el campo de la gestión de proyectos se encuentra en una transformación constante, lo que exige una perspectiva más amplia que la simple aplicación de herramientas pertenecientes a un único enfoque. La aplicación de herramientas adecuadas según las características particulares de cada proyecto permite al gerente del proyecto desempeñar un rol más eficaz. Para ello, existen herramientas, procesos y estrategias de abordaje que pueden contribuir a la construcción de propuestas que generen valor y optimicen la gestión de proyectos en el sector petrolero.

Las metodologías ágiles están penetrando y revolucionando las formas de hacer gestión de proyectos y cada vez más se crean o diseñan nuevos modelos, como lo son: LEAN Construcción, SCRUM y KANBAN. La aplicación de métodos ágiles puede permitir una aceleración de la ejecución de los proyectos, a su vez de que puede ser compatible con los niveles de incertidumbre que caracterizan a la industria de la construcción petrolera.

2.3.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio

Para ampliar la base de conocimiento sobre el proyecto, se estudia en este apartado algunas investigaciones que se han encontrado sobre el tema del proyecto.

La investigación bibliográfica realizada ha mostrado la posibilidad de aplicar métodos ágiles de gestión de proyectos en la industria de la construcción y el sector petrolero. Sus motivaciones son variables. Paredes & Páez (2024) afirman que:

“Existen dos variables que han generado dentro de la Gestión de Proyectos Constructivos cambios realmente significativos, siendo estos: la aparición de estándares y los adelantos tecnológicos, lo que ha producido que las acciones de dirección en las construcciones se mantengan constantes, pero las variables de estudio como: decisiones, tiempo, eficiencia, eficacia, satisfacción del cliente, entre otros, han sido aspectos cambiantes en el tiempo”.

De igual manera, García (2017) señala los beneficios potenciales que ofrecen las metodologías ágiles en el ámbito del sector petrolero, el autor sostiene que la adopción de éstas, entendidas como un modelo de pensamiento, resultan plenamente válidas para la gestión de proyectos en sectores caracterizados por su alta complejidad, como es el caso de la industria petrolera. Esto se debe, en parte, a que las actividades que conforman el desarrollo del sector tienden a ser repetitivas, lo que facilita su estandarización y permite implementar esfuerzos sistemáticos de mejora continua.

Según Patiño, Pinzón y Tirado (2025), la implementación de metodologías ágiles en el sector de petróleo y gas se orienta hacia una adopción iterativa e incremental, lo que permite una mayor flexibilidad y capacidad de adaptación frente a las condiciones dinámicas del entorno operativo. En este contexto, se recurre a la metodología Scrum para conformar equipos multidisciplinarios, encargados de gestionar el backlog de los proyectos, priorizando especialmente a aquellos con mayor impacto en la producción y en la optimización de los costos operativos.

Álvarez Montaña et al. (2020) proponen que la incorporación de herramientas ágiles en las fases de planificación y ejecución de proyectos caracterizados por una alta inversión y una

baja tolerancia al riesgo puede resultar beneficiosa para facilitar una gestión más ágil y eficiente. Esta metodología se enfoca especialmente en la toma oportuna de decisiones, la cual se ve fortalecida por el involucramiento activo de la gerencia en la resolución de los principales imprevistos del proyecto. Lo anterior, se logra a través de reuniones frecuentes y la designación de un Product Owner de alto nivel que actúe como vínculo estratégico en el proceso de gestión.

Así mismo, Mohammed & Chambrelin (2020) en su artículo buscan mediante metodología Ágil diseñar un marco controlado para la naturaleza dinámica de la construcción petrolera, en donde se pueda gestionar los cambios de manera eficaz, pues los retrasos en el diseño y las órdenes de cambio en el proceso de construcción son la causa principal de los retrasos en las obras.

En el artículo de Alyatama (2021), también afirma que los valores y principios ágiles, tal como se describen en el Manifiesto ágil, expresan que el diseño y la producción de programas informáticos han sido ampliamente implantados como solución para mitigar los retrasos del proyecto y satisfacer la demanda del mercado. Además de mencionar que, en los proyectos petroleros, la comunicación y la colaboración garantizan que todos los participantes sean conscientes de que los objetivos pueden cambiar con el tiempo o como resultado de cualquier cambio en el medio ambiente o en la utilización de los recursos.

Para Brown (2020) menciona que invertir en un sistema diseñado para ser ágil es cada vez más relevante para las empresas de energía que quieren prosperar en la incertidumbre de las próximas décadas. Recomendar una estrategia ágil para proyectos de inversión el sistema complejo añade una capa de dificultad de análisis. Una forma de introducir agilidad y

flexibilidad en el portafolio de un productor de energía es a través del diseño. Podemos pensar en la flexibilidad en el diseño como la capacidad de adaptarse a los cambios en un sistema físico, mientras que la agilidad es la capacidad de reaccionar rápidamente a estos cambios. Ya se está haciendo, en cierta medida, la inversión y el desarrollo de diseños ágiles y flexibles en los sistemas de instalaciones de petróleo y gas.

La mayoría de los autores que se han investigado son una base sólida para el desarrollo de este PFG, pues concluyen que existen múltiples beneficios que pueden derivarse de la aplicación de metodologías ágiles, especialmente en la etapa de ejecución. De acuerdo al PMI y las referencias antes mencionadas es viable crear un marco de trabajo híbrido aplicable al sector petrolero.

2.3.3 Otra teoría relacionada con el tema en estudio

2.3.3.1 Métodos ágiles de gestión de proyectos

Los métodos ágiles de gestión incluyen diversas metodologías específicas para la gestión de los proyectos, asociados con los enfoques de desarrollo adaptativos, cuya conceptualización se ha desarrollado con el objetivo de que puedan internalizar altas tendencias al cambio y descubrimiento progresivo del alcance, y maximizar los beneficios y el valor que un proyecto puede generar en estas circunstancias.

Los antecedentes de mayor relevancia de los métodos ágiles son los métodos Scrum, Lean y Kanban, que son en realidad métodos de producción, y que surgieron muchas décadas antes que el Manifiesto de Ágil. Una vez desarrollada la conceptualización del Manifiesto, han

surgido otras metodologías específicas de agilidad, desarrolladas para aplicación en ambientes más o menos específicos.

El Manifiesto Ágil tiene 12 principios, descritos a continuación:

1. Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.
2. Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.
3. Entregamos software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible.
4. Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.
5. Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan y confiarles la ejecución del trabajo.
6. El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.
7. El software funcionando es la medida principal de progreso.
8. Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la agilidad.
10. La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos auto organizados.

12. A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia.

Las metodologías ágiles se desarrollan con ciclos de vida adaptativos, donde cada una de las fases son iteraciones de tiempo fijo, similares a mini proyectos. En cada una de las iteraciones se entrega un incremento parcial del producto o servicio. Así como los modelos predictivos consideran las fases dentro de los ciclos de vida de los proyectos (Iniciación, planificación, ejecución, control y cierre), el marco ágil también propone cinco fases: Visualización, Especulación, Exploración, Adaptación y Cierre. Los ciclos de vida adaptativos ayudan a gestionar objetivos y alcances cambiantes en los que es difícil determinar con antelación los requisitos de los diferentes interesados, estos requisitos pueden cambiar a lo largo del proyecto o de la fase porque es posible definir mejoras graduales que con las que aportar más valor a los interesados. Esto ocurre en entornos de alta incertidumbre: investigación, desarrollo, innovación, proyectos de cambio organizacional y en gran manera en proyectos petroleros donde el cambio de variables y de muchos factores es constante.

La literatura relacionada con los métodos ágiles contiene frecuentes advertencias sobre su implementación con respecto a dos variables en particular. La primera de ellas se refiere a la actitud y los valores de los miembros de los equipos de trabajo, y la segunda se refiere a las condiciones organizacionales que rodean a dichos equipos. Tanto los miembros de los equipos como sus organizaciones deben desarrollar la capacidad de trabajar en un marco ágil que, por definición, fomenta la independencia de criterio y el empoderamiento y evita la definición de procedimientos detallados de trabajo para permitir la adaptabilidad de los equipos a las

circunstancias de los proyectos. En consecuencia, organizaciones y miembros del equipo no pueden llanamente empezar a aplicar metodologías ágiles, sino que deben progresivamente desarrollar sus capacidades de acuerdo a los dominios de desempeño y principios de la dirección de proyectos.

2.3.3.2 Scrum

Scrum es un enfoque conceptual adaptativo también desarrollado originalmente para la industria del software, en el cual un equipo de trabajo multidisciplinario es guiado por un Scrum Master, a través de un ciclo de vida iterativo para el que se definen una serie de instrumentos (denominados artefactos) y reuniones (o eventos) diseñados para promover la autogestión del equipo, la retroalimentación frecuente de los interesados y el replanteamiento y priorización regular del alcance.

Scrum se desarrolla en intervalos de tiempo preestablecidos, denominados *sprints*, con una duración de un mes o menos, durante los cuales se genera un incremento del producto que puede ser potencialmente entregado o lanzado (PMI, 2017, p. 10).

Scrum es uno de los marcos ágiles para la gestión de proyectos desarrollado por Ken Schwaber y Jeff Sutherland en la década de los 90's inicialmente para reducir el tiempo en desarrollo de software, el cual emplea un enfoque adaptativo, iterativo e incremental para el desarrollo de productos con el objetivo de ofrecer mayor valor en el menor tiempo posible.

Scrum se basa en el control empírico de los procesos, es decir, en la toma de decisiones basadas en la observación y la experimentación, en lugar de una planificación detallada. Para llevar a cabo este control empírico se soporta en tres pilares fundamentales: (i) La transparencia,

la cual garantiza que todos los aspectos relevantes para el éxito del proyecto sean visibles para todos los responsables e interesado, (ii) La inspección, esta se realiza con el propósito de detectar cualquier incumplimiento que pueda dañar los resultados del equipo, y (iii) La adaptación, que consiste en la realización de ajustes al proceso/producto al momento de identificar cualquier falla, para así reducir la probabilidad de un mal resultado.

Scrum es un proceso en el que se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente y en equipo. Donde se realizan entregas parciales y regulares del producto final, priorizadas por el beneficio que aportan al interesado principal del proyecto. Scrum está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto, ya que los requisitos son cambiantes o poco definidos, y la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales.

De acuerdo con Schwaber & Sutherland (2017), Scrum se fundamenta en seis principios: control empírico, auto organización, colaboración, priorización basada en el valor, cajas de tiempo y desarrollo iterativo, y está compuesto por eventos, artefactos y un equipo con roles particulares, todos estos elementos cumplen un propósito específico y esencial que hacen posible que su implementación sea exitosa.

Ozkan, Necmettin, et al (2022) mencionan que Scrum tiene una estructura rígida y rutinaria, proporciona un camino claro y genera facilidad para gestionar los procesos, así mismo Scrum también parece ser más adecuado para equipos más grandes, trabajos en lotes y desarrollo de nuevos productos dentro de ciertos plazos, ya que Scrum proporciona una mejor predecibilidad, un seguimiento detallado y una visión general de los proyectos.

2.3.3.3 Lean Construction

Lean Thinking es un conjunto de herramientas implementadas con el objetivo de reducir desperdicios y defectos dentro de los sistemas y procesos. Estas herramientas involucran al personal de las empresas para mejorar la productividad, la calidad, la moral del personal y el servicio al cliente.

El principio clave de Lean es que el desperdicio es el impulsor de la ineficiencia operativa. Para ser más eficientes, las empresas deben identificar los desechos desde la perspectiva del cliente y luego determinar cómo eliminarlos. El desperdicio se define en términos generales como actividades que no agregan valor al producto o servicio y que el cliente no querría pagar.

La metodología LEAN permite obtener alta calidad, rapidez y bajo costo en los procesos de gestión en general.

Dentro de la estructura y planteamiento de gestión de LEAN Construction esta presenta similitudes con las metodologías ágiles permitiendo alcanzar la satisfacción del cliente, la coordinación y el trabajo en equipo y eficiencia en los procesos.

2.3.3.4 Metodología Kanban

Es una metodología dirigida a conseguir un proceso productivo, organizado y eficiente, que permite controlar el avance del trabajo en una cadena de producción. El Método Kanban es utilizado y resulta aplicable en muchos entornos, pues permite un flujo continuo de trabajo y de valor para el cliente (PMI, 2017, p.103).

Hace parte de la metodología Lean Manufacturing basada en la utilización de técnicas just-in-time (JIT) y su principal objetivo está direccionado hacia el aseguramiento de la tasa de producción sostenible con el fin de evitar exceso de producto terminado, cuellos de botella y retrasos en la entrega del producto final. Este sistema permite reducir de manera drástica los niveles de inventario de productos en proceso en la cadena de suministro, como resultado de producir únicamente lo que se necesita. Sin duda, uno de los mayores objetivos en una organización es alcanzar picos altos de eficacia y eficiencia en sus procesos, y para ello, se busca implementar sistemas de producción que permitan alcanzar esas metas. Surge entonces el sistema Kanban, como un método visual para controlar la producción, conformado por una serie de indicadores o señales a lo largo de todo el ciclo de producción, supervisando el proceso de reabastecimiento, pensando siempre en lo que el cliente demanda, hasta que se obtiene el producto final. Esta metodología permite controlar los elementos y componentes que hacen parte de la cadena de producción, garantizando que se realicen en cantidades suficientes para reemplazar las que ya se han utilizado, consiguiendo así una producción sin inventarios.

El sistema Kanban se enfoca en producir lo que se requiere, en el momento que se necesite, con la calidad especificada y aprovechando al máximo los recursos del sistema, a partir de una serie de componentes necesarios para reducir el nivel de inventarios, cumpliendo con la demanda en el tiempo requerido.

La implementación adecuada del sistema Kanban es esencial para la gestión y control de la producción, dado que este sistema permite la generación de las cantidades de producción necesarias en el momento requerido, reduciendo inventarios y suprimiendo actividades que no

generan valor en la cadena de producción, favoreciendo así la reducción de costos elevados de producción.

Los tableros Kanban, son una tecnología de bajo nivel técnico y uso frecuente que proporcionan una visualización clara del flujo de trabajo, además de la identificación de los cuellos de botella, los impedimentos, el estado general de las actividades. Haciendo posible que el flujo sea administrado ajustando el límite del trabajo en proceso (PMI, 2017, p. 105).

3. Marco metodológico

El marco metodológico consiste en la recopilación de métodos, técnicas y procedimientos que se utilizan para recopilar y analizar la información necesaria para llevar a cabo un trabajo de investigación, con el objetivo de evaluar la hipótesis planteada y explicar los objetivos propuestos. Es decir, el “cómo” se realizará la investigación para responder el problema planteado.

Así pues, se plantea el marco general usado para el desarrollo del presente trabajo, y describe las fuentes de información y el material que se utilizó para brindar sustento teórico y fáctico, los métodos de investigación utilizados para la exploración de las fuentes de información y su uso para la generación de la propuesta metodológica, las herramientas investigativas y de análisis que sirvieron de instrumento para su materialización.

Para abordar adecuadamente la resolución de los problemas de investigación, resulta crucial detallar las herramientas y técnicas empleadas. Esto implica identificar los insumos, procedimientos y recursos metodológicos que posibiliten la ejecución efectiva del proyecto,

incorporando los lineamientos y contenidos del Project Management Institute (PMI) pertinentes para el cumplimiento de los entregables establecidos.

Asimismo, se plantean los supuestos y restricciones identificados para cada parte del proceso, y se detallan los entregables generados. Cada uno de los aspectos descritos se desarrollan puntualmente para cada objetivo específico de la investigación.

3.1 Fuentes de información

Una fuente de información es todo aquello que proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento. Las fuentes de información son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso a la información. El objetivo de las fuentes de información es facilitar la localización e identificación de documentos. Se encuentran diferentes fuentes de información, dependiendo del nivel de búsqueda (Maranto et Gonzales, 2015).

Las fuentes de información, brindan bases, herramientas de gestión y fundamentos teóricos para la elaboración de los procesos del proyecto, además sirven de base teórica para entender el trasfondo del proyecto, ya que respaldan y dan credibilidad a la investigación.

Las fuentes primarias y secundarias son dos tipos fundamentales de fuentes de información a las que el investigador puede recurrir para aumentar el conocimiento en un ámbito determinado y ofrecer respuestas concretas a un planteamiento.

Es importante tener en cuenta que la utilización de ambas fuentes proporciona una perspectiva más amplia y diversa del tema en cuestión, lo que permite al investigador llegar a conclusiones más sólidas y fundamentadas. Sin embargo, el investigador debe seleccionar las fuentes que le proporcionen la información adecuada a sus necesidades.

3.1.1 Fuentes primarias

Este tipo de fuentes contienen información nueva y original, es decir son de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones (Maranto y Gonzáles, 2015). En otras palabras, no es una interpretación o extracto de otro autor; este tipo de fuentes suele tener una mayor calidad en la información, ya que los resultados tienen un origen único y no son transcripciones de otros autores.

En las fuentes primarias más utilizadas se encuentran los libros que presentan contenido original (que no procesan información de otras fuentes primarias), resultados de investigaciones publicados en artículos de revistas científicas y ponencias varias en eventos de índole científica o profesional. Son documentos primarios, libros, revistas científicas, documentos oficiales de instituciones públicas, informes técnicos y de investigación de instituciones públicas o privadas, patentes y normas técnicas.

Las fuentes primarias usadas en este proyecto consistieron en una combinación de artículos de investigación, informes técnicos y tesis, trabajos de PFG, regulaciones, normas o documentos emitidos por entes regulatorios, procedimientos internos de la organización, información de productos obtenida del sitio web de la empresa.

3.1.2 Fuentes secundarias

Este tipo de fuentes son las que ya han procesado información de una fuente primaria, es decir esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria (Maranto y Gonzáles, 2015).

La fuente secundaria sirve como intermediario entre la información original de la fuente primaria y la persona que investiga, proporcionando un resumen, análisis claro, profundo y apropiado de la información. Esta información permite construir una comprensión del contexto previo en el que se originan los datos, facilitando así su adecuada interpretación y análisis.

Las fuentes secundarias que se usaron en este proyecto consistieron en tesis o investigaciones de otros autores que han llevado a cabo investigaciones similares, así como manuales técnicos de la organización, publicaciones del PMI, incluyendo las Guías de Fundamentos para la Dirección de Proyectos en sus versiones sexta (PMI, 2017) y séptima (PMI, 2021) así como la Guía Práctica de Ágil (PMI, 2017) y, también, la Guía de Scrum (Schwaber et ál. 2020).

Tabla 2.
Fuentes de Información Utilizadas.

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
1. Identificar las fases o procesos específicos del proyecto TK-707 en los que los principios ágiles pueden implementarse de manera efectiva para mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la toma de decisiones.	• Entrevistas • Reuniones • Normativa institucional • Bases datos institucionales	• Guías de fundamentos, prácticas y metodologías. • Repositorio de base de datos • Tesis de investigación.
2. Analizar los principios y prácticas clave de la gestión ágil de proyectos, con el fin de identificar aquellos que pueden ser adaptados al contexto del	• Entrevistas • Reuniones • Normativa institucional	• Guías de fundamentos, prácticas y metodologías. • Repositorio de base de datos

proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707.	• Bases datos institucionales	• Tesis de investigación.
3. Examinar la estructura y características de la gestión tradicional aplicada en obras civiles como el TK-707, para detectar sus limitaciones y oportunidades de integración con metodologías ágiles.	• Entrevistas • Reuniones • Normativa institucional • Bases datos institucionales	• Guías de fundamentos, prácticas y metodologías. • Repositorio de base de datos • Tesis de investigación
4. Diseñar un marco metodológico híbrido que integre elementos ágiles en la planificación y ejecución del proyecto TK-707, asegurando su compatibilidad con las prácticas tradicionales del sector.	• Entrevistas • Reuniones • Normativa institucional • Bases datos institucionales	• Guías de fundamentos, prácticas y metodologías. • Repositorio de base de datos • Tesis de investigación.

Nota: La Tabla 2 muestra las fuentes de información utilizadas, en correspondencia con cada objetivo, y según sean primarias o secundarias. Autoría propia.

3.2 Métodos de Investigación

Los métodos de investigación se refieren a las técnicas y procedimientos utilizados para recolectar y analizar datos, con el objetivo de hacer crecer el conocimiento sobre un tema específico y facilitar la toma de decisiones conscientes sobre el mismo. Según la guía del PMBOK, los métodos de investigación "abarcen las técnicas sistemáticas y estructuradas

utilizadas para recopilar y analizar datos relevantes, facilitando la toma de decisiones y mejorando los procesos del proyecto" (PMI, 2021, p 89).

Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que la “metodología de la investigación es crucial para garantizar la validez y la confiabilidad de los resultados obtenidos”, ya que proporciona la base teórica y práctica para la recopilación, análisis e interpretación de los datos. Sin una adecuada metodología, los hallazgos de una investigación podrían carecer de fundamentación y validez, poniendo en duda su credibilidad y utilidad.

Los métodos de investigación son un elemento clave para la construcción de un conocimiento válido sobre un fenómeno particular, por lo que conocer en qué consisten, cuáles son sus características y de qué depende la elección de uno u otro resulta fundamental para todo investigador.

3.2.1 Método analítico-sintético

El Método analítico- sintético “estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis) y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis)” (Bernal, 2010). El Método analítico- sintético “estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis) y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis)” (Bernal,2010).

En este sentido, se refiere a dos procesos inversos que operan en unidad: el análisis y la síntesis. El análisis permite al investigador ver una estructura como un todo y poder descomponerse en unidades más pequeñas que, en conjunto, forman el sujeto de análisis.

Mientras que la síntesis permite volver a unir lo analizado permitiendo al observador hacer relaciones de valor de los descompuesto y encontrar características generales entre los elementos.

Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías

Este método fue seleccionado para el presente proyecto de investigación por su aplicabilidad a la gestión de proyectos. Un proyecto al ser un conjunto de tareas determinadas es necesario descomponerlo y analizar sus partes para luego sintetizarlas en un todo ya sea en fases del proyecto o en sí para ver el proyecto como un todo con las relaciones y características de la unión de todos sus elementos.

3.2.2. Método inductivo

De acuerdo con Bernal (2010) el método inductivo busca obtener conclusiones a partir de hechos comúnmente aceptados como válidos, con lo que se pueden llegar a conclusiones generales.

El método inductivo tiene sus bases en lo científico, la experimentación, es ahí donde surge lo innovador, lo inédito y lo único. Este método busca la tendencia de patrones por medio de la observación y relación de datos de eventos específicos que dan como resultados conclusiones generales que posteriormente se pueden poner a prueba.

En pocas palabras el método inductivo busca, a partir del análisis de hechos singulares, definir conclusiones concretas sobre la información estudiada, es decir, formular hipótesis basadas en lo experimentado y observado de los elementos de estudio.

3.2.3 Método deductivo

Bernal (2010) indica que el método deductivo consiste en partir desde conclusiones más generales para obtener explicaciones particulares. El método deductivo parte de teorías y principios generales para llegar a conclusiones específicas. Es un enfoque de arriba hacia abajo que aplica principios y teorías existentes para explicar casos individuales.

La aplicación de este método en el presente proyecto funciona a partir de buenas prácticas establecidas por el PMI, para proponer procesos, técnicas y herramientas a aplicar en los diversos grupos de procesos del proyecto de fondo que se gestiona.

En términos generales, el razonamiento deductivo es el acto de ir de lo general a lo particular (o de lo abstracto a lo concreto).

En la Tabla 3, se pueden apreciar los métodos de investigación utilizados para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

Tabla 3.
Métodos de investigación utilizados.

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
1. Identificar las fases o procesos específicos del proyecto TK-707 en los que los principios ágiles pueden implementarse de manera efectiva para mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la toma de decisiones.	Se realizó investigación de la documentación para determinar sus fortalezas y debilidades	Se analizaron casos concretos y documentación específica del proyecto TK-707 donde se evidenciaron situaciones problemáticas relacionadas con la adaptabilidad, la colaboración y la	Partiendo de los principios generales del enfoque ágil establecidos en la literatura (como el Manifiesto Ágil y las guías del PMBOK adaptativo), se dedujeron posibles formas de implementación en

		toma de decisiones. A partir de estos ejemplos particulares, se identificaron patrones que permitieron establecer generalizaciones sobre la aplicabilidad de los principios ágiles en estas fases o procesos.	el contexto específico del proyecto TK-707. Luego, se contrastaron estas deducciones con la realidad del proyecto para validar su aplicabilidad.
2. Analizar los principios y prácticas clave de la gestión ágil de proyectos, con el fin de identificar aquellos que pueden ser adaptados al contexto del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707.	Se identifica el universo de aspectos relevantes para la consideración de la hipótesis planteada.	A través del análisis de diversas prácticas utilizadas en proyectos ágiles reales y su comparación con la documentación del proyecto TK-707, se identificaron elementos comunes que permitieron extraer conclusiones sobre cuáles principios y prácticas podían adaptarse al contexto específico del tanque de almacenamiento. Este proceso permitió construir conocimientos generales a partir de observaciones particulares.	Se partió del marco teórico de la gestión ágil de proyectos y sus principios fundamentales. Con base en estos lineamientos generales, se analizó de manera lógica y estructurada cómo podrían ser aplicados o adaptados al contexto técnico y organizacional del proyecto TK-707, evaluando su coherencia con la hipótesis de adaptación planteada.
3. Examinar la estructura y características de la gestión tradicional aplicada en obras civiles como el TK-707, para detectar sus limitaciones y	Un ejemplo particular de aplicación es descompuesto en sus partes, analizado de cara a la	Se parte del análisis de la gestión tradicional aplicada específicamente en el proyecto TK-707, observando sus procesos, estructuras y limitaciones. A partir	Se toma como punto de partida el conocimiento general sobre las diferencias entre metodologías tradicionales y ágiles. Luego, se aplica este marco conceptual al

oportunidades de integración con metodologías ágiles.	metodología planteada y se sintetizan las conclusiones acerca de la aplicabilidad de la generalización metodológica.	de estas observaciones particulares, se identifican oportunidades de mejora que permiten inducir principios generales sobre la integración de metodologías ágiles en obras civiles similares.	caso específico del proyecto TK-707, examinando cómo estas características pueden integrarse o adaptarse en función de los principios ágiles, para validar su aplicabilidad en este contexto.
4. Diseñar un marco metodológico híbrido que integre elementos ágiles en la planificación y ejecución del proyecto TK-707, asegurando su compatibilidad con las prácticas tradicionales del sector.	A partir de las características de los procesos y la información disponible sobre sus circunstancias, se produjo una propuesta general de aplicación metodológica.	A partir del análisis de casos específicos, documentación del proyecto TK-707 y de las condiciones reales de planificación y ejecución, se identificaron patrones de compatibilidad entre enfoques ágiles y tradicionales. Con base en esas observaciones concretas, se construyó una propuesta general de marco metodológico híbrido aplicable al contexto del sector.	Desde los postulados teóricos de los marcos metodológicos ágiles y tradicionales, se dedujeron principios y criterios clave que debían integrarse en una propuesta híbrida. Estos elementos se aplicaron posteriormente al caso del TK-707, validando su viabilidad y compatibilidad con las prácticas del sector mediante el diseño de un marco metodológico adaptado.

Nota: La Tabla 2 muestra los métodos de investigación utilizados, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.3 Herramientas

Según el Project Management Institute, "las herramientas y técnicas de gestión de proyectos son métodos, procesos y sistemas utilizados por los equipos de proyecto para facilitar la planificación, ejecución y control de proyectos" (PMI, 2021).

El uso de herramientas y técnicas establece una base para que las organizaciones y proyectos alcancen las metas y objetivos.

El PMI (2017) proporciona un resumen general de herramientas y técnicas, clasificadas en seis grupos que se definen a continuación:

- Técnicas de recopilación de datos: utilizadas para recopilar datos e información de diversas fuentes.
- Técnicas de análisis de datos: Utilizadas para organizar, examinar y evaluar datos e información.
- Técnicas de representación de datos: Utilizadas para mostrar representaciones gráficas u otros métodos utilizados para transmitir datos e información.
- Técnicas para la toma de decisiones: Utilizadas para seleccionar un curso de acción entre diferentes alternativas.
- Habilidades de comunicación: Se utilizan para transferir información entre los interesados.
- Habilidades interpersonales y de equipo: Se utilizan para liderar e interactuar de manera efectiva con miembros del equipo y otros interesados.

En la Tabla 4, se definen las herramientas utilizadas para cada objetivo propuesto.

Tabla 4.
Herramientas Utilizadas.

Objetivos	Herramientas
1. Identificar las fases o procesos específicos del proyecto TK-707 en los que los principios ágiles pueden implementarse de manera	• Retroalimentación • Matrices • Mapeo

efectiva para mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la toma de decisiones.	
2. Analizar los principios y prácticas clave de la gestión ágil de proyectos, con el fin de identificar aquellos que pueden ser adaptados al contexto del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707.	• Juicio de expertos • Matrices • Diagramas • Análisis de documentos
3. Examinar la estructura y características de la gestión tradicional aplicada en obras civiles como el TK-707, para detectar sus limitaciones y oportunidades de integración con metodologías ágiles.	• Estudios comparativos • Juicio de expertos • Diagramas • Análisis de documentos
4. Diseñar un marco metodológico híbrido que integre elementos ágiles en la planificación y ejecución del proyecto TK-707, asegurando su compatibilidad con las prácticas tradicionales del sector.	• Plantillas de planificación • herramientas de gestión híbrida • (MS Project) • Matrices

Nota: La Tabla 4 muestra las herramientas utilizadas, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.4 Supuestos y restricciones

De acuerdo con el PMI, los supuestos son factores de planificación considerados como ciertos, verdaderos o reales sin alguna prueba o demostración. Asimismo el PMI, define los supuestos como: "una hipótesis que se considera verdadera en ausencia de evidencia, a menudo documentada en la planificación del proyecto y utilizada para respaldar las decisiones de planificación" (PMI, 2021, p.185).

El PMI describe las restricciones como "limitaciones internas o externas que afectan el rendimiento del proyecto y pueden incluir presupuestos limitados, fechas de entrega ajustadas, recursos humanos o materiales escasos, y estándares de calidad que deben cumplirse" (PMI, 2021).

Las restricciones son factores que limitan la ejecución del proyecto, estas pueden darse en tiempo, costo, calidad o recursos. Es importante conocer y gestionar ambos supuestos y restricciones.

Los supuestos y restricciones, y su relación con los objetivos del proyecto final de graduación, se ilustran en la Tabla 5, a continuación:

Tabla 5.
Supuestos y restricciones.

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Identificar las fases o procesos específicos del proyecto TK-707 en los que los principios ágiles pueden	Se asume que existen fases o procesos dentro del proyecto TK-707 que pueden ser susceptibles de mejora mediante la implementación de principios ágiles, y que	Acceso limitado a documentación confidencial,

implementarse de manera efectiva para mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la toma de decisiones.	los actores involucrados estarán dispuestos a compartir información relevante para su identificación y análisis.	disponibilidad de actores clave
2. Analizar los principios y prácticas clave de la gestión ágil de proyectos, con el fin de identificar aquellos que pueden ser adaptados al contexto del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707.	Se asume que los principios y prácticas clave de la gestión ágil cuentan con suficiente respaldo teórico y documental que permita su análisis comparativo con el contexto del proyecto TK-707, y que es posible identificar puntos de convergencia con los métodos tradicionales utilizados en el sector construcción.	Tiempo limitado para recopilar y analizar datos
3. Examinar la estructura y características de la gestión tradicional aplicada en obras civiles como el TK-707, para detectar sus limitaciones y oportunidades de integración con metodologías ágiles.	Se asume que los procesos y estructuras de la gestión tradicional empleada en el proyecto TK-707 están suficientemente documentados y son representativos de prácticas comunes en obras civiles, lo que permite su análisis comparativo frente a metodologías ágiles. Además, se presupone apertura mínima al análisis crítico del modelo tradicional por parte del equipo técnico.	Enfoque rígido en estándares tradicionales, resistencia al cambio Enfoque rígido en estándares tradicionales, resistencia al cambio
4. Diseñar un marco metodológico híbrido que integre elementos ágiles en la planificación y ejecución del proyecto TK-707, asegurando su compatibilidad con las prácticas tradicionales del sector.	Se asume que es viable conceptual y técnicamente el desarrollo de un marco metodológico híbrido que combine principios ágiles con prácticas tradicionales del sector, y que dicho marco puede ser comprendido y eventualmente adoptado por los actores involucrados en el proyecto TK-707.	El proyecto se verá limitado por la falta de recursos y fuentes de información

Nota: La Tabla 5 muestra supuestos y restricciones utilizadas en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.5 Entregables

Un entregable es “cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto” (PMI, 2017, p.708). Cada fase del proyecto por lo general termina con un entregable o lección aprendida que habilita o no a continuar con la siguiente fase.

Los entregables constituyen elementos fundamentales para evaluar el progreso y el éxito de un proyecto, ya que actúan como hitos estratégicos que permiten a los equipos de trabajo y a las partes interesadas verificar el grado de avance y la correspondencia con los objetivos previamente definidos. Esto significa que los entregables deben de estar alineados completamente a los objetivos del proyecto y son incluso parte de estos.

Una gestión efectiva de los entregables asegura que el proyecto se mantenga en curso y que los resultados finales cumplan con las expectativas del cliente y los estándares de calidad.

Los entregables también deben ser aceptados por los interesados del proyecto, deben cumplir con el control de calidad del proyecto y estar de acuerdo con la lista de requerimientos de este.

En la Tabla 6, se definen los entregables para cada objetivo propuesto.

Tabla 6.
Entregables

Objetivo específico	Entregables
1. Realizar un diagnóstico integral del sistema actual de gestión documental en obra.	Se desarrollará un informe diagnóstico que exponga de manera detallada el estado actual del sistema de gestión documental, describiendo los procesos, herramientas, actores y flujos de información involucrados. Este entregable incluirá la identificación de debilidades, riesgos y oportunidades de mejora, así como el nivel de cumplimiento frente a los estándares internos y buenas prácticas de la industria de la construcción.
2. Analizar las brechas y limitaciones existentes en los procedimientos de trazabilidad y control documental.	A partir del diagnóstico, se elaborará un análisis de brechas que permita evidenciar las principales limitaciones en materia de trazabilidad, control de versiones y acceso a la información. Este documento integrará métricas de valor que reflejen el impacto de dichas brechas en la eficiencia operativa, en la coordinación entre actores y en la calidad de la documentación técnica.
3. Diseñar una propuesta de mejora basada en herramientas digitales de bajo costo.	Se formulará una propuesta técnica y operativa que contemple la implementación de herramientas digitales de bajo costo para optimizar el control documental y la trazabilidad en obra. Este entregable integrará un plan de acción estructurado con fases, recursos requeridos y responsables, así como una estimación del impacto esperado en términos de eficiencia, reducción de errores y sostenibilidad del sistema.
4. Establecer indicadores de desempeño que permitan evaluar la efectividad del sistema propuesto.	Se desarrollará un conjunto de indicadores clave de desempeño (KPIs) enfocados en medir la eficiencia, precisión y nivel de cumplimiento del sistema de gestión documental propuesto. Los resultados se presentarán en un informe consolidado que incluirá las conclusiones, recomendaciones estratégicas y un marco de seguimiento para garantizar la mejora continua del proceso.

Nota: La Tabla 5 muestra los entregables del proyecto, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

4. Desarrollo

Al iniciar el desarrollo de un proyecto, una de las decisiones más relevantes es la selección de la metodología de gestión más adecuada, ya que de esta elección dependen aspectos esenciales como la organización de las actividades, el uso de recursos y el incumplimiento de los objetivos planteados. No obstante, esta decisión rara vez resulta sencilla, pues requiere analizar los requerimientos específicos del proyecto, las expectativas de los interesados y las condiciones del entorno.

En este sentido, “se propone un conjunto de categorías y factores, que permiten desarrollar una mejor selección de metodologías de proyectos al momento de considerar criterios relevantes como sostenibilidad, impacto, y generación de valor en diferentes tipos de proyectos” (Revista ESPACIOS, 2017). Dicho planteamiento refuerza la necesidad de evitar enfoques genéricos y de optar, en cambio, por modelos que se ajusten a las particularidades de cada iniciativa. Así, mientras que las metodologías predictivas o tipo cascada se han caracterizado por ofrecer control y planificación secuencial, las metodologías ágiles han ganado relevancia por su capacidad de generar resultados incrementales y facilitar la adaptación al cambio.

En consecuencia, la elección metodológica no solo constituye un ejercicio técnico sino también una decisión estratégica que influye directamente en la calidad, la productividad y la sostenibilidad del proyecto. Es por esto que, los directores de proyectos deben escoger una u otra de acuerdo a las necesidades del proyecto, las exigencias de los clientes y del equipo del que disponga.

4.1 Análisis de la metodología convencional de gestión de proyectos tipo predictivo en cascada para identificar áreas de mejora.

Cuando se habla de gestión de proyectos, de manera habitual se hace referencia al enfoque tradicional conocido como metodología predictiva en cascada. Este modelo parte de una secuencia de fases claramente diferenciadas, en las que cada etapa debe concluirse por completo antes de dar inicio a la siguiente. Además, entre dichas fases suelen establecerse hitos que funcionan como puntos de control, los cuales impiden avanzar si no han sido liberados de forma adecuada. De este modo, la metodología se desarrolla dentro de un ciclo predictivo, en el que el alcance, el tiempo y el costo se definen desde el inicio y los esfuerzos se concentran en cumplir con los compromisos pactados en los tres factores anteriormente mencionados.

En este tipo de metodología, las fases se organizan de manera secuencial y consecutiva, de modo que cada una se centra en un subproducto o actividad específica. Así, el trabajo que se desarrolla en una fase es sustancialmente distinto al de los demás, lo que provoca que la composición del equipo también varíe según el momento del ciclo. Este modelo, aunque ha demostrado ser útil en proyectos de alta inversión y baja nivel de tolerancia al riesgo, presenta limitaciones significativas en contextos caracterizados por la incertidumbre o la necesidad de ajustes frecuentes.

De acuerdo con la información recopilada en la tabla 7 se detallan tanto las fortalezas como las debilidades de esta metodología lo cual permite identificar áreas de mejora y oportunidades de adaptación a nuevos enfoques. Conviene subrayar que ninguna metodología es intrínsecamente mejor que otra, ya que la elección depende en gran medida del tipo de

proyectos, de la cultura organizacional y del contexto en el que se ejecute. En consecuencia, el análisis del enfoque predictivo resulta clave no solo para reconocer sus aportes en términos de control y planificación, sino también para determinar los espacios donde la flexibilidad y la innovación se hacen necesarias.

Tabla 7.

Fortalezas y debilidades de la metodología predictiva tipo cascada.

Fortalezas	Debilidades
Claridad en el alcance, tiempo y costo desde el inicio del proyecto.	Escasa flexibilidad para adaptarse a cambios de alcance o imprevistos.
Proporciona un marco estructurado y secuencial que facilita el control.	El trabajo suele detectarse como no conforme en fases avanzadas, aumentando costos de corrección.
Favorece la documentación formal y detallada en cada fase.	La retroalimentación de los interesados es limitada y ocurre de forma tardía.
Útil en proyectos con requisitos estables y definidos desde el inicio.	Los retrasos en una fase afectan directamente las fases subsiguientes.
Permite un alto nivel de control en proyectos de gran envergadura y bajo riesgo.	La comunicación tiende a ser vertical y burocrática, reduciendo la agilidad en la toma de decisiones.
Establece hitos de control que aseguran calidad en las transiciones de fases.	Se dificulta la identificación temprana de desviaciones, al no desagregar suficientemente los entregables.

Recomendable cuando los productos o servicios finales no requieren cambios frecuentes.	Puede generar sobrecostos por falta de iteraciones intermedias y ajustes progresivos.
--	---

Nota: Elaboración propia con base en PMI (2017) y análisis del proyecto TK-707. Autoría propia.

Aunque las metodologías convencionales ofrecen ventajas en planificación y control, sus limitaciones frente al cambio y la incertidumbre se hacen evidentes, sobre todo cuando los requerimientos evolucionan o cuando los contextos externos varían. De acuerdo con Klünder et al, la selección metodológica debe responder a factores contextuales específicos y no a la aplicación rígida de un único enfoque, lo que refuerza la necesidad de explorar alternativas híbridas que combinen lo mejor de ambos mundos.

4.2 Procesos del proyecto TK-707 con potencial de integración ágil

El estudio de los principios y dominios ágiles en el contexto petrolero resultan esenciales para comprender cómo estos pueden adaptarse a proyectos de gran escala como el tanque de almacenamiento TK-707. Mientras que las metodologías tradicionales privilegian la planificación detallada y la ejecución secuencial, los enfoques ágiles proponen la flexibilidad, la colaboración constante y la entrega incremental de valor. Según Highsmith (2009), los principios ágiles buscan responder al cambio de manera más efectiva que al seguir un plan rígido, lo que resulta especialmente valioso en proyectos donde las condiciones de ejecución y las demandas de los interesados pueden modificarse de forma inesperada. Del mismo modo, Serrador y Pinto (2015) destacan que la aplicación de prácticas ágiles está directamente relacionada con una mayor satisfacción del cliente y un mejor desempeño general en los proyectos, incluso en

sectores tradicionalmente asociados a modelos predictivos. En consecuencia, analizar los principios, dominios y prácticas ágiles más relevantes permite identificar aquellos que, con las debidas adaptaciones, ofrecen mayor potencial de aplicación en la gestión del TK-707.

Tabla 8.

Procesos del proyecto TK-707 y oportunidades de aplicación ágil.

Procesos del proyecto TK-707 y oportunidades de aplicación ágil		
Fase/Proceso del Proyecto TK-707	Limitación detectada en modelo cascada	Oportunidad de integración ágil
Planificación inicial de obra	Existe rigidez frente a los cambios en el cronograma, el cual se ajusta estrictamente a los tiempos establecidos del proyecto sin contemplar posibles imprevistos. Esta situación incrementa la probabilidad de realizar ajustes durante la fase de ejecución.	Aplicar iteraciones cortas con revisiones frecuentes de la planificación. En una primera fase, se debe realizar un desglose de las actividades principales e involucrar progresivamente a las diferentes áreas de trabajo, con el fin de construir un cronograma más realista y alineado con las condiciones del proyecto.
Diseño de ingeniería de detalle	Los cambios tardíos generan retrasos en el cronograma, además de evidenciar una insuficiente integración entre las áreas técnicas de trabajo y la	Implementar revisiones incrementales y retroalimentación temprana entre las diferentes disciplinas. Para ello, se propone realizar

	ingeniería de detalle, lo que se traduce en vacíos y demoras en la definición de la ingeniería.	una reunión semanal de una hora, enfocada en revisar los avances de diseño y priorizar las etapas críticas del proyecto. Un ejemplo concreto sería abordar oportunamente los aspectos relacionados con la cimentación del tanque.
Coordinación interdisciplinaria	Comunicación fragmentada y vertical. La falta de interacción efectiva entre las diferentes disciplinas genera obstrucciones entre los mismos ingenieros al momento de ejecutar sus actividades, ocasionando retrasos en el desarrollo del proyecto e incluso condiciones inseguras para los trabajadores.	Implementar reuniones de coordinación tipo <i>daily stand-up</i> para fortalecer la integración de los equipos. Estas reuniones diarias se enfocarán en la revisión de las actividades programadas para el día, incluyendo movimientos de maquinaria pesada, organización del personal y priorización de las tareas más relevantes de la programación inicial del proyecto
Supervisión de actividades críticas	Identificación tardía de desviaciones. Durante la ejecución de las actividades, es común que no se consideren adecuadamente los tiempos de ejecución, lo que genera excedentes respecto a las fechas inicialmente programadas. Esta	Implementar tableros visuales (<i>Kanban</i>) para el monitoreo en tiempo real del avance de las actividades. Se dispondrá de un tablero donde se registren las tareas en ejecución, organizadas en columnas que indiquen su estado, tiempos de

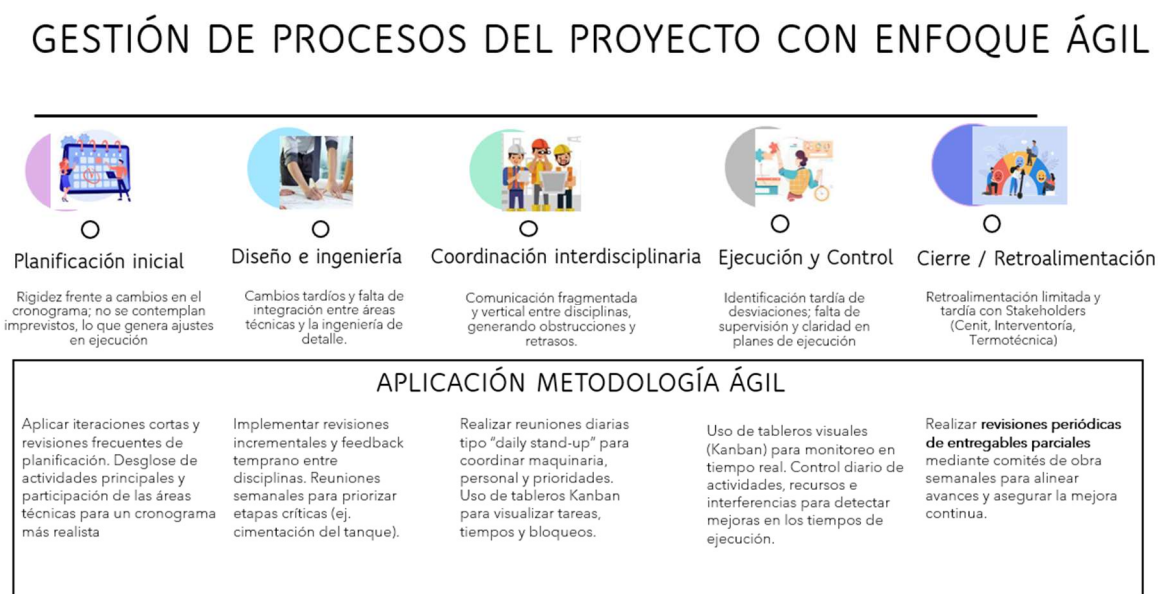
	situación se origina principalmente por la falta de supervisión y la ausencia de un plan de ejecución claramente definido.	ejecución, interferencias o falta de recursos. Además, se realizarán controles diarios para identificar oportunidades de mejora en los tiempos de ejecución y prevenir retrasos en la programación del proyecto.
Gestión de interesados (stakeholders)	Retroalimentación limitada y tardía. La falta de una adecuada gestión de los <i>stakeholders</i> (Interventoría, Cenit y Termotécnica) impide la implementación de mejoras continuas en los entregables desarrollados por la empresa, lo que puede generar retrocesos respecto a los avances alcanzados y afectar el cumplimiento del plan inicial del proyecto	Involucrar revisiones periódicas de los entregables parciales. Se propone realizar semanalmente un comité de obra para revisar los avances y las metas establecidas por Termotécnica ante el cliente Cenit. En estas reuniones, la Interventoría cumplirá un rol mediador, facilitando la retroalimentación sobre los entregables y la planificación proyectada. Este mecanismo busca garantizar la alineación de todos los involucrados con los objetivos y lineamientos del proyecto.

Nota: Elaboración propia con base en PMI (2017) y análisis del proyecto TK-707. Autoría propia.

A su vez, la identificación de fases críticas en el proyecto TK-707 demuestra que la integración de principios ágiles no busca reemplazar la gestión tradicional, sino complementar de manera estratégica. Gracias a la incorporación de prácticas interactivas y colaborativas en etapas

claves, particularmente en la planificación, el diseño y la coordinación interdisciplinaria, es posible aumentar la capacidad de respuesta, optimizar la comunicación y generar mayor alineamiento con los objetivos del proyecto. De esta manera, se sientan las bases para avanzar hacia un marco de trabajo híbrido que combine la estabilidad de lo predictivo con la flexibilidad de lo ágil, garantizando así un proceso de ejecución más eficiente y sostenible, tal como se ilustra en la siguiente imagen:

Figura 6.
Gestión de procesos del proyecto con enfoque ágil



Fuente: Elaboración propia con base en PMI (2017) y análisis del proyecto TK-707.

4.2.1 Principios y prácticas ágiles aplicables al proyecto TK-707

El análisis de los principios y prácticas ágiles constituye un paso clave para determinar cuáles de ellos pueden adaptarse a la gestión de proyectos petroleros de construcción como el tanque de almacenamiento TK-707. Tradicionalmente, las obras civiles se han gestionado con

metodologías predictivas que privilegian la planificación detallada y la ejecución secuencial; sin embargo, este esquema muestra limitaciones en contextos donde la incertidumbre y los cambios son inevitables. En contraste, los enfoques ágiles promueven la flexibilidad, la colaboración constante y la entrega incremental de valor, lo que resulta especialmente útil cuando los requisitos del proyecto evolucionan o cuando los interesados demandan ajustes continuos. Según Highsmith (2009), la esencia de la agilidad radica en “responder al cambio por encima de seguir un plan”, un principio que cobra relevancia en escenarios dinámicos como la construcción.

Asimismo, Serrador y Pinto (2015) demostraron, en un estudio cuantitativo, que los proyectos que incorporan prácticas ágiles muestran mayores niveles de éxito y satisfacción de los interesados, incluso en sectores tradicionalmente asociados a enfoques predictivos.

Tabla 9.

Aplicaciones ágiles en el proyecto TK-707.

Principio/Práctica Ágil	Propósito principal	Aplicación en el proyecto TK-707
Iteraciones cortas (Sprints)	Permitir el desarrollo del trabajo en ciclos breves que faciliten la identificación de desviaciones tempranas, la adaptación a cambios imprevistos y la entrega progresiva de valor. Este enfoque reduce el riesgo de acumulación de errores y mejora la capacidad	En la planificación y ejecución del tanque TK-707, se propone aplicar iteraciones de corta duración para revisar y ajustar el cronograma con base en el avance real de la obra. Cada ciclo incluirá entregas parciales, como el cierre de actividades por frentes de trabajo (cimentación, estructura metálica,

	de respuesta ante condiciones cambiantes del entorno de obra.	drenajes), permitiendo evaluar el cumplimiento de metas y reprogramar sin afectar el objetivo general.
Reuniones diarias (Daily stand-up)	Fomentar la comunicación continua y transparente entre los equipos, permitiendo identificar obstáculos, reasignar tareas y mantener la sincronización del trabajo. Estas reuniones breves mejoran la coordinación y reducen los tiempos de espera o duplicidad de esfuerzos.	Se implementarán reuniones diarias de coordinación entre supervisores, contratistas y el equipo de frente civil para evaluar el progreso de las actividades críticas. Estos encuentros permitirán detectar interferencias (equipos, materiales o seguridad) y realizar ajustes inmediatos en la programación, fortaleciendo la agilidad operativa del proyecto.

Tableros Kanban	Visualizar el flujo completo de trabajo, identificar cuellos de botella y facilitar la priorización de tareas según su criticidad o disponibilidad de recursos. Además, promueven la transparencia y el control colaborativo.	Se plantea el uso de tableros visuales físicos y digitales (Kanban) para monitorear el estado de las actividades en tiempo real. Las columnas reflejarán fases como “Por hacer”, “En ejecución” y “Completado”, junto con observaciones sobre recursos, interferencias y responsables. Esta herramienta permitirá detectar retrasos y coordinar respuestas inmediatas para evitar acumulaciones o incumplimientos.
Feedback temprano de stakeholders	Garantizar la retroalimentación oportuna de los interesados clave, evitando reprocesos y mejorando la calidad de los entregables mediante una comunicación constante y bidireccional.	A través de comités semanales de avance con la participación de Cenit, la interventoría y Termotécnica, se revisarán los entregables parciales y la planificación proyectada. Este proceso busca alinear las expectativas, validar los resultados técnicos y permitir la implementación inmediata de mejoras sugeridas, asegurando la satisfacción de todas las partes.

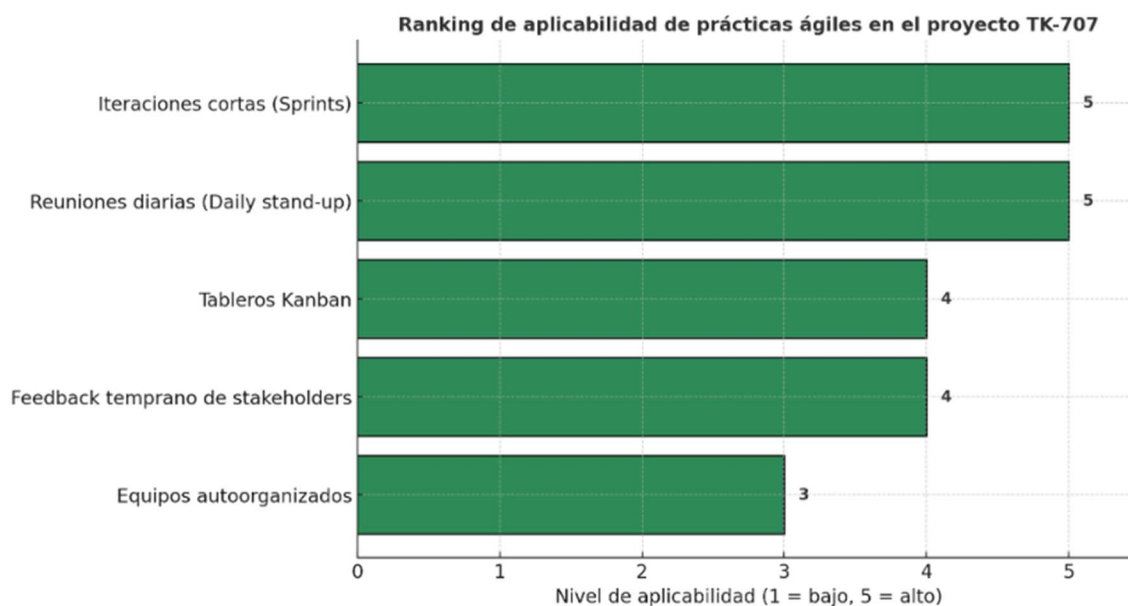
Equipos autoorganizados	Promover la autonomía, el liderazgo compartido y la responsabilidad colectiva en la toma de decisiones. Este principio fortalece la motivación del equipo y aumenta la eficiencia en la resolución de problemas.	Se impulsará la autogestión en las cuadrillas de obra, delegando en ellas la responsabilidad de priorizar tareas y proponer soluciones ante imprevistos menores. El rol del supervisor se centrará en facilitar recursos y eliminar obstáculos, en lugar de dirigir de forma jerárquica. Esto permitirá un flujo de trabajo más dinámico y adaptable a las condiciones reales del frente de ejecución.
--------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia con base en PMI (2017) y análisis del proyecto TK-707.

En síntesis, el estudio del Objetivo 2 evidencia que los principios y dominios ágiles pueden convertirse en aliados estratégicos para mejorar la eficiencia en proyectos petroleros, sin necesidad de abandonar por completo la estructura del enfoque predictivo. Al contrario, su incorporación busca complementar la gestión tradicional, aportando mayor capacidad de adaptación, mejor comunicación entre los equipos y un vínculo más sólido con las expectativas de los interesados. Como señalan Serrador y Pinto (2015), la combinación de prácticas ágiles con marcos tradicionales no solo aumenta la probabilidad de éxito, sino que también permite generar mayor valor en entornos complejos y altamente demandantes como el sector petrolero.

Figura 7.

Ranking de aplicabilidad de prácticas ágiles en el proyecto TK-707.



El gráfico anterior evidencia que no todas las prácticas ágiles poseen el mismo nivel de aplicabilidad dentro del proyecto TK-707. Mientras que las iteraciones cortas y las reuniones diarias resultan altamente pertinentes para dinamizar la planificación y mejorar la comunicación entre los equipos, el uso de tableros Kanban y el feedback temprano con los interesados se posicionan como herramientas valiosas para el control visual y la validación progresiva de avances. En contraste, la conformación de equipos autoorganizados presenta un nivel de implementación más limitado, ya que la estructura jerárquica y normativa del sector de la construcción restringe la autonomía total de los grupos de trabajo. En consecuencia, el ranking permite priorizar aquellas prácticas que generan un mayor impacto positivo en términos de

adaptabilidad, colaboración y eficiencia, al tiempo que señala las áreas donde la integración ágil requiere mayores ajustes contextuales.

En este contexto, tanto el *backlog* como el tablero Kanban trascienden la función de herramientas operativas y se constituyen en mecanismos de apoyo directo a la gestión tradicional del proyecto. Dado que facilitan la priorización de decisiones y actividades importantes, la gestión oportuna de riesgos y el control de interfaces entre disciplinas, al tiempo que contribuyen a mantener una adecuada alineación entre la planificación de carácter predictivo y la ejecución real en campo. Asimismo, su incorporación contribuye a mejorar la alineación entre la planificación base y la ejecución real en campo, evidenciando oportunidades concretas de integración entre metodologías ágiles y la gestión convencional. De esta manera, se refuerza el rol del *Project Manager* como integrador estratégico, al tiempo que se generan insumos para examinar la estructura y características de la gestión tradicional aplicada en el proyecto TK-707, en coherencia con el Objetivo Específico 3, tal y como se muestran en los siguientes ejemplos:

Tabla 10.
Backlog de la gestión tradicional.

ID	Ítem del Backlog	Enfoque de Gestión	Valor que Genera
BL-01	Definir y aprobar plan de ejecución del ciclo constructivo de la placa de fondo	Integración y planificación	Alinea frentes, recursos y secuencia crítica
BL-02	Identificar y gestionar restricciones técnicas y ambientales del vaciado de concreto	Gestión de riesgos	Reduce reprocesos y retrasos
BL-03	Coordinar liberación QA/QC previa a fundida de placa de fondo	Gestión de calidad	Garantiza cumplimiento normativo

BL-04	Ajustar planificación de corto plazo ante condiciones climáticas	Planificación adaptativa	Mantiene continuidad del proyecto
BL-05	Coordinar interfaces entre obra civil y montaje mecánico	Gestión de interfaces	Evita conflictos entre disciplinas
BL-06	Seguimiento al avance real vs. planificado del frente civil	Control del cronograma	Permite decisiones oportunas
BL-07	Gestión de cambios derivados de desviaciones en campo	Control de cambios	Protege alcance, costo y tiempo
BL-08	Documentar lecciones aprendidas del ciclo constructivo	Gestión del conocimiento	Mejora ciclos posteriores

Nota: La tabla 10 muestra las características de la gestión tradicional aplicadas al proyecto TK-707. Tomado de: Autoría propia.

Figura 8.

Tablero Kanban – Gestión del frente civil TK-707.



Nota: Tablero Kanban- Gestión del frente civil TK-707. Tomado de: Autoría Propia

4.3 Desarrollo del plan integral del proyecto

Tras un exhaustivo análisis de las limitaciones inherentes al enfoque predictivo tradicional y la identificación de prácticas ágiles pertinentes para el proyecto TK-707 como se detalla en la Tabla 9, se presenta a continuación el diseño de un marco de trabajo híbrido. Este modelo busca integrar de manera estratégica principios, dominios y herramientas ágiles, sin comprometer la rigurosidad técnica y contractual que es indispensable en el sector de Oil & Gas. De este modo, se incorporan ciclos cortos de entrega de valor continuo, una gobernanza adaptativa y artefactos ágiles esenciales para gestionar eficazmente la incertidumbre y optimizar los procesos de retroalimentación, en línea con las recomendaciones de la Agile Practice Guide (PMI, 2017).

El modelo combina un ciclo de vida predictivo a nivel macro (fases del EPC) con un enfoque adaptativo (iterativo e incremental) para la ejecución de paquetes de trabajo específicos en la fase de construcción.

4.3.1 Gobernanza y roles del marco de trabajo híbrido.

Para que el marco de trabajo híbrido sea aplicable y funcione, se requiere una estructura de gobernanza que habilite la toma de decisiones ágiles redefiniendo roles existentes sin crear una burocracia paralela, tal como se explica a continuación:

- Comité de priorización (Product Owner estratégico):
 - Integrantes: Representantes clave de cenit (cliente), gerente de proyecto (Termotécnica) y la interventoría.

- Responsabilidad: Actúa como el “Product Owner” a nivel estratégico. Su función es priorizar el Project Backlog (los grandes paquetes de trabajo de la EDT) basándose en el valor para la empresa, la ruta crítica y los riesgos. Define los objetivos de cada “sprint” o iteración constructiva.
- Facilitador Ágil (Scrum Master):
 - Integrantes: Este rol es asumido por el ingeniero residente o un coordinador de planificación.
 - Responsabilidad: Es el facilitador del proceso, no un jefe. Se asegura de que el equipo de frente de obra pueda trabajar sin interrupciones. Su labor es eliminar los impedimentos (Ej: Falta de materiales, permisos demorados, interferencias) que el equipo identifica en las daily standups.
- Equipo de frente de obra (Equipo de desarrollo):
 - Integrantes: Un equipo multifuncional compuesto por los supervisores de disciplina (Civil, Mecanica, Electrica), personal de QA/QC HSE y compras.
 - Responsabilidad: Es el equipo autoorganizado responsable de ejecutar el trabajo del Sprint Backlog. Tiene la autonomía para definir cómo se ejecutarán las tareas planificadas en la iteración, garantizando el cumplimiento de la definición de hecho.

4.3.2 Artefactos ágiles adaptados a la construcción.

Para asegurar que todos los paquetes de trabajo de la EDT contribuyan directamente a los objetivos del proyecto y a los requisitos del cliente, el marco de trabajo híbrido emplea un

conjunto de artefactos clave, adaptados del marco Scrum, para gestionar de manera transparente y eficiente el flujo de trabajo del proyecto.

Project Backlog (Lista Priorizada del Proyecto)

- **Descripción:** Es la lista maestra, única y priorizada de todo el trabajo requerido para el proyecto, derivada directamente de la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT). Contiene todos los paquetes de trabajo (ej. "Cimentaciones", "Montaje Anillo 1", "Pruebas Hidrostáticas").
- **Gestión:** Es un artefacto dinámico, gestionado y priorizado continuamente por el Comité de Priorización con base en el valor para el negocio, la ruta crítica y los riesgos emergentes.

Sprint Backlog (Plan de Iteración)

- **Descripción:** Es el subconjunto de paquetes de trabajo seleccionados del *Project Backlog* en el que el equipo de frente de obra se compromete a completar durante una iteración de tiempo fijo (Ej. un *Sprint* de 4 semanas).
- **Gestión:** Se define en la reunión de Sprint Planning y es gestionado por el Equipo de Frente de Obra durante la iteración.

Definition of Ready (Definición de Listo)

- **Descripción:** Es un conjunto de criterios objetivos y verificables que un paquete de trabajo debe cumplir *antes* de que el equipo de frente de obra pueda iniciar su ejecución (PMI, 2027, pág 151).
- **Propósito:** Su propósito es asegurar la calidad del flujo de entrada y evitar que se inicien trabajos que serán bloqueados por dependencias (ej. falta de materiales o permisos), mitigando así un imprevisto y demoras en la obra.
- **Criterios de Ejemplo:**
 - Ingeniería de detalle 100% aprobada y liberada para construcción.
 - Materiales críticos y consumibles disponibles y validados por calidad (QA/QC).
 - Permisos de trabajo (HSE) y análisis de riesgos (AST) aprobados.
 - Equipo, maquinaria y personal calificado asignados y disponibles.

Definition of Done (Definición de Terminado)

- **Descripción:** Constituye el estándar de calidad compartido y el artefacto más crítico del marco. Es una lista de criterios que define de manera inequívoca cuándo un paquete de trabajo se considera 100% terminado, aporta valor verificable al proyecto y está listo para ser usado por el cliente (PMI, 2017, pág 151).
- **Criterios de Ejemplo:**
 - Trabajo constructivo totalmente finalizado según planos y especificaciones.
 - Inspección de QA/QC y pruebas (ej. Ensayos no destructivos, pruebas hidrostáticas completadas y aprobadas.)
 - Planos *Red Line* (As-Built) actualizados conforme al trabajo ejecutado.

- Aceptación formal y firma por parte de la Interventoría.

Incremento (Increment)

- **Descripción:** Es el resultado tangible y validado al final de una iteración. Representa la suma de todos los paquetes de trabajo del *Sprint Backlog* que han cumplido satisfactoriamente la *Definition of Done*. Es el entregable funcional que se presenta al cliente y la interventoría durante la *Sprint Review* (ej. "Cimentación del tanque completada y aceptada formalmente").

La estructura del marco híbrido se articula mediante un mapa de flujo de valor (VSM). Esta herramienta permite visualizar el proceso completo, desde la priorización del trabajo hasta la entrega de un incremento validado. La gestión de dicho flujo se facilita a través de eventos clave (reuniones) diseñados para asegurar ciclos constantes de inspección y adaptación.

Flujo de Valor del Proyecto (Value Stream Map)

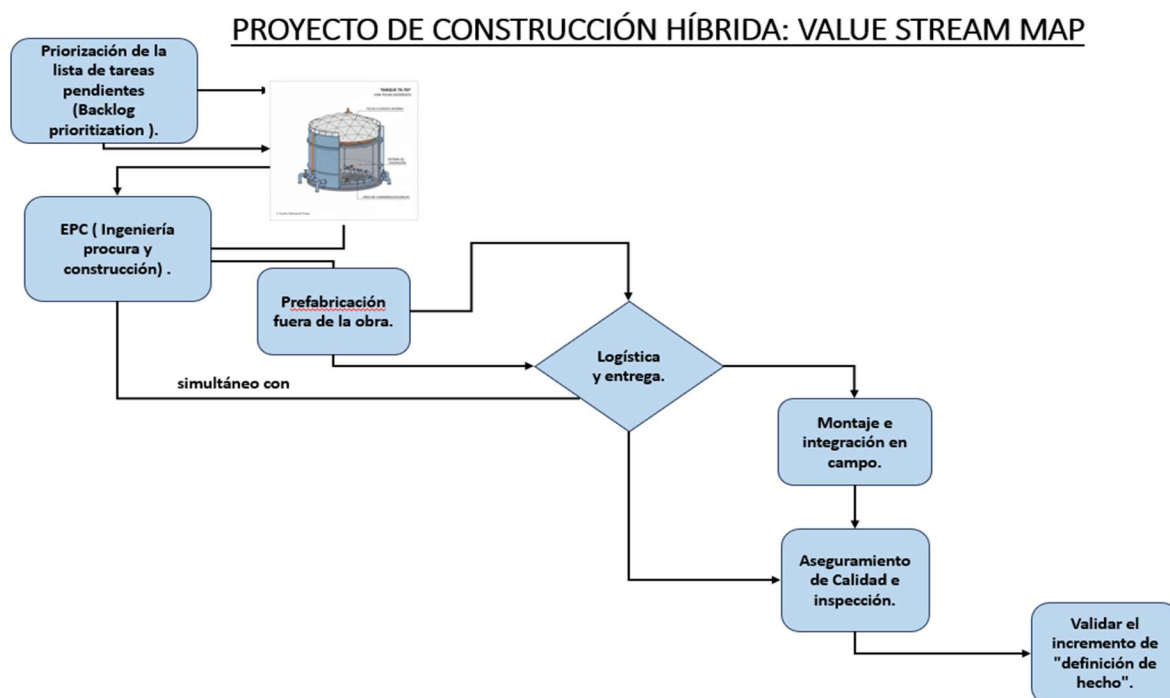
En el marco de trabajo híbrido propuesto, el flujo de valor (Value Stream) es el proceso mediante el cual los requisitos del cliente (paquetes de la EDT) se transforman en un componente físico, construido y validado, denominado "Incremento".

El flujo se activa cuando el Comité de Priorización establece el objetivo estratégico de la siguiente iteración (ej. "Completar cimentación del tanque"). Posteriormente, en la reunión de Sprint Planning, el Equipo de Frente de Obra desglosa dicho objetivo en un plan de trabajo detallado y verifica que cada paquete cumpla con la Definición de "Ready" (DoR) antes de iniciar.

Durante la ejecución de la iteración (*Sprint*), el avance se gestiona de forma transparente mediante tableros Kanban, los cuales visualizan el estado de cada tarea (ej. *Por Hacer, En Proceso, En QA/QC, Hecho*). El ciclo concluye cuando el paquete de trabajo satisface todos los criterios de la Definición de "Done" (DoD) y es formalmente presentado y aceptado por el cliente y la interventoría durante la Sprint Review.

Figura 9.

Value Stream MAP del Proyecto TK-707



Nota. La figura 9 ilustra el flujo de trabajo del marco híbrido. El proceso inicia cuando el Comité de Priorización (Cliente, Gerencia, Interventoría) define y prioriza los paquetes de trabajo del *Project Backlog* (EDT). Autoría Propia.

En el evento Sprint Planning, el Equipo de Frente de Obra selecciona dicho trabajo y se compromete a su ejecución. Esta ejecución está condicionada por el cumplimiento de la Definición de "**Ready**", que actúa como un control de entrada (ingeniería, materiales, permisos).

El trabajo fluye a través del *Sprint*, gestionado visualmente en un Tablero Kanban. El control de salida es la Definición de "Done", que asegura que el trabajo cumpla con todos los criterios de calidad y aceptación (pruebas, interventoría).

El ciclo concluye en la Sprint Review, donde el Incremento de Valor Verificable (la obra física terminada) es validado por el Comité. La retroalimentación (*feedback*) obtenida en esta revisión se emplea para refinar y re ajustar las prioridades del *Project Backlog* para el siguiente ciclo iterativo.

4.4 Desarrollo del plan integral del proyecto

En este apartado se desarrollan los componentes importantes dentro de la gestión del proyecto que son esenciales para la estructura de desarrollo. Se abordan desde las definiciones hasta la estrategia de enfoque, así como las técnicas y herramientas necesarias para llevar la planificación del proyecto a buen término en cada área de la gestión de proyectos. P

Particularmente se detallan los pasos y procedimientos para la creación del plan integral de gestión del proyecto. Se incluyen elementos clave como la definición del alcance, cronograma, costos, calidad, riesgos, adquisiciones, comunicación, interesados y otros aspectos relevantes.

Matriz de interesados

La identificación y análisis de los interesados resulta fundamental para garantizar la ejecución efectiva del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707, especialmente bajo un enfoque híbrido que combina prácticas predictivas con principios ágiles.

Reconocer el nivel de influencia, expectativas y necesidades de cada actor permite establecer estrategias de involucramiento más realistas y adaptativas, facilitando la toma de decisiones y reduciendo incertidumbres propias de la obra civil. Tal como señala la Guía del PMBOK (PMI, 2021) comprender a los interesados posibilita seleccionar el enfoque adecuado para su participación en el proyecto, asegurando una comunicación oportuna, la validación incremental de los entregables y el alineamiento continuo con los objetivos estratégicos del cliente y del contratista.

Tabla 11.
Análisis de los interesados.

Tipo	Interesado	Rol en el Proyecto	Intereses / Expectativas	Nivel de Poder	Nivel de Interés	Estrategia de Gestión (Híbrida / Ágil)
Directo	Gerencia de Termotécnica	Sponsor; toma de decisiones estratégicas; asigna recursos.	Cumplimiento de plazos contractuales, control de costos y visibilidad del avance del tanque TK-707.	Alto	Alto	Gestión cercana; reuniones de revisión por incrementos; tableros de avance y reportes ejecutivos.
Directo	Cenit (Cliente)	Propietario del activo; supervisión del cumplimiento contractual.	Calidad del tanque, avances transparentes, gestión adecuada de interferencias y certificaciones.	Alto	Alto	Involucramiento continuo; presentaciones incrementales; validación temprana del alcance.

Directo	Equipo de Frente de Obra (Soldadores, Oficiales, Operadores)	Ejecutan actividades constructivas del tanque y áreas asociadas.	Lineamientos claros, eliminación de retrabajos, disponibilidad de materiales y secuencia estable.	Medio	Alto	Reuniones diarias tipo <i>daily stand-up</i> ; seguimiento visual; resolución rápida de bloqueos.
Directo	Inspector Técnico / Interventoría	Verifica cumplimiento técnico, normas API y estándares de seguridad.	Información completa y oportuna; cumplimiento de API 650; reducción de desviaciones.	Alto	Medio	Comunicación formal; entregables iterativos; validación continua en campo.
Directo	Ingeniero Residente (Sebastián)	Coordina la planificación y ejecución; integra prácticas ágiles en campo.	Flujo de trabajo estable, reducción de desperdicios, control de interfaces y comunicación efectiva.	Medio	Alto	Uso de Kanban, ciclos cortos, reuniones de retrospectiva por frentes.
Directo	HSE / Seguridad Industrial	Supervisa el cumplimiento de normas de seguridad y permisos.	Cero incidentes; orden y limpieza; cierre oportuno de permisos de alto riesgo.	Alto	Medio	Coordinación diaria; tableros de seguridad; alertas tempranas.

Directo	Control de Costos y Planificación	Actualización del cronograma y curvas S; control presupuestal.	Información precisa del avance real; coherencia entre los frentes y la ruta crítica.	Alto	Alto	Integración ágil–predictiva; sincronización semanal; reportes en vivo.
Directo	Departamento de Compras / Logística	Suministro de materiales y equipos.	Requerimientos claros, tiempos de entrega realistas, reducción de urgencias.	Medio	Medio	Priorización basada en backlog; integración con el Sprint Planning del proyecto.
Indirecto	Comunidad aledaña / zona industrial	Impacto social y ambiental del proyecto.	Minimización de ruidos, emisiones y tráfico; estabilidad laboral y desarrollo local.	Bajo	Medio	Informar; manejo de quejas; coordinación con la empresa.
Indirecto	Autoridades ambientales y municipales	Supervisan permisos y cumplimiento ambiental.	Cumplimiento normativo; manejo adecuado de residuos y aguas residuales de obra.	Alto	Bajo	Mantener satisfechos; documentación oportuna; visitas programadas.

Indirecto	Aseguradora / Auditorías externas	Evaluación de riesgos y cumplimiento contractual.	Documentación completa; cumplimiento del plan de gestión de riesgos.	Medio	Bajo	Informar periódicamente; entregar reportes de riesgos.
-----------	---	--	---	-------	------	---

Nota: La tabla 11 muestra el registro del análisis los interesados dentro del proyecto. Elaboración propia.

Matriz de trazabilidad

La matriz de trazabilidad permite asegurar que todos los requisitos definidos para el análisis y propuesta metodológica del proyecto TK-707 se encuentren alineados con los objetivos planteados en la investigación, manteniendo coherencia con las necesidades reales del proyecto y las expectativas de los interesados clave. Esta herramienta facilita evitar desviaciones metodológicas y garantiza que cada elemento del estudio aporte valor al objetivo general, así como a los objetivos específicos. Entre sus principales funciones se destacan: la alineación entre requisitos y objetivos, al permitir verificar que cada requisito se relaciona directamente con los propósitos del estudio; el control de cambios, ya que la matriz puede actualizarse a medida que avanza el análisis o se integran nuevos hallazgos relevantes; y la evaluación del impacto, al facilitar la documentación y el control del alcance del proyecto de investigación. En coherencia con la necesidad de asegurar la trazabilidad y el valor generado por cada componente del estudio, en la Tabla correspondiente se presenta la matriz de trazabilidad elaborada para el seguimiento y

validación de los requisitos asociados al diseño del marco metodológico híbrido aplicado al proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707.

Tabla 12.
Matriz de trazabilidad.

ID	Tipo de requisito	Requisito (aplicado al TK-707)	Prioridad	Fuente / Origen	Relacionado con objetivo de la tesis	Entregable en tu tesis	Verificación	Validación (en el contexto TK-707)
1	Diagnóstico del proyecto	Identificar las limitaciones reales del enfoque predictivo usado en el TK-707: retrasos, cambios de alcance, falta de iteraciones, comunicación vertical	Alta	Entrevistas, minutas del TK-707, documentación CENIT	Objetivo específico 1	Cap. 1.2 Problemática + análisis del enfoque tradicional	Revisión documental del proyecto	Coherencia con problemas reales en obra (retrazos en secuencias, cambios tardíos de ingeniería, etc.)
2	Necesidad de mejora	Determinar qué fases del TK-707 requieren agilidad: planificación detallada, control de cambios, coordinación de disciplinas y	Alta	Observación de obra TK-707 + buenas prácticas	Objetivo específico 1	Análisis de fases críticas	Alineación con hitos reales del TK-707	Validar oportunidades de mejora operativa

		seguimiento en campo						
3	Selección de prácticas ágiles	Identificar qué herramientas ágiles pueden aplicarse al TK-707: iteraciones, tableros visuales, daily meetings, criterios de aceptación, retrospectivas	Alta	Agile Practice Guide	Objetivo específico 2	Marco teórico (Cap. 2)	Revisión de literatura	Coherencia técnica con industria petrolera
4	Integración metodológica	Combinar prácticas ágiles con el ciclo predictivo EPC del TK-707 (permisos, ingeniería, adquisiciones, montaje del tanque)	Alta	PMBOK + documentación del proyecto	Objetivo específico 4	Propuesta del marco híbrido	Revisión metodológica	Compatibilidad con restricciones contractuales CENIT

5	Adaptación del ciclo de vida	Definir iteraciones (sprints) en etapas del TK-707: fundaciones, placa de fondo, montaje de anillos, pruebas de hermeticidad	Media	Análisis técnico del tanque	Objetivo específico 4	Tabla del ciclo híbrido	Coherencia técnica	Validación mediante constructibilidad
6	Gestión de interesados del TK-707	Elaborar matriz de interesados realista: CENIT, interventoría, QA/QC, HSE, logística, ingeniería	Alta	Minutas del proyecto	Alineado al dominio PMI	Matriz de interesados	Comparación con organigrama oficial	Valida roles y responsabilidades
7	Gestión iterativa de riesgos	Incorporar revisiones quincenales de riesgos según iteraciones (clima, permisos, logística, seguridad)	Alta	Documentación de riesgos TK-707	Objetivo específico 4	Sección de riesgos híbridos	Método de verificación del tutor	Aplicabilidad real en obra
8	Artefactos del marco híbrido	Diseñar: tablero Kanban para obra, Definition of Done, criterios de aceptación por	Media	Agile Guide	Objetivo específico 4	Artefactos propuestos	Revisión técnica	Aplicación directa en montaje del tanque

		anillos, cadencias de revisión						
9	Eficiencia operativa	Demostrar que el marco híbrido reduce reprocesos, favorece comunicación diaria y acelera toma de decisiones	Alta	Conversaciones con jefes de frente	Objetivo general	Cap. conclusiones	Revisión del tutor	Validar beneficios reales observados en campo
10	Alineación institucional	Asegurar que el marco híbrido es compatible con reglamentos y procedimientos de Termotécnica y CENIT	Alta	Manuales HSE, QA/QC, contratos	Requisito institucional	Cap. 7 Validación	Revisión de cumplimiento	Viabilidad en proyectos petroleros de gran escala

Nota: La tabla 12 muestra la tabla para la matriz de trazabilidad del proyecto. Elaboración propia.

4.4.1 Gestionar la Integración

Los procesos para la gestión de la integración del proyecto buscan generar el plan para la dirección del proyecto, este contiene la información clave sobre las diversas áreas de

conocimiento del PMI y busca brindar una referencia a los involucrados e interesados principales del proyecto.

Se define como la herramienta esencial para la formulación de la estrategia destinada al desarrollo de los grupos de procesos necesarios, constituyendo el marco fundamental para la planificación, ejecución, monitoreo y control del proyecto.

Tabla 13.
Diagnóstico y acciones estratégicas.

Aspecto	Descripción
Observación	Se evidencia resistencia del personal de obra y administrativo para adoptar enfoques ágiles, debido a la costumbre de seguir métodos convencionales y jerárquicos de planificación.
Objetivo del plan	Facilitar la transición hacia una cultura más colaborativa, adaptativa y orientada al aprendizaje continuo dentro del proyecto TK-707.
Acciones estratégicas	1. Capacitaciones breves sobre principios ágiles y marco Scrum, con enfoque práctico en contextos de construcción.2. Pilotos ágiles en frentes específicos del tanque (ej. soldadura, piping) para validar beneficios en productividad y comunicación.3. Patrocinio visible de la gerencia de Termotécnica y liderazgo activo de los ingenieros residentes para reforzar la credibilidad del cambio.4. Reuniones de retroalimentación quincenales (retrospectivas) para identificar mejoras culturales y de proceso.
Responsables	Gerencia de Termotécnica, Administrador de obra, Ingeniero residente, Facilitador ágil (Scrum Master).
Recursos necesarios	Material de formación interna, espacios de reunión, herramientas colaborativas (Microsoft Teams, Trello, Miro).
Indicadores de éxito (KPIs)	- % de personal capacitado en prácticas ágiles.- Reducción del tiempo de respuesta ante imprevistos en obra.- Nivel de satisfacción del equipo (medido en retrospectivas).- Aumento del número de mejoras implementadas entre iteraciones.
Resultado esperado (Outcome)	Reducción de la resistencia al cambio y mayor disposición del equipo hacia la inspección, adaptación y colaboración interfuncional.

Nota: La tabla 13 muestra el diagnóstico y las acciones estratégicas necesarias para el proyecto

TK-707. Elaboración propia.

4.4.2 Gestionar el Alcance

El plan para la gestión del alcance es una parte esencial del proceso de planificación del proyecto, tal como se describe por el PMI (2017, p. 143). Este plan define cómo se recopilarán, documentarán, gestionarán y controlarán los requisitos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Los requisitos son las necesidades y expectativas de los interesados que deberán cumplirse para que el proyecto sea exitoso.

Tabla 14. *Estructura de Trabajo.*

0	PDT CONTRATO _ 8000008441 _ EPC PARA UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS CON CAPACIDAD NOMINAL DE HASTA 325 KBLS REV_0
	Nivel 1- Proyecto
1	Proyecto Construcción Tanque de Almacenamiento TK-707
	Nivel 2 Entregables Principales
1.1	Gestión del Proyecto
1.2	Ingeniería y planificación
1.3	Preparación del sitio y obras preliminares
1.4	Construcción civil del tanque
1.5	Montaje mecánico del tanque

1.6	Sistemas complementarios y accesorios
1.7	Aseguramiento de calidad, seguridad y ambiente
1.8	Puesta en servicio y cierre del proyecto
	Nivel 3 – Paquetes de Trabajo
1.1	Gestión del Proyecto
1.1.1	Gestión de la integración
1.1.2	Gestión del alcance
1.1.3	Gestión del cronograma
1.1.4	Gestión de costos
1.1.5	Gestión de la calidad
1.1.6	Gestión de recursos y comunicaciones
1.1.7	Gestión de riesgos y adquisiciones
1.1.8	Gestión de los interesados

Nota: La tabla 14 muestra el EDT para el proyecto. Elaboración propia.

4.4.2.1 Criterios de aceptación

Para definir si el proyecto se ha completado correctamente y se ha alcanzado la expectativa de los objetivos se establecen criterios y condiciones. En la Tabla 12 se muestran los criterios de aceptación y la descripción definidos para este proyecto

Tabla 15.
Criterios de aceptación.

Criterio de Validación	Descripción	Método de Validación	Evidencia / Indicadores	Resultado Esperado
Coherencia con la problemática del TK-707	El marco híbrido debe responder directamente a los problemas reales identificados (retrasos, reprocesos, cambios de alcance, coordinación deficiente).	Contraste entre problemas del Cap. 1 y soluciones del Cap. 6.	Matriz de trazabilidad, análisis de minutas del proyecto.	La propuesta da solución directa a los principales puntos críticos del proyecto.
Alineación con los objetivos de la tesis	Cada componente del marco híbrido debe contribuir al logro de los objetivos específicos y general.	Revisión cruzada de objetivos vs. actividades del marco.	Matriz de trazabilidad, conclusiones.	Correspondencia completa entre objetivos y entregables de la metodología.
Compatibilidad con el ciclo EPC usado en el TK-707	El marco híbrido debe integrarse sin conflicto con las fases predictivas establecidas por CENIT y Termotécnica.	Validación documental (contrato, procedimientos internos).	Contrato EPC, manuales QA/QC y HSE.	La metodología híbrida puede coexistir con los flujos contractuales y de ingeniería.
Aplicabilidad técnica en obra	El marco debe ser implementable en el proceso constructivo	Validación técnica por constructibilidad.	Secuencia real del TK-707, actividades de obra.	Los sprints, DoD y tableros son aplicables a las

	(fundaciones, fondo, anillos, pruebas API 650).			actividades del tanque.
Factibilidad operativa	La metodología debe poder utilizarse con los recursos, roles y dinámicas reales del proyecto.	Revisión con roles reales (CENIT, interventoría, frentes de obra).	Matriz de interesados, entrevistas internas.	La carga operativa del equipo es suficiente para implementar la metodología.
Valor agregado al proyecto	La metodología híbrida debe mejorar comunicación, reducir reprocesos y facilitar toma de decisiones.	Comparación antes/después y análisis cualitativo.	Observaciones de campo, testimonios de frentes de obra.	Evidencia de mejoras en coordinación y eficiencia operativa.
Cumplimiento normativo e institucional	El marco híbrido debe alinearse con normas API 650, HSE y QA/QC del proyecto.	Revisión documental.	Manuales de seguridad, reglamentos CENIT/Termotécnica.	La metodología no contradice normativas técnicas ni de seguridad.
Consistencia metodológica académica	La propuesta debe mantener rigor técnico y estar respaldada por PMBOK + Agile Practice Guide.	Revisión de contenido del Cap. 2.	Bibliografía, citas APA.	Respaldo conceptual completo y coherente.

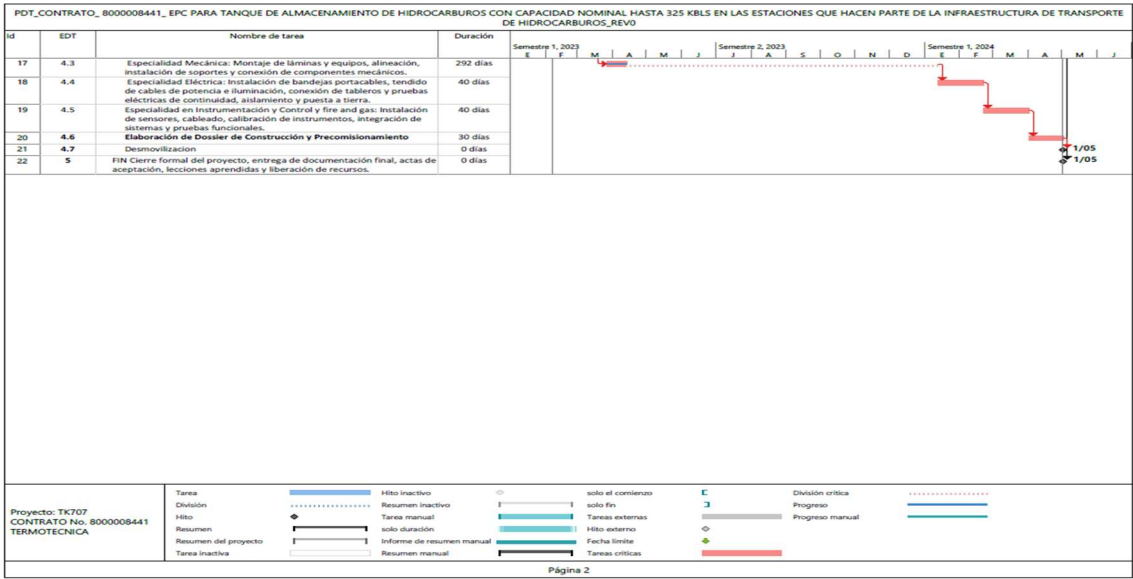
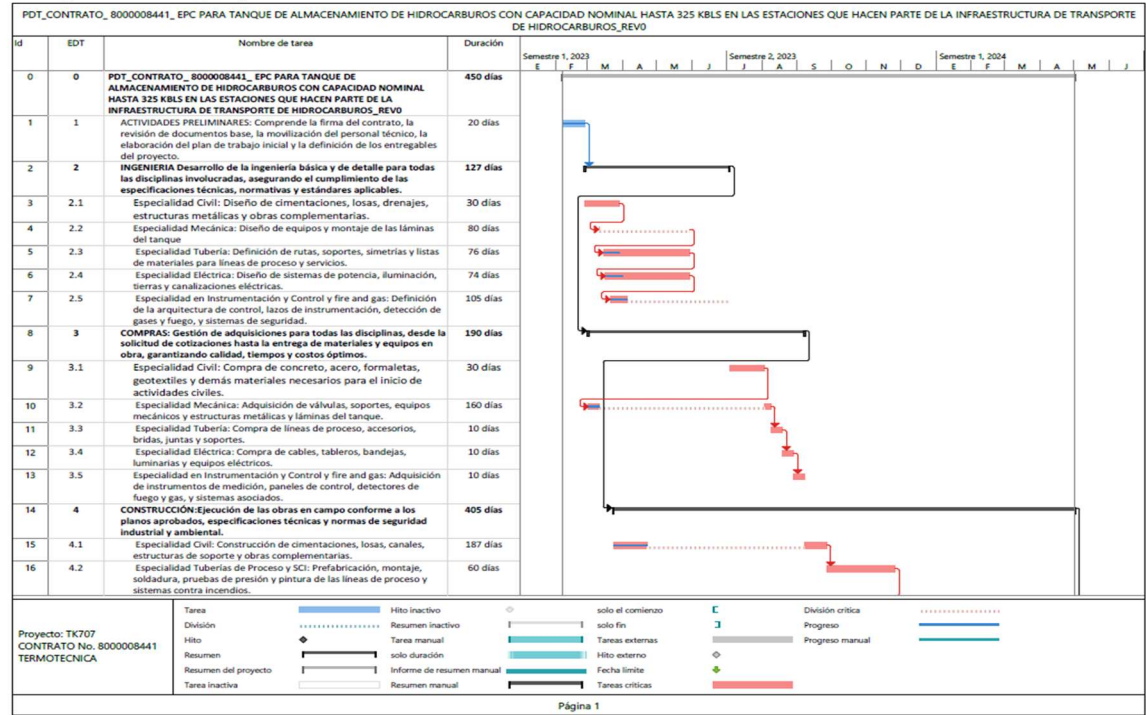
Nota: La tabla 15 muestra los criterios de aceptación para el proyecto. Elaboración propia.

4.4.3 Gestionar el Cronograma

El PMI define el proceso del desarrollo del cronograma como el proceso de analizar la secuenciación de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para así elaborar un modelo que permita el monitoreo y control del proyecto. Esto genera un modelo de planificación con fechas planificadas para completar las tareas del proyecto. Y se actualiza a lo largo de todo el proyecto (PMI, 2021, p. 118).

Es decir, la finalidad de un cronograma es definir, secuenciar y estimar la duración de las actividades, así como establecer una lista de actividades que abarque todas las necesidades del proyecto, lo cual permite cumplir con los entregables y describir el alcance del trabajo para cada actividad, de forma minuciosa para que los miembros del equipo del proyecto comprendan el trabajo que deben realizar.

Figura 10.
Cronograma del proyecto



Nota: La figura 10 muestra el cronograma para el proyecto. Elaboración propia.

4.4.4 Gestionar el Costo

Los procesos de planificación de costos funcionan para brindar una estimación de los costos en los que incurrirá el proyecto durante su ciclo de vida, también para planificar el cómo serán gestionados (PMI, 2023, p.120).

Este proceso establece las políticas, procedimientos y documentación necesaria para planificar, dirigir, ejecutar y controlar los costos, por lo que durante el proceso es necesario planificar la gestión de costos del proyecto y definir todos los costos involucrados, la periodicidad establecida para evaluar el costo real versus los avances y mantener la línea base del proyecto. Utilizando la referencia según el PMI que indica que la gestión de costos “es el proceso de cómo se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto” (PMI, 2017, p. 234).

4.4.4.1 Estimar costos

El proceso se fundamenta en el conocimiento de cada actividad, insumos, personal, recursos involucrados, tipo de alcance solicitado por el cliente, duración del proyecto y tiempos acordados de entrega, donde cada actividad tiene un costo establecido y el total de las actividades conforman el costo del proyecto.

4.4.4.2 Establecer el presupuesto

Es importante que el ejecutivo de cuenta antes de determinar un presupuesto revise la base de datos de la empresa y pueda analizar los proyectos similares identificando el presupuesto utilizado según rubros y poder analizar las lecciones aprendidas. Por lo que es obligatorio para el presupuesto la revisión de salarios mínimos según el perfil requerido ya que la mano de obra

significa aproximadamente el 78% de la inversión y es parte del presupuesto estimado, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16. Presupuesto del proyecto TK-707.

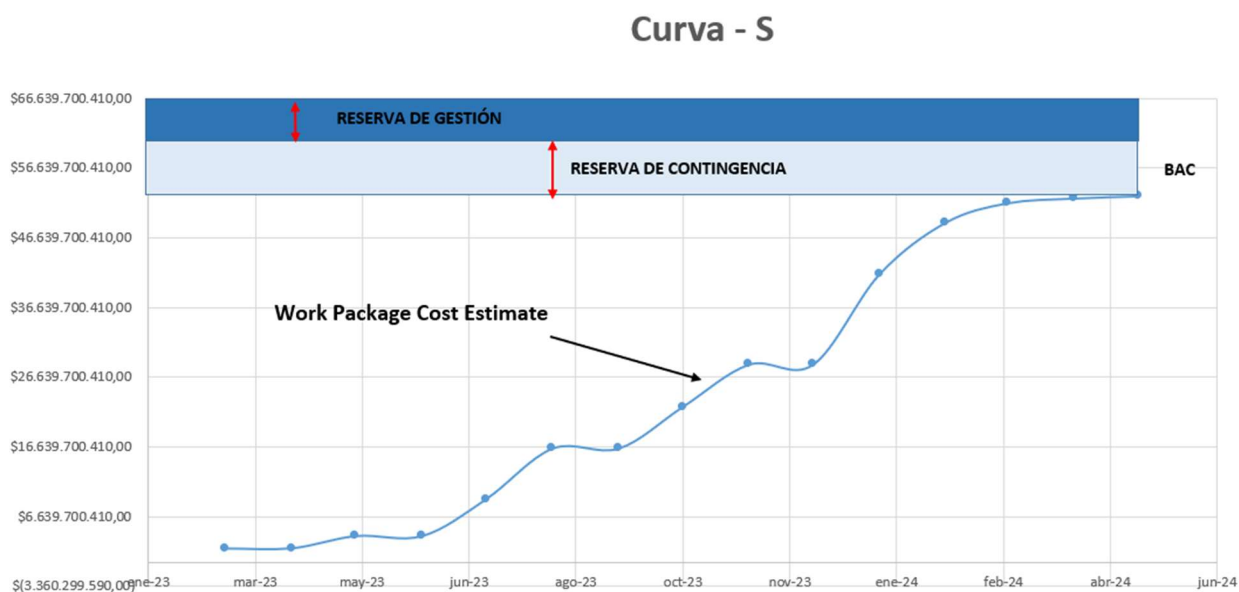
0	PDT_CONTRATO_8000008441_EPC PARA UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS CON CAPACIDAD NOMINAL DE HASTA 325 KBLS REV 0	450 días	mar 7/02/23	mié 1/05/24	100,0%	\$ 52.679.605.067,20
1	ACTIVIDADES PRELIMINARES: Comprende la firma del contrato, la revisión de documentos base, la movilización del personal técnico, la elaboración del plan de trabajo inicial y la definición de los entregables del proyecto.	20 días	mar 7/02/23	dom 26/02/23	0,0%	\$ 0,00
2	INGENIERÍA: Desarrollo de la ingeniería básica y de detalle para todas las disciplinas involucradas, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas, normativas y estándares aplicables.	190 días	mar 7/02/23	mar 15/08/23	2,6935%	\$ 1.418.925.652,62
2.1	Especialidad Civil: Desarrollo de la ingeniería básica y de detalle para todas las disciplinas involucradas, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas, normativas y estándares aplicables.	137 días	vie 3/03/23	lun 17/07/23	1,33%	\$ 702.043.692,01
2.2	Especialidad Mecánica: Diseño de equipos y montaje de las láminas del tanque	123 días	mar 7/02/23	vie 9/06/23	1,30%	\$ 682.422.766,00
2.3	Especialidad de tuberías: Definición de rutas, soportes, simetrías y listas de materiales para líneas de proceso y servicios.	144 días	mar 7/02/23	vie 30/06/23	0,04%	\$ 22.388.801,61
2.4	Especialidad Eléctrica: Diseño de sistemas de potencia, iluminación, tierras y canalizaciones eléctricas.	176 días	mar 7/02/23	mar 1/08/23	0,01%	\$ 6.839.216,00
2.5	Especialidad en Instrumentación y Control y fire and gas: Definición de la arquitectura de control, lazos de instrumentación, detección de gases y fuego, y sistemas de seguridad.	190 días	mar 7/02/23	mar 15/08/23	0,01%	\$ 5.231.177,00
3	COMPRAS: Gestión de adquisiciones para todas las disciplinas, desde la solicitud de cotizaciones hasta la entrega de materiales y equipos en obra, garantizando calidad, tiempos y costos óptimos.	389 días	mar 7/02/23	vie 1/03/24	27,2%	\$ 14.328.421.407,48
3.1	Especialidad Civil: Compra de concreto, acero, formaletas, geotextiles y demás materiales necesarios para el inicio de actividades civiles.	352 días	jue 16/03/23	vie 1/03/24	3,34%	\$ 1.758.333.553,50
3.2	Especialidad mecánica: Adquisición de válvulas, soportes, equipos mecánicos y estructuras metálicas y láminas del tanque.	309 días	mar 7/02/23	mar 12/12/23	18,11%	\$ 9.542.001.677,56
3.3	Especialidad de tuberías: Compra de líneas de proceso, accesorios, bridas, juntas y soportes.	108 días	vie 30/06/23	lun 16/10/23	2,71%	\$ 1.428.412.195,38
3.4	Especialidad Eléctrica: Compra de cables, tableros, bandejas, luminarias y equipos eléctricos.	280 días	mar 7/02/23	lun 13/11/23	1,88%	\$ 992.995.018,47
3.5	Especialidad en Instrumentación y Control y fire and gas: Adquisición de instrumentos de medición, paneles de control, detectores de fuego y gas, y sistemas asociados.	213 días	mié 19/04/23	sáb 18/11/23	1,15%	\$ 606.678.962,56
4	CONSTRUCTION: Ejecución de las obras en campo conforme a los planos aprobados, especificaciones técnicas y normas de seguridad industrial y ambiental.	406 días	jue 23/03/23	mié 1/05/24	70,1%	\$ 36.932.258.007,10
4.3	Especialidad Civil: Construcción de cimentaciones, losas, canales, estructuras de soporte y obras complementarias.	396 días	vie 24/03/23	lun 22/04/24	11,37%	\$ 5.991.621.358,86
4.4	Especialidad en Tuberías de Proceso y SCI: Prefabricación, montaje, soldadura, pruebas de presión y pintura de las líneas de proceso y sistemas contra incendios.	220 días	sáb 22/07/23	lun 26/02/24	7,06%	\$ 3.717.688.688,37
4.5	Especialidad Mecánica: Montaje de láminas y equipos, alineación, instalación de soportes y conexión de componentes mecánicos.	399 días	lun 27/03/23	dom 28/04/24	43,17%	\$ 22.741.141.863,49
4.6	Especialidad Eléctrica: Instalación de sensores, cableado, calibración de instrumentos, integración de sistemas y pruebas funcionales.	66 días	vie 24/03/23	lun 22/04/24	3,55%	\$ 1.867.657.374,81
4.7	Especialidad en Instrumentación y Control y fire and gas: Instalación de sensores, cableado, calibración de instrumentos, integración de sistemas y pruebas funcionales.	47 días	lun 5/02/24	mié 10/04/24	3,99%	\$ 2.101.510.135,57
4.8	Preparación del Dossier de Construcción y Pre-comisionamiento: Compilación de planos "as built", certificados de calidad, pruebas y documentación técnica requerida para la entrega del proyecto.	30 días	sáb 16/03/24	mié 1/05/24	0,97%	\$ 512.638.586,00
5	FIN	0 días	mié 1/05/24	mié 1/05/24	100,0%	
		ESTIMACIONES DE COSTOS DEL PAQUETE DE TRABAJO				\$ 52.679.605.067,20
		RESERVA PARA CONTINGENCIAS (15%)				\$ 7.901.940.760,08
		COSTOS BASE				\$ 60.581.545.827,28
		RESERVA DE GESTIÓN (10%)				\$ 6.058.154.582,73
		PRESUPUESTO DEL PROYECTO				\$ 66.639.700.410,00

Nota: La tabla 16 muestra el presupuesto del proyecto. Elaboración propia.

4.4.4.3 Curva S

La curva S es una representación gráfica empleada en la gestión de proyectos para mostrar el avance acumulado en función del costo y el tiempo. De acuerdo con el PMBOK, esta herramienta refleja el valor acumulado del trabajo planificado, el valor ganado y el costo real del proyecto a lo largo de su desarrollo. Su importancia radica en que permite a los directores detectar desviaciones en el desempeño y aplicar acciones correctivas de manera oportuna (2017, p. 180). Tal como se representa en la siguiente imagen:

Figura 11. *Curva S*



Nota: La Figura 11 muestra el avance del proyecto en relación con tiempo ejecución y los costos por paquete del proyecto. Elaboración propia.

4.4.5 Gestionar la calidad

El PMI indica que la gestión de la calidad de un proyecto brinda los procesos para incorporar la política de calidad de la organización de acuerdo con la planificación, gestión y control de los requisitos del proyecto y del producto, esto con el fin de satisfacer las necesidades de los interesados (PMI, 2021, p. 126). En el caso de un proyecto en industria petrolera, el control de calidad sobre todos los procesos realizados y sobre el producto es de alta importancia, por lo cual la organización posee altos controles para este tema, desde revisión de pares, revisión y aprobación de documentos de varias figuras de calidad y especialistas en diversos temas, hasta auditorías continuas y rendimiento de cuentas ante entes regulatorios, los cuales son interesados claves de este proyecto tal como lo muestra el siguiente cuadro:

Tabla 17.
Matriz de calidad

OBJETIVO	META	FÓRMULA	PROCESO	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Satisfacción al cliente mayor al 90%	90%	Resultado encuesta de satisfacción	Gestión de proyectos	Trimestral	Compras, control de calidad, ingenieros residentes, director de obra
Mantener por debajo del 5% la cantidad de reprocesos en la fabricación y montaje del producto	95%	(# Inspecciones satisfactorias / # inspecciones solicitadas) x 100	Fabricación y montaje	Trimestral	Compras, control de calidad, ingenieros residentes, director de obra, gerencia de construcción

Cumplir con el plan establecido para realizar					Director de obra, Coordinador QA/QC. coordinador
Auditorías internas	95%	(Actividades ejecutadas / Actividades programadas) x 100	Gestión Calidad	Trimestral	HSE, administrador de obra, gestión de calidad.
Cumplir con la disponibilidad de equipos calibrados en obra	80%	Total, equipos asignados al proyecto/ total equipo calibrados x100	Gestión calidad	Mensual	Director de obra, Coordinador QA/QC
Eficacia en la implementación de acciones correctivas	95%	(Acciones correctivas implementada s/ Total acciones abiertas) *100	Gestión calidad	Mensual	Coordinador QA/QC
Eficacia en la implementación de acciones preventivas y de mejora	95%	(Acciones correctivas implementada s/ Total acciones abiertas) *100	Gestión calidad	Mensual	Coordinador QA/QC

Nota: La tabla 17 describe los controles de calidad del proyecto. Elaboración propia.

El resultado de los indicadores se presentará periódicamente de acuerdo con la frecuencia establecida en los comités de calidad y en las reuniones de seguimiento de los proyectos.

Roles y Responsabilidades

Implica la coordinación de roles y responsabilidades con el propósito de asegurar que el producto final cumpla con los estándares establecidos por los interesados del proyecto. Dichos roles y responsabilidades se definen a través de la colaboración conjunta de todas las partes implicadas durante todo el ciclo de vida del proyecto, así como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 18. *Matriz de roles y responsabilidades.*

Rol / Entidad	Responsabilidad principal	Nivel de interés	Nivel de influencia
Cenit (Cliente)	Define los requerimientos técnicos, aprueba entregables y valida el cumplimiento contractual.	Alto	Alto
Interventoría	Supervisa la calidad, cronograma y cumplimiento técnico de las obras.	Alto	Medio-Alto
Termotécnica (Contratista principal)	Ejecuta las obras, coordina subcontratistas y gestiona los recursos.	Alto	Alto
Subcontratistas civiles	Desarrollan actividades específicas (excavaciones, concreto, losas, etc.).	Medio	Bajo
HSE / Ambiental	Evalúa el cumplimiento de normas de seguridad y gestión ambiental.	Medio	Medio

Rol / Entidad	Responsabilidad principal	Nivel de interés	Nivel de influencia
Operaciones de planta (Cenit)	Recibe el activo terminado y valida la compatibilidad operativa.	Alta	Medio
Comunidad o entorno externo	Impacto indirecto por ruido, transporte, residuos o agua.	Bajo	Bajo

Nota: La tabla 18 describe los roles y responsabilidades de los principales involucrados en el proyecto. Elaboración propia.

Entregables y Procesos Sujetos a Revisión de Calidad.

Todo el proyecto está sujeto a revisión de calidad, al ser un proyecto petrolero, cualquier actualización de documentos o componentes de producción o construcción debe estar sujeta a revisión exhaustiva de calidad e incluso a validación de componentes nuevos.

Métricas de Calidad

Las métricas de calidad describen en forma específica un atributo y la manera en que el proceso de control de calidad verifica su cumplimiento (PMI, 2017, p. 125). En este caso todos los entregables del proyecto se someten a un control de calidad mediante la métrica de rondas de aprobación. Ya que las rondas de aprobación determinan si hubo retrabajos importantes a realizar en los documentos.

Tabla 19. *Matriz de métricas de calidad.*

Iteración / Fase	Entegrible Principal (Output)	Valor entregado (Outcome)	Indicador / Métrica de valor	Interesado de clave beneficiado
Iteración 1 – Preparación y replanteo	Planos red line actualizados y permisos de obra aprobados	Mayor claridad técnica y reducción de reprocesos	% de observaciones resueltas en la primera revisión	Interventoría / Cenit
Iteración 2 – Movimiento de tierras y fundaciones	Excavaciones y rellenos controlados terminados	Validación temprana de condiciones del terreno	% de no conformidades geotécnicas mitigadas	Termotécnica / QA-QC
Iteración 3 – Estructura del tanque y placa base	Avance del 40% en montaje estructural certificado	Confianza del cliente en el cumplimiento de hitos físicos	% de avance verificado frente al plan	Cenit
Iteración 4 – Soldadura y pruebas intermedias	Ensayos no destructivos aprobados	Aumento de la calidad percibida y reducción de retrabajos	% de soldaduras aprobadas sin reproceso	Interventoría / HSE
Iteración 5 – Integración de sistemas y piping	Conexiones hidráulicas instaladas y probadas	Flujo operativo validado antes del cierre de obra	Tiempo medio de aprobación de pruebas hidráulicas	Cliente / Ingeniería

Iteración 6 – Entrega y cierre del tanque TK- 707	Documentación final y acta de aceptación	Lecciones aprendidas y satisfacción de los interesados	Índice de satisfacción (encuesta post proyecto)	Cenit / Termotécnica
--	--	---	--	-------------------------

Nota: La tabla 19 se muestran con detalle las métricas de la calidad usadas en el proyecto. Elaboración propia.

4.4.6 Gestionar los recursos y las comunicaciones

Siguiendo las recomendaciones del PMI (2021, p. 128) se procede con la planificación de recursos. Esto nos permite identificar los recursos necesarios para realizar el proyecto. Además, pretende que se dé un uso eficiente y racional a los mismos. El manejo de los recursos humanos es de alta importancia dada la cantidad alta de proyectos que maneja la empresa, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 20. *Recursos de equipo y materiales.*

Recursos de equipo y materiales				
Tipo	Recurso	Descripción	Método Adquisitivo	Responsable
Recursos humanos	Director de proyectos	Personas encargada de la gestión y dirección de un proyecto	Contratación directa	Gerencia termotécnica
	Ingeniero Residente	Persona encargada de la parte técnica en obra	Contratación directa	Administrador de obra

	Administrador	Persona encargada de los contratos de los trabajadores y proveedores	Contratación directa	Administrador de obra
	Programador	Encargado de llevar el control y seguimiento diario del proyecto	Contratación directa	Administrador de obra
	Mano de obra	Personas encargada de ejecutar las indicaciones en obra realizadas por el ingeniero	Contratación directa	Administrador de obra
	Coordinador de calidad	Encargado de llevar registro de las pruebas de calidad	Contratación directa	Administrador de obra
	Coordinador HSE	Persona encargada del sistema de seguridad en el trabajo	Contratación directa	Administrador de obra
Recursos de equipos y materiales	Equipos portátiles	Equipos para ingenieros	Alquiler	Administrador de obra
	EPP (elementos de protección de seguridad)	Gafas, guantes, tapa oídos etc	Compras	Compras termotecnica
	Equipos de maquinaria pesada	Retroexcavadora, manlift	Alquiler	Compras termotecnica

	Contenedores	Oficina de trabajo	Alquiler	Compras termotecnica
--	--------------	--------------------	----------	----------------------

Nota: La tabla 20 muestra los recursos de equipo y materiales necesarios para el proyecto.
Elaboración propia.

De igual forma, el desarrollo eficaz de un proyecto se basa en una comunicación clara y asertiva, que garantice que el mensaje sea comprendido correctamente por el receptor. La gestión de las comunicaciones facilita que todos los participantes tengan acceso a la información sobre los avances del proyecto, los acuerdos alcanzados, así como los demás datos claves y pertinentes.

Tabla 21. *Matriz de gestión de las comunicaciones.*

Tipo de Comunicación	Dirigido a	Frecuencia	Responsable	Propósito	Recurso
Inicio de Proyecto	Dirección de Cenit y Equipo de Termotécnica	Una vez al inicio del proyecto	Gerente de Proyecto	Presentar los objetivos, alcance, cronograma y metodología ágil del proyecto.	Reunión presencial / virtual, presentación multimedia.
Acta de Constitución del Proyecto	Equipo de Proyecto	Una vez al inicio del proyecto	Gerente de Proyecto	Definir oficialmente el proyecto, roles, responsabilidades y criterios de éxito.	Documento digital, hoja de cálculo, reunión presencial.

Reuniones Semanales de Coordinación Ágil	Supervisores de especialidad (civil, mecánica, eléctrica, tubería ambiental) y Gerente de Proyecto	Cada semana (viernes)	Scrum Master / Ingenieros Residentes	Revisar avances, obstáculos y tareas pendientes en iteraciones semanales (sprints).	Reunión presencial o virtual, tablero Kanban digital (MS Project / Excel).
Revisión de Seguridad y Medio Ambiente	Equipo de obra y Coordinadores HSE y Ambiental	Cada lunes	Coordinador HSE	Evaluar condiciones seguras de trabajo y cumplimiento ambiental antes de iniciar actividades.	Reunión en campo, formato de inspección, reportes fotográficos .
Reunión de Seguimiento de la obra en general	Dirección Técnica de Termotécnica y Supervisión de Cenit	Cada 15 días	Ingenieros Residentes	Evaluar avance físico, recursos y gestión de riesgos técnicos.	Reunión presencial, reportes de avance y gráficos S-curve.
Revisión de Cronograma y Planificación Ágil	Gerente de Proyecto, Supervisores de Área	Cada dos semanas	Planner del Proyecto	Ajustar el cronograma, priorizar actividades y definir entregas incrementales.	Reunión virtual, MS Project, reportes en PDF.
Control de Calidad y Dossier	Supervisores de Calidad, Residentes y Contratista	Cada semana	Coordinador QA/QC	Verificar cumplimiento de procedimientos, ensayos y documentación del dossier.	Reunión presencial, formatos PDF, checklists digitales.

Revisión de Diseño y Cambios Técnicos	Gerencia de Ingeniería y Supervisión	Cuando se requiera ajuste de diseño	Coordinador de Ingeniería	Evaluar solicitudes de cambio (RFI) y su impacto en alcance, costo y tiempo.	Reunión virtual, minutas y planos revisados en PDF.
Cierre de Sprint / Hito Constructivo	Equipo de Proyecto, Cenit y Termotécnica	Al final de cada fase o sprint	Gerente de Proyecto	Presentar entregables parciales y lecciones aprendidas.	Reunión presencial o virtual, informe de avance, tablero digital.
Cierre del Proyecto y Lecciones Aprendidas	Todo el equipo del proyecto	Al finalizar el proyecto	Gerente de Proyecto / Supervisor Líder	Evaluar resultados, desempeño y propuestas de mejora.	Reunión presencial, documento de cierre.

Nota: La tabla 21 muestra la matriz de comunicaciones del proyecto. Elaboración propia.

4.4.7 Gestionar los riesgos y las adquisiciones

La gestión y detección de riesgos constituyen actividades esenciales para controlar tanto los riesgos particulares como los generales que puedan influir en el desarrollo del proyecto. Por lo que, resulta indispensable identificar, analizar y mitigar de manera continua los posibles riesgos, con el propósito de reducir impactos y aprovechar oportunidades. Además, es necesario realizar un seguimiento constante que asegure una ejecución adecuada del proyecto y permita responder de forma oportuna a las amenazas detectadas a través de un plan adaptado.

Tabla 22. *Matriz de probabilidad e impacto de los riesgos.*

ID	Riesgo identificado	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Nivel de riesgo (PxI)	Estrategia de respuesta	Responsable	Iteración de revisión	Estado actual
R-01	Retraso en suministro de acero estructural	4	5	20 (Alto)	Negociar con proveedor alternativo y ajustar cronograma de entregas	Jefe de compras / Ing. residente	Iteración 2	Mitigado parcialmente
R-02	Lluvias intensas que afecten fundaciones	3	4	12 (Medio)	Reprogramar actividades de excavación y reforzar drenajes	Supervisor civil	Iteración 3	En seguimiento
R-03	Fallas en comunicación entre contratista e interventoría	4	3	12 (Medio)	Implementar reuniones diarias y tablero Kanban compartido	Scrum Master / Coordinador técnico	Iteración 1	Controlado
R-04	Retraso en aprobaciones por parte del cliente (Cenit)	2	5	10 (Medio)	Plan de revisión temprana y gestión proactiva de documentación	Product Owner técnico	Iteración 4	En monitoreo
R-05	Accidentes laborales en zona de montaje	3	5	15 (Alto)	Refuerzo de protocolos de seguridad y daily safety talks	Coordinador HSE	Iteración 2	Mitigado

R-06	Incremento en costos por variaciones de precios	2	4	8 (Medio)	Revisar contratos y activar cláusulas de ajuste	PM Financiero /	Iteración 5	Pendiente revisión
------	---	---	---	-----------	---	-----------------	-------------	--------------------

Nota: La tabla 22 muestra la matriz de probabilidad e impacto general del proyecto. Elaboración propia.

La gestión de las adquisiciones en proyectos tiene como propósito garantizar la disponibilidad de todos los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto en el momento oportuno, en la cantidad adecuada y al costo más conveniente. En este proceso se define si es necesario obtener bienes o servicios externos, qué elementos se requerirán, cómo se adquirirán y en qué momento. Esta gestión se inicia en las primeras etapas del proyecto y contempla puntos de control específicos a lo largo de su desarrollo. Según la Guía del PMBOK “Es el proceso de documentar las decisiones de adquisiciones del proyecto, especificar el enfoque e identificar a los proveedores potenciales.” (PMI, 2017 p.459).

Tabla 23. *Adquisiciones del proyecto.*

Servicio o producto a adquirir	Justificación de compra	Tipo de contrato	Documentos de adquisición	Criterios de selección y evaluación	Fecha en que inicia el proceso contractual	Fecha en que se requiere el producto	Responsable de coordinación	Costo estimado (COP)
Estudios topográficos y geotécnicos preliminares	Requeridos para la definición del área de implantación, cimentación y estabilidad del tanque.	Contrato por prestación de servicios	Términos de referencia, informe técnico, planos base	Experiencia comprobada, cumplimiento o técnico, costo competitivo	Feb-23	Mar-23	Coordinador de Ingeniería Civil	\$280.000.000
Software BIM 360 / Navisworks	Permite la integración multidisciplinaria de las especialidades y control de interferencias.	Compra directa	Cotización, especificaciones técnicas	Compatibilidad Autodesk Suite, licenciamiento, soporte técnico	Mar-23	Abr-23	Coordinador de Ingeniería	\$150.000.000
Materiales de fundación (acero, concreto, aditivos)	Insumos críticos para la ejecución de losa y cimentación del tanque.	Compra por licitación	Especificaciones técnicas, partidas presupuestarias	Calidad certificada, cumplimiento ASTM, precio y plazo de entrega	Abr-23	May-23	Departamento de Compras – Termotécnica	\$3.900.000.000
Equipos eléctricos y tableros de control	Requeridos para el sistema eléctrico del tanque y los sistemas auxiliares.	Compra por licitación	Especificaciones técnicas y planos eléctricos	Cumplimiento IEC, garantía, soporte técnico del proveedor	Jun-23	Ago-23	Coordinador de Ingeniería Eléctrica	\$2.500.000.000

Sistema de instrumentación, control y detección de gas (Fire & Gas)	Sistema esencial para seguridad y monitoreo de condiciones operativas.	Compra por licitación	Fichas técnicas, planos, especificaciones	Certificación ATEX/UL, soporte técnico, garantía extendida	Jul-23	Oct-23	Coordinador de Instrumentación y Control	\$2.700.000.000
Servicios de izaje y montaje de estructura metálica	Para el ensamblaje de placas, anillos y cubierta del tanque.	Contrato por prestación de servicios	Especificaciones técnicas, cronograma y análisis de riesgos	Experiencia del contratista, cumplimiento HSE, costo, disponibilidad de equipos	Ago-23	Ene-24	Coordinador de Construcción Mecánica	\$1.900.000.000
Servicios de inspección y ensayos no destructivos (END)	Evaluación de calidad de soldaduras durante la construcción.	Contrato por prestación de servicios	Procedimientos técnicos, certificados de calibración	Certificación ASNT/AWS, cumplimiento de seguridad industrial	Sep-23	Feb-24	Supervisor de Calidad	\$850.000.000
Equipos de protección personal y señalización HSE	Garantizar cumplimiento normativo en seguridad industrial durante toda la obra.	Compra directa	Especificaciones técnicas y listado de dotación	Cumplimiento ANSI/NTC, costo, disponibilidad inmediata	Feb-23	May-23	Coordinador HSE	\$350.000.000
Suministro de válvulas, bridas y accesorios de tuberías	Componentes esenciales de líneas de proceso, venteo y drenaje.	Compra por licitación	Fichas técnicas y planos de instalación	Cumplimiento ASME/API, garantía, disponibilidad y soporte local	Oct-23	Ene-24	Coordinador de Ingeniería Mecánica	\$2.000.000.000

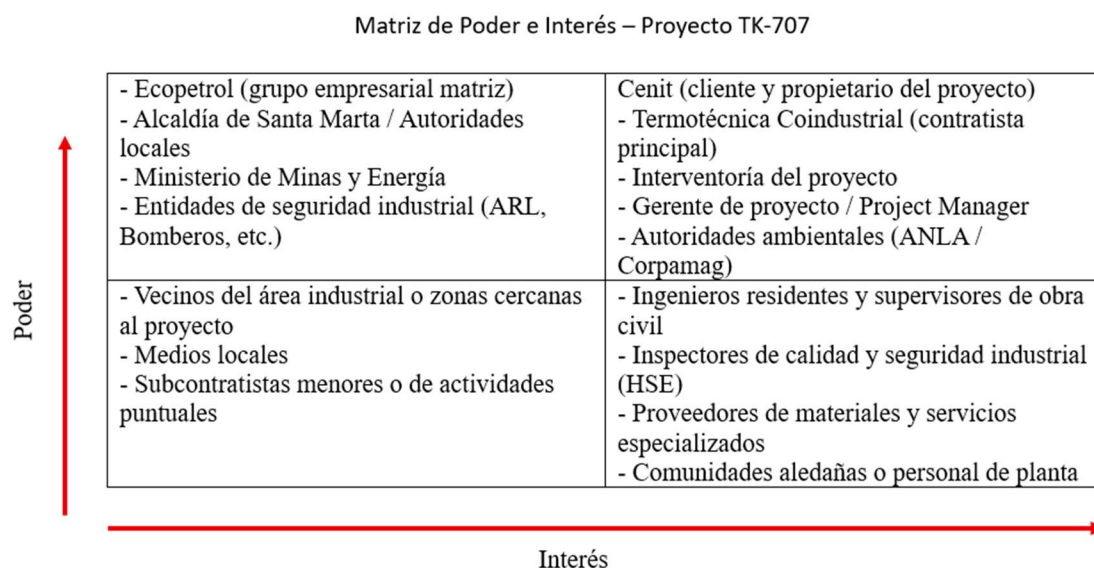
Servicios de prueba hidráulica y comisionamiento	Validar integridad estructural del tanque antes de la puesta en marcha.	Contrato por prestación de servicios	Procedimiento técnico, lista de instrumentos y protocolos de prueba	Cumplimiento API 650, experiencia, seguridad y precisión	Mar-24	Abr-24	Supervisor de Pruebas / QA-QC	\$1.173.881.520
---	---	--------------------------------------	---	--	--------	--------	-------------------------------	-----------------

Nota: La tabla 23 muestra la matriz de adquisiciones del proyecto. Elaboración propia.

El costo estimado del proyecto asciende a \$15.803.881.520 COP, correspondiente al 30% del presupuesto total de \$52.679.605.067,2 millones, asignado a la gestión de órdenes de compra. Este porcentaje se determinó con base en el análisis de los principales componentes del proyecto y siguiendo los lineamientos del Project Management Institute (PMI), que establece que la estimación de costos debe considerar todos los recursos requeridos para completar las actividades del proyecto, incluyendo materiales, equipos, servicios contratados y otros costos asociados (PMI, 2021). De esta manera, la asignación busca reflejar de forma realista la magnitud financiera de las adquisiciones dentro del contrato EPC y garantizar la planificación adecuada de los recursos económicos.

4.4.8 Gestionar los interesados

La planificación de la gestión de los interesados implica diseñar estrategias adecuadas que promuevan su participación activa y efectiva a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Mantenerlos informados sobre el progreso es fundamental, ya que en ciertos momentos pueden asumir roles de liderazgo según las necesidades del proyecto.

Figura 12. *Matriz de Poder-Interés.*

Nota: La figura 12 muestra la matriz poder-interés de los interesados del proyecto. Elaboración propia.

Este plan es dinámico y debe revisarse y actualizarse de forma periódica, dado que el nivel de interés, influencia, participación y requerimientos de información de los interesados puede variar con el tiempo:

Tabla 24. *Matriz de seguimiento y control.*

Evento	Frecuencia	Participantes	Propósito principal	Resultado esperado
Daily Review (Revisión diaria de avance)	Diario (15 min)	Ingenieros residentes de las diferentes especialidades y supervisores	Revisar avances del día, restricciones y próximos pasos.	Registro de impedimentos y acciones inmediatas.

Weekly Review (Revisión semanal)	Semanal	Termotécnica + Interventoría	Presentar avances conforme a la planeación de la obra, revisar si hay problemas técnicos o interferencias.	Acta semanal con compromisos y seguimiento.
Sprint Review (Revisión quincenal)	Cada 2 semanas	Termotécnica + Cenit + Interventoría	Validar entregables parciales (por ejemplo: fundaciones, losas, soldadura de anillos, tubería etc).	Feedback del cliente sobre calidad y cumplimiento.
Monthly Steering Meeting (Comité mensual de avance)	Mensual	Cenit (cliente), Interventoría, Termotécnica (contratista)	Revisión global del proyecto: cronograma, seguridad, calidad, costos y riesgos.	Informe mensual validado y decisiones estratégicas.
Retrospectiva de proyecto	Trimestral	Todo el equipo principal	Identificar lecciones aprendidas, mejoras en coordinación y comunicación.	Plan de mejora para el siguiente ciclo.

Nota: La tabla 24 muestra la matriz de seguimiento y control del proyecto TK-707. Elaboración propia.

5. Conclusiones

1. Se propuso un marco de trabajo híbrido fundamentado en la *PMBOK® Guide 7* y la *Agile Practice Guide*, con el objetivo de lograr un equilibrio funcional entre el rigor técnico del sector y la flexibilidad adaptativa. Los resultados demuestran que la incorporación de prácticas ágiles en fases críticas como la planificación detallada, la gestión de interesados y el control de cambios fortalece

significativamente la capacidad de respuesta, la adaptabilidad, la toma de decisiones y la comunicación entre las partes interesadas.

2. Se constató que el enfoque predictivo tradicional, si bien aporta estabilidad en entornos de alta inversión, demuestra una rigidez significativa ante los imprevistos, cambios de alcance y variaciones del entorno inherentes a obras de alta complejidad. Además de esto, se evidenció que la centralización de decisiones, la participación tardía de los interesados y los procesos contractuales inflexibles limitan la capacidad de respuesta, lo que frecuentemente deriva en retrasos y sobrecostos que dificultan la identificación y corrección temprana de desviaciones. La implementación de herramientas ágiles, tales como la definición de iteraciones, el uso de tableros visuales (Kanban), los acuerdos de trabajo y el establecimiento de criterios de aceptación, permitió incrementar la visibilidad del avance real del proyecto y habilitar una toma de decisiones más informada y oportuna.
3. El marco de trabajo híbrido propuesto no solo es viable para el proyecto TK-707, sino que constituye un modelo replicable para otros proyectos en el sector petrolero colombiano, al permitir una entrega incremental de valor sin sacrificar el control técnico.
4. Se identificaron como factores críticos de éxito para la implementación de este marco, la alineación temprana de los interesados y la desagregación progresiva de los riesgos. A partir de esto, se recomienda la adopción progresiva del modelo mediante proyectos piloto, la institucionalización de rutinas de retrospectiva para fomentar el aprendizaje continuo, la capacitación formal de los

equipos en agilidad aplicada a la construcción y el establecimiento de indicadores operativos clave para monitorear la madurez del enfoque y asegurar su escalamiento organizacional.

6. Recomendaciones

1. Se recomienda a los gerentes de proyecto en el sector petrolero investigar y adoptar una mentalidad abierta hacia los marcos híbridos. Es fundamental superar la percepción de que la agilidad es incompatible con la rigidez contractual de la industria. Como demuestra esta tesis, la integración de prácticas ágiles no reemplaza el control técnico, sino que potencia la capacidad de gestionar la incertidumbre y responder eficazmente a los cambios.
2. A la Gerencia de Proyectos de Termotécnica y otras empresas constructoras: Se les invita a la adopción progresiva del marco metodológico híbrido propuesto, iniciando con proyectos piloto en paquetes de trabajo específicos y controlados. Esta implementación gradual permitirá validar los beneficios en el contexto particular de la organización, gestionar la resistencia cultural al cambio y adaptar las herramientas (como los tableros Kanban y daily standups) dominios de desempeño y principios de la dirección de proyectos a las necesidades reales de la obra antes de un escalamiento completo. Así como la participación de los interesados y product owner, su apoyo e involucramiento activo, temprano y continuo desde las fases iniciales. La alineación de los interesados no debe ser un hito pasivo al inicio, sino un proceso colaborativo constante. Su participación en la priorización del *backlog* y en las revisiones de iteración es un factor crítico de éxito para asegurar que el proyecto entregue valor real y se adapte a las necesidades del negocio.

3. A las Oficinas de Gestión de Proyectos (PMO) y a las áreas de Gestión Humana: Se recomienda diseñar e implementar un plan de capacitación continua y formal en agilidad aplicada a la construcción en el sector petrolero. La adopción exitosa de este marco no depende solo de las herramientas, sino del desarrollo de habilidades blandas, una mentalidad de colaboración y un liderazgo de servicio en los ingenieros residentes y supervisores de frente.
4. A los equipos de proyecto que implementen el marco híbrido: Se recomienda la institucionalización de rutinas formales de retrospectiva y la gestión activa de lecciones aprendidas al finalizar cada iteración para medir la madurez del enfoque. Es fundamental establecer y monitorear indicadores operativos (KPIs) como la tasa de retrabajo, el tiempo de ciclo de las tareas y la estabilidad del alcance, asegurando así un ciclo de mejora continua.

7. Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y/o sostenible

En el escenario actual, marcado por el acelerado agotamiento de los recursos naturales y las crecientes presiones sobre los ecosistemas, el desarrollo sostenible y el desarrollo regenerativo se posicionan como enfoques esenciales para garantizar un futuro viable tanto para la humanidad como para el planeta. Si bien ambos comparten una estrecha relación conceptual, se diferencian en su alcance y en las estrategias que proponen para enfrentar los desafíos ambientales, sociales y económicos actuales. La integración de estos enfoques en la gestión de proyectos resulta crucial para asegurar que los resultados obtenidos no solo cumplan con los objetivos inmediatos, sino que también preserven su viabilidad, fomenten la sostenibilidad y generen beneficios a largo plazo.

El desarrollo sostenible implica la transformación de la sociedad actual hacia una sociedad más respetuosa con el medio ambiente. Este campo busca alcanzar un equilibrio entre el crecimiento económico, la conservación de los ecosistemas y el bienestar social. Su propósito es aprovechar los recursos del planeta de manera moderada, evitando exceder su capacidad de regeneración natural. En la actualidad, el desarrollo sostenible se concibe como una forma de producción y consumo consciente cuya adopción resulta urgente para la sociedad.

Su relevancia radica en la necesidad de asegurar que las generaciones futuras dispongan de recursos suficientes y de un entorno saludable que les permita satisfacer sus propias necesidades. El objetivo principal del desarrollo sostenible es tomar decisiones que consideren los impactos a largo plazo, así como alcanzar un equilibrio entre el crecimiento económico, promover la equidad social y la preservación del medio ambiente.

Resulta esencial garantizar que los proyectos ejecutados se encuentren alineados con los principios del desarrollo sostenible. En la coyuntura global actual, no es aceptable omitir los efectos y los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a dichas iniciativas. Se hace necesario evaluar de manera integral estos efectos y adoptar medidas orientadas tanto a mitigar los impactos negativos como a maximizar los beneficios positivos, en concordancia con los diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Por su parte, el desarrollo regenerativo busca comprender la interacción entre todos los elementos que conforman un proyecto. Además de integrar los pilares fundamentales del desarrollo sostenible, incorpora otros tres ejes complementarios: la espiritualidad, la política y la cultura. Esta visión holística propicia las condiciones necesarias para fomentar la regeneración,

la revitalización y el bienestar integral, tanto de las comunidades humanas como de los ecosistemas naturales.

El desarrollo regenerativo propone emplear los recursos de manera que se optimice el bienestar de la sociedad, al tiempo que se fortalece la capacidad de los sistemas de soporte indispensables para el futuro. Tal como su nombre lo sugiere, este campo busca restaurar y potenciar la salud y vitalidad de los ecosistemas, evitando un consumo de recursos que supere su capacidad natural de regeneración. Es decir, el desarrollo regenerativo trasciende el alcance del desarrollo sostenible, ya que no se limita a reducir los impactos negativos, sino que promueve la generación de efectos positivos en los sistemas naturales y sociales. Este enfoque parte del principio de que los sistemas humanos deben diseñarse para regenerar, restaurar y revitalizar los recursos y ecosistemas que han sido deteriorados por la actividad humana.

En el ámbito de la gestión de proyectos, la adopción de un enfoque regenerativo requiere replantear la forma en que los proyectos son diseñados, ejecutados y administrados. Este enfoque puede abarcar acciones como la restauración de ecosistemas degradados, el desarrollo de sistemas productivos que emulen los procesos naturales y la promoción del bienestar integral de las comunidades involucradas. De este modo, los gestores de proyectos pueden contribuir a la creación de un entorno en el que las iniciativas no solo sean sostenibles, sino también regenerativas, favoreciendo un ciclo constante de mejora y revitalización.

La incorporación de estos enfoques en la gestión de proyectos permite a los gestores no solo garantizar el éxito de las iniciativas, sino también aportar a la construcción de un futuro más equitativo, saludable y resiliente. Integrar principios de sostenibilidad y regeneración en la

dirección de proyectos trasciende el ámbito de las buenas prácticas, constituyéndose en una necesidad estratégica para asegurar su viabilidad y perdurabilidad en un contexto global caracterizado por el cambio constante.

7.1 Relación del proyecto con los objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) forman parte de la iniciativa “Transformar nuestro mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sustentable”, adoptada en septiembre de 2015 por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas, como un plan a ser implementado por todos los países en favor de las personas, el planeta y la prosperidad, teniendo también por objetivo fortalecer la paz universal.

La Agenda 2030 busca ser el marco director de un actuar conjunto de todos los países. La amplitud de los objetivos trazados por la Agenda 2030 requiere la implementación de miles de acciones por parte de todos los países, así como la capacidad de la humanidad de reconocer sus retos y la necesidad de replantear el rumbo en diversas materias.

El sector del petróleo es un pilar del sistema energético mundial y como tal es un gran impulsor del desarrollo económico y social. Por su magnitud a nivel global y local, tiene por delante la oportunidad de contribuir de modo significativo con las metas propuestas en los ODS.

La industria del petróleo y el gas interactúa con los 17 ODS y reconoce numerosas interconexiones entre los Objetivos, no obstante, se priorizaron los siguientes ODS por su potencial para influir, crear valor a largo plazo e impulsar la transformación de la industria:

- ODS 5 – Igualdad de Género

Actualmente, el sector del petróleo y del gas tiene potencial para brindar a las mujeres posibilidades reales de mejorar su calidad de vida con mayores oportunidades de empleo, de desarrollo profesional, de acceso a compensaciones equitativas y promoviendo un mayor protagonismo femenino en la industria.

- ODS 6 – Agua Limpia y Saneamiento

La gestión del nexo energía-agua se volverá cada vez más importante para alcanzar los objetivos de desarrollo y clima; el sector energético es un gran usuario de agua y, al mismo tiempo, las empresas de suministro y tratamiento de aguas poseen necesidades importantes de energía que, se espera se dupliquen para 2040.

- ODS 7 – Energía Asequible y No Contaminante

Esto requiere, a su vez, implementar un sistema que responda a los retos que plantea el cambio climático: mejorar la eficiencia energética de las emisiones en las operaciones de petróleo y gas y desarrollar energías bajas en carbono. En este aspecto, diversificar la matriz, mejorar la seguridad energética, promover cadenas de valor local y un desarrollo regional más eficiente son contribuciones fundamentales para la mitigación del cambio climático.

- ODS 8 – Trabajo Decente y Crecimiento Económico

La industria del petróleo y el gas es la productora de energía y la creadora de infraestructura energética destinada a abastecer el suministro del resto de los sectores productivos. Por ser de capital intensivo, realiza inversiones de largo plazo y, por consiguiente, genera condiciones de empleo y ocupación sostenibles, que respetan e incluso superan las condiciones laborales establecidas por ley. Además, crea condiciones para el desarrollo local a

través de la demanda de bienes y servicios y del fortalecimiento de proveedores. Debido al requerimiento de mano de obra calificada, invierte en formación de distintas competencias.

- Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

Muchas veces la exploración y la producción de hidrocarburos tienen lugar en zonas que carecen de servicios y de infraestructura urbana. Y son las empresas las que impulsan la construcción de caminos, el tendido eléctrico, entre otras prestaciones básicas.

Las prácticas ágiles favorecen la innovación y desarrollo de soluciones más robustas, así como la reducción de fallas en fases avanzadas y promueven infraestructuras más eficientes a través del uso de tecnologías limpias, facilitando la modernización de procesos industriales mediante la automatización, digitalización y el análisis continuo de desempeño.

- ODS 12 – Producción y Consumo Responsables

La producción sostenible comienza con la eficiencia operativa; es necesario minimizar los insumos, incluida la energía y el agua; así como abarcar la reducción de las descargas y emisiones de aguas residuales, además de la gestión racional de los productos químicos en toda la cadena de valor de la industria del petróleo y el gas. Actualmente, el sector lleva a cabo prácticas para gestionar de manera sostenible los recursos naturales y para usar eficientemente la energía. Los trabajos apuntan a disminuir de forma sustancial los desechos mediante políticas de prevención, reducción, reciclaje y reutilización.

La agilidad contribuye a un uso más eficiente de los recursos, evitando sobreproducción y desperdicios mediante la planificación flexible y la priorización continua del valor. Prácticas

como la inspección frecuente y la gestión visual permiten ajustar la demanda real y optimizar el ciclo de vida de los productos y servicios. Esto se traduce en una menor generación de residuos, un control más riguroso del consumo energético y una mayor trazabilidad de materiales y procesos.

- ODS 13 – Acción por el Clima

La gran mayoría de las emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) asociadas con hidrocarburos se crean cuando los usuarios de energía consumen productos energéticos. Al reducir los tiempos de entrega, minimizar retrabajos y optimizar flujos, la agilidad disminuye la huella operacional y contribuye a la mitigación del cambio climático.

Al mismo tiempo la industria debe aumentar sus esfuerzos para gestionar las emisiones de metano asociadas con su producción. En conjunto, la agilidad se convierte en un habilitador clave de sostenibilidad operativa, al generar procesos más adaptables, eficientes y conscientes del impacto ambiental, fortaleciendo la innovación responsable, la optimización de recursos y la acción climática desde una perspectiva integrada. Además, facilita la integración de energías renovables y prácticas de eficiencia energética dentro de los ritmos de trabajo del equipo.

Producir energía para millones de personas todos los días es la principal contribución de la industria. Mediante esta tarea, potencia no sólo la creación de valor económico y mayores ingresos fiscales, empleo digno y el desarrollo de negocios en la cadena de valor, sino que se convierte también en un protagonista esencial para transformar la calidad de vida de las personas.

En este escenario, el sector hidrocarburo se encuentra frente a nuevos desafíos vinculados al desarrollo sostenible. El crecimiento económico y social en las comunidades debe ir acompañado de tecnologías disruptivas y esfuerzos eficaces que preserven el ambiente y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero.

7.2 Análisis del proyecto de acuerdo con el Estándar P5

Hoy en día, la humanidad posee un estilo de vida que consume cada vez más los recursos que nos proporciona el planeta, cuya demanda es cada vez más que la oferta que el ecosistema nos puede ofrecer. Se requiere hacer un cambio en la forma de gestionar y consumir los recursos naturales, se debe buscar un enfoque no de consumo sino más bien de regeneración.

El Estándar P5 es una herramienta desarrollada por GPM Global que se utiliza para alinear los proyectos con la estrategia organizacional para la sostenibilidad. Este estándar se centra en los impactos de los procesos y entregables de los proyectos en el medio ambiente, la sociedad, la línea base corporativa y la economía local. Este análisis permite analizar e identificar mejoras que se pueden implementar para mejorar los impactos positivos y disminuir los impactos negativos en los portafolios, programas y proyectos.

El análisis P5 pretende realizar un análisis de impactos de sostenibilidad para permitir la toma de decisiones informada, permitiendo así la realización de mejoras que incrementen el efecto positivo y disminuyan los efectos negativos en los tres pilares esenciales: individuos, medio ambiente y prosperidad, asignándole una puntuación.

La calificación se basa en el impacto potencial antes y después de la acción esperada. La escala utilizada para este análisis es:

2.1.2 Vida útil del producto	Uso de materiales o procedimientos que no cumplen con las especificaciones técnicas para resistir condiciones climáticas y operativas de la terminal de Santa Marta. (salinidad y vientos fuertes)	Disminución de la durabilidad del tanque y sus componentes, incrementando la necesidad de reparaciones y generando mayores costos de mantenimiento .	Implementar control de calidad riguroso durante la recepción de materiales y ejecución de obra, asegurando cumplimiento de normas API 650 y estándares internos.	1	4
2.1.3 Mantenimiento del producto	Una mala trazabilidad del proyecto en los planos constructivos lo que dificulta el mantenimiento periodico	Aumento de fallas en los sistemas de instrumentación y control operativo del tanque	La buena elaboración de planos red line para que cuando se necesiten revisar detalles la información sea clara	2	4
2.2 Impacto de los procesos (de gestión de proyecto)					
2.2.1 Eficacia de los procesos del proyecto	Coordinación limitada entre contratistas, supervisión y áreas de ingeniería, lo que retrasa entregas y genera reprocesos.	Atrasos en el cronograma y aumento de costos.	Atrasos en el cronograma y aumento de costos.	2	4

2.2.2 Eficacia de los procesos del proyecto	Falta de integración de herramientas digitales para el control documental y trazabilidad de actividades en obra.	Pérdida de información crítica, errores en la ejecución y retrasos por reprocesos administrativos .	Implementar herramientas digitales de bajo costo (TCU, MS Project, Google Drive) para centralizar documentación, asignar tareas y dar trazabilidad en tiempo real a las actividades y entregables.	1	3
3 Impacto a las personas (sociales)					
3.1 Practicas laborales y Trabajo Docente					
3.1.1 Empleo y dotación de personal	Falta de planificación de recursos humanos, generando sobrecarga laboral en algunas áreas y subutilización en otras.	Disminución de productividad y aumento del riesgo de accidentes por fatiga.	Implementar planificación ágil de personal, revisando semanalmente las cargas de trabajo y ajustando asignaciones según el avance real.	1	3
3.1.2 Relaciones laborales/ de gestión	Comunicación deficiente entre ingenieros, supervisores con el personal en campo	Conflictos laborales, descoordinación en las actividades y retrasos en la obra.	Establecer canales claros de comunicación y reuniones diarias cortas para resolver problemas en tiempo real.	1	3

3.1.3 Salud y seguridad del Proyecto	Falta de seguimiento constante a protocolos de seguridad y uso de EPP. (elementos de protección personal)	Riesgo de accidente laboral	Implementar inspecciones diarias de seguridad y capacitaciones cortas semanales, reforzando la cultura preventiva.	1	4
3.1.4 Educación y capacitación	Capacitaciones de seguridad como cursos de altura, espacios confinados, y en parte técnica como curso de torque	Errores de ejecución y seguridad en el trabajo, incumplimiento de estándares y reprocesos.	Plan de capacitación continua basado en las necesidades de cada fase del proyecto, con material técnico accesible.	1	3
3.1.5 Aprendizaje organizacional	Falta de registro y transferencia de lecciones aprendidas entre equipos.	Repetición de errores y pérdida de conocimiento valioso.	Implementar un repositorio digital de lecciones aprendidas actualizado semanalmente y accesible para todo el personal.	1	3
3.1.6 Diversidad e Igualdad de Oportunidades	proceso de selección de personal femenino	Pérdida de talento y reducción de innovación en el equipo.	Establecer políticas de contratación inclusivas y transparentes, priorizando la igualdad de oportunidades.	1	2

3.1.7 Desarrollo de la Competencia Local	Baja participación de proveedores y mano de obra local.	Menor desarrollo económico y social de la región.	Priorizar contratación de personal y adquisición de insumos en la región, ofreciendo capacitación para cumplir los estándares del proyecto.	1	3
3.2 Sociedad y consumidores					
3.2.1 Apoyo de la comunidad	Poca integración del proyecto con actividades comunitarias en Santa Marta.	Percepción negativa hacia la obra y menor aceptación social.	Desarrollar jornadas informativas y de beneficio comunitario (charlas ambientales, apoyo logístico a eventos locales).	1	3
3.2.2 Cumplimiento de políticas pública	Falta de alineación con normativas ambientales y de seguridad vigentes.	Riesgo de sanciones, suspensiones o multas.	Establecer un sistema de verificación continua del cumplimiento normativo (resoluciones ambientales, decretos locales, normativas API).	1	4

3.2.3 Protección para Pueblos Indígenas y Tribales	Escasa consulta o coordinación con comunidades indígenas cercanas en temas culturales o territoriales.	Conflictos sociales y retrasos por oposición comunitaria	Realizar consultas previas y respetar costumbres locales, integrando medidas de mitigación cultural en el plan del proyecto.	1	3
3.2.4 Salud y Seguridad del Consumidor	Riesgos potenciales de fugas o contaminación derivados de fallas en el tanque.	Afectación a la salud pública y al medio ambiente.	Incorporar sistemas de monitoreo en línea de fugas y protocolos de emergencia, cumpliendo estándares API 650/653.	1	4
3.2.5 Etiquetado de productos y servicios	Ausencia de información clara sobre el contenido y manejo del combustible almacenado.	Riesgo de mal manejo del producto y accidentes.	Implementar señalización clara y etiquetas normalizadas conforme a la normatividad NFPA y GHS.	1	3
3.2.6 Comunicaciones de Mercadeo y Publicidad	Información incompleta o poco precisa sobre los beneficios del proyecto para la comunidad.	Falta de apoyo comunitario y percepción de opacidad.	Publicar boletines y comunicados con datos reales sobre el avance, beneficios y medidas ambientales	1	2

3.2.7 Privacidad del Consumidor	Riesgo de filtración de información sensible de clientes o empresas relacionadas con el proyecto.	Pérdida de confianza de los actores involucrados.	Implementar protocolos de manejo y resguardo seguro de información conforme a la Ley 1581 de 2012 (Protección de Datos Personales en Colombia).	1	3
3.3 Derechos humanos					
3.3.1 No Discriminación	Sesgo involuntario en la contratación y asignación de tareas	Exclusión de talento y conflictos internos.	Implementar un protocolo de contratación inclusivo con criterios objetivos y transparentes.	1	2
3.3.2 Trabajo de acuerdo a la edad	Riesgo de no contratación a personas mayores	Discriminación a cierta población.	Contratar a la persona sin pensar en su edad	1	3
3.3.3 Trabajo Voluntario	Falta de reconocimiento de horas voluntarias aportadas por el personal en actividades comunitarias o de seguridad	Desmotivación del equipo y menor participación en iniciativas sociales.	Establecer un programa formal de voluntariado con certificaciones y beneficios simbólicos para los participantes.	1	2
3.4 Comportamiento Ético					

3.4.1 Prácticas de Adquisiciones	Procesos de compra sin criterios claros de sostenibilidad y transparencia.	Sobrepuestos, baja calidad de materiales y riesgos legales.	Aplicar criterios de adquisiciones responsables, priorizando proveedores certificados y con prácticas sostenibles.	1	3
3.4.2 Anticorrupción	: Riesgo de prácticas corruptas en licitaciones o contratos.	Pérdida de confianza, sanciones y cancelación del proyecto.	Implementar políticas anticorrupción, auditorías internas y cláusulas contractuales de integridad.	1	4
3.4.3 Competencia Leal	Prácticas comerciales que puedan vulnerar la libre competencia con otros proveedores o contratistas.	Riesgo de sanciones por parte de autoridades y daño a la imagen corporativa.	Cumplir estrictamente con la Ley 1340 de 2009 sobre libre competencia, garantizando igualdad de condiciones en procesos de selección.	1	3
4.0 Impactos al planeta (Ambientales)					
4.1 Transporte					
4.1 Adquisiciones locales	Uso limitado de proveedores de la región	Aumento de huella de carbono por transporte y menor apoyo a la economía local.	Priorizar compras a proveedores de Santa Marta y el Magdalena para reducir distancias y emisiones.	1	3

4.1.2 Comunicación digital	Reuniones presenciales innecesarias que implican desplazamientos .	Mayor consumo de combustible y emisiones de CO ₂ .	Fomentar reuniones virtuales y uso de plataformas colaborativas (Teams, Zoom, Skype).	1	2
4.1.3 Viajes y desplazamientos	Movilización frecuente de personal técnico desde ciudades lejanas.	Incremento de emisiones y costos de transporte	Optimizar cronogramas para reducir viajes y fomentar transporte compartido.	1	3
4.1.4 Logística	Transporte ineficiente de materiales y equipos.	Mayores emisiones y sobrecostos logísticos.	Planificar rutas y cargas para optimizar la logística y reducir viajes innecesarios.	1	3
4.2 Energía					
4.2.1 Consumo de energía	Uso de equipos de alta demanda energética sin control de horarios.	Aumento del consumo eléctrico y costos operativos.	implementar turnos y sistemas de apagado automático para equipos no esenciales.	1	3
4.2.2 Emisiones CO ₂	Operación continua de maquinaria pesada a diésel.	Mayor huella de carbono del proyecto.	Monitorear consumo de combustible y programar mantenimientos preventivos para reducir emisiones.	2	4

4.2.3 Retorno de energía limpia	Falta de integración de energías renovables en las instalaciones temporales.	Oportunidad perdida para reducir dependencia de fuentes fósiles.	incorporar paneles solares para iluminación y oficinas temporales.	1	2
4.2.4 Energía renovable	Escasa inversión en tecnologías limpias para las operaciones de obra.	Aumento de la dependencia de energía no renovable.	Adquirir equipos y sistemas que funcionen con energía solar o híbrida cuando sea viable.	1	2
4.3 Tierra, aire y agua					
4.3.1 Diversidad biológica	Alteración de áreas verdes durante la obra.	Pérdida de flora y fauna local.	Implementar medidas de restauración y reforestación post-obra.	1	3
4.3.2 Calidad del aire y agua	Emisión de polvo y vertimiento de aguas sin tratamiento.	Contaminación ambiental y afectación a la salud pública.	Control de partículas con riego y tratamiento de aguas residuales antes de su disposición	1	4
4.3.3 Consumo de agua	Uso ineficiente de agua potable en actividades de obra.	Desperdicio de recursos hídricos y aumento de costos.	Implementar sistemas de recolección de aguas lluvias para riego y limpieza.	1	3

4.3.4 Desplazamiento del agua sanitaria	Manejo inadecuado de aguas servidas del campamento.	Contaminación de cuerpos hídricos cercanos.	Instalar sistemas portátiles de tratamiento y cumplir con vertimientos autorizados por la autoridad ambiental.	1	4
4.4 Consumo					
4.4.1 reciclaje y reutilización	falta de clasificación de residuos en obra.	Mayor volumen de desechos enviados a rellenos sanitarios.	Implementar puntos de reciclaje y reutilización de materiales como madera y acero.	1	3
4.4.2 disposición	Eliminación inadecuada de residuos peligrosos.	Contaminación del suelo y agua.	Contratar gestores o empresas autorizados y cumplir protocolos de disposición final.	1	4
4.4.3 Contaminación y polución	Generación de polvo, ruidos y olores molestos por actividades de obra.	Afectación a comunidades cercanas y fauna local.	Implementar barreras anti-ruido, control de polvo y horarios de trabajo que minimicen molestias.	1	3
4.4.4 Generación de residuos	Altos volúmenes de desperdicio de materiales por mala planificación.	Mayor costo de disposición y uso ineficiente de recursos.	Ajustar pedidos de materiales según mediciones reales y fomentar reutilización.	1	3

5.0 Impactos a la prosperidad (Económicos)					
5.1 Análisis del caso de negocio					
5.1.1 Modelado y simulación	Ausencia de simulaciones de costos y tiempos para escenarios de riesgo.	Ausencia de simulaciones de costos y tiempos para escenarios de riesgo.	Usar software como MS Project y Excel para modelar escenarios “qué pasaría si” ante retrasos o cambios de alcance.	1	3
5.1.2 Valor presente	Falta de análisis del Valor Presente Neto (VPN) de las inversiones del proyecto.	posible sobreinversión en rubros no rentables.	Calcular el VPN con tasas actualizadas para evaluar viabilidad financiera y priorizar inversiones.	1	3
5.1.3 Beneficios financieros directos	No cuantificación de ahorros por optimización de recursos y tiempos.	Subestimación del retorno económico.	Medir y registrar ahorros generados por reducción de desperdicios, transporte y energía.	1	3
5.1.4 Retorno sobre la inversión	No seguimiento periódico al ROI del proyecto.	Dificultad para justificar gastos adicionales.	Establecer un KPI trimestral de ROI y reportarlo a la gerencia.	1	3
5.1.5 Relación beneficio-Costo	Falta de comparación sistemática entre	Inversiones sin la justificación económica necesaria.	Incluir análisis beneficio/costo en cada modificación	1	3

	beneficios y costos reales.		significativa del proyecto.		
5.1.6 Tasa interna de retorno	Desconocimiento del rendimiento porcentual esperado.	Decisiones de inversión con riesgo de baja rentabilidad.	Calcular y actualizar la TIR en función del avance del proyecto y cambios en costos.	1	3
5.2 Agilidad del negocio					
5.2.1 Flexibilidad/Opcionalidad	Planificación rígida ante cambios en suministros o diseños.	Retrasos y aumento de costos por falta de alternativas.	Diseñar planes de contingencia y opciones de sustitución de materiales sin afectar la calidad.	1	3
5.2.2 Flexibilidad del negocio	Procesos administrativos extensos que retrasan ajustes de estrategia.	Pérdida de competitividad y oportunidad en la ejecución.	Agilizar la toma de decisiones con aprobaciones digitales y delegación de autoridad en obra.	1	3
5.3 Estimulación económica					
5.3.1 Impacto económico local	Baja contratación de mano de obra local.	Menor derrama económica en la comunidad.	Priorizar la contratación de personal de Santa Marta y zonas cercanas.	1	3

5.3.2 Beneficios indirectos	Escasa vinculación con proveedores y comercios locales fuera del alcance directo del proyecto.	Oportunidades perdidas para dinamizar la economía regional.	Promover el uso de hospedajes, transporte y alimentación local para el personal del proyecto.	1	3
-----------------------------	--	---	---	---	---

7.3 Relación del proyecto con las dimensiones del Desarrollo Regenerativo

El desarrollo regenerativo considera que la humanidad no ha tenido la capacidad de progresar con los preceptos y objetivos del desarrollo sostenible desde su origen con la velocidad y eficiencia necesarias, y que hemos llegado a un punto en la evolución de nuestros patrones de consumo y emisión que hace imposible la conservación de la capacidad productiva del planeta y nuestra supervivencia con la simple idea de volver esos patrones “sostenibles” en el tiempo. En consecuencia, se vuelve necesario implementar una estrategia holística que integra seis dimensiones, y cuyo objetivo es la reversión en el crecimiento de los patrones de consumo y deterioro, hasta que sean compatibles con la capacidad de regeneración de la Tierra.

Los pilares son los siguientes:

- **Ambiente**

Este proyecto incluye la promoción del uso de energías renovables para reducir la huella de carbono; la reubicación planificada de fauna para garantizar su protección y adaptación en entornos seguros; el impulso a la regeneración de la flora nativa en las áreas intervenidas; y la

implementación de sistemas para la captación y reutilización de aguas pluviales y aguas grises, optimizando así el recurso hídrico y minimizando impactos ambientales.

- **Social**

Este proyecto promueve una vida digna para todos los habitantes, en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, mediante la implementación de políticas laborales que garanticen inclusión y equidad, respetando las edades y condiciones de los trabajadores. Además de fomentar la participación activa de la comunidad a través de un diálogo constante y transparente. Asimismo, se incentiva la integración de miembros de la comunidad en el diseño y ejecución de soluciones para mitigar las afectaciones generadas por el proyecto, fortaleciendo el tejido social.

- **Económico**

Este proyecto contribuye a disminuir la brecha económica mediante el diseño de soluciones que priorizan la eficiencia energética, reduciendo costos operativos y fomentando el acceso equitativo a recursos. Dado que los análisis periódicos permiten ajustar los requisitos técnicos y económicos a las condiciones reales, optimizando la sostenibilidad financiera del proyecto. Además, se aplican análisis de valor que incentivan el desarrollo sostenible y regenerativo.

- **Espiritual**

Al fomentar espacios de descanso, reflexión y meditación se promueve un entorno colaborativo, libre de discriminación, donde cada integrante es escuchado y valorado. Esta cultura de respeto y apertura impulsa altos niveles de participación y empoderamiento,

fortaleciendo el sentido de propósito y bienestar colectivo. Se promueve la integración continua de los equipos de trabajo, favoreciendo la inclusión y la motivación. Además, se desarrollan planes de crecimiento laboral y personal que brindan apoyo, orientación y capacitación, asegurando la igualdad de oportunidades basadas en las habilidades de cada persona. Estos esfuerzos crean un ambiente que no solo impulsa la productividad, sino que también alimenta la armonía y el equilibrio interior de los participantes.

- **Cultural**

El respetar las costumbres y creencias religiosas y culturales de las comunidades en las que se desarrolla el proyecto, asegura que todas las acciones se realicen en un marco de respeto y consideración. Además de fomentar el uso de medios de transporte sostenibles como el transporte público, el transporte compartido y la bicicleta, contribuyendo a una movilidad más limpia y accesible. Asimismo, se promueve el reciclaje y la reutilización de materiales dentro del proyecto, integrando prácticas que no solo reducen el impacto ambiental, sino que también refuerzan valores comunitarios de cuidado y responsabilidad compartida.

- **Política**

Es importante en la realización de este proyecto la participación activa de las comunidades autóctonas y de todos los ciudadanos, sin importar su nivel o condición social, mediante el cumplimiento estricto de las leyes y normativas vigentes en todas las áreas de influencia. Así como una comunicación periódica y transparente con las partes interesadas, informando sobre los avances y el cumplimiento de los compromisos asumidos. Además, se impulsa a los equipos de trabajo para que sean autogestionables y capaces de adaptarse

eficientemente a los cambios. La generación de empleo y oportunidades económicas fortalece la capacidad de cada ciudadano para tomar decisiones informadas sobre su propio futuro y el de su familia, contribuyendo así a un desarrollo inclusivo y participativo.

Lista de Referencias

Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2003). Historia y reestructuración del sector

hidrocarburos en Colombia. Obtenido de: <https://www.anh.gov.co>

Álvarez Montaña, F. A., Cáceres Gutiérrez, M. B., Cayachoa Vargas, A. C., Mendoza

Serrano, C. E., & Chaparro Galindo, L. C. (2020). Recomendaciones para

Incorporar herramientas ágiles en proyectos de oil&gas para mejorar su gestión.

Obtenido de:

<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/08bba655-6155-4e0f-b5ac-f5bc0fde503c/content>

Alyatama, M. (2021). Application of Agile Project Management in Kuwait Oil and Gas

Capital Projects. Obtenido de

http://nectar.northampton.ac.uk/14702/1/Alyatama_Mohammad_2021_Application_of_Agile_Project_Management_in_Kuwait_Oil_and_Gas_Capital_Projects.pdf

- Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación (Tercera Edición ed.). *Bogotá, Colombia: Pearson Education*. Obtenido de: <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Brown, K. A. (2020). Valuing investments in agile project design: example for upstream oil and gas development. Obtenido de <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/132805/1262987844-MIT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carvalho, F. dos S., Almeida Neto, F. Ângelo de, Reis, J. S. dos, & Assis, A. P. P. (2020). Práticas ágeis para gestão de projetos baseadas no PMBOK guide, no agile practice guide e na metodologia scrum: uma análise da aplicabilidade em um projeto-piloto de uma organização pública. *Revista De Ciência Da Computação*, 2(1), 53–60. <https://doi.org/10.22481/recic.v2i1.6692>
- Fajardo Rodríguez, C. A., Candiotti Bustamante, G., Ramírez Romero, L. K., & Buitrago Cortés, P. (2017). Propuesta metodológica de gerencia de proyectos para la intervención de pozos petroleros. Obtenido de <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/8e6e6887-31c3-4dbc-8a94-9f45292684a3/content>

García Nuncira, J. R. (2017). Metodología de gestión de proyectos basada en los principios y herramientas de la filosofía Lean, para ser aplicada en proyectos del sector petrolero y de infraestructura industrial en general. Obtenido de:

<https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/94528e62-8eff-4586-8e0a-8cda5565213e/content>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6th ed.). México D.F.: McGraw-Hill Education. Obtenido de:

<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Maranto, M., & Gonzáles, M. (2015). Fuentes de Información . Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo .

Mohammed, K. N., & Chambrelín, K. S. (2020). An analytical approach in usage of agile methodologies in construction industries—A case study. *Materials Today: Proceedings*, 475-479. Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785320336014?via%3DIhub>

Ozkan, N., Bal, S., Erdogan, T. G., & Gök, M. Ş. *Scrum, Kanban or a mix of both? A Systematic Literature Review*. 883–893 (2022). Obtenido de: [https://annals-](https://annals-csis.org/Volume_30/drp/pdf/143.pdf)

[csis.org/Volume_30/drp/pdf/143.pdf](https://annals-csis.org/Volume_30/drp/pdf/143.pdf)

Paredes Plaza, J. A., & Páez Cornejo, D. (2024). Análisis comparativo de metodologías de gestión de proyectos en construcción: Cascada, Ágil y Lean. *Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 310-334. Obtenido de <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.273>

Patiño Sepúlveda, C. X., Pinzón Jaimes, L. C., & Tirado Urbano, M. M. (2025). Oficina de gestión de proyectos (PMO) estratégica para workover en el sector petróleo y gas en Colombia. Obtenido de: <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/1460af70-33eb-4bde-ad10-3baa81a4e1fc/content>

Project Managment Institute (PMI). (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK®), 6ta Edición. Pennsylvania: Project Managment Institute (PMI).

Vinicius Silva de Mendonça, M., & Hervé, M. (2024). Otimizando a gestão de projetos na indústria de petróleo e gás: Um estudo de caso da implementação do Microsoft PPM. *Gestão E Gerenciamento*, (25). Recuperado de <https://nppg.org.br/revistas/gestaoegerenciamento/article/view/1126>

Anexos

Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG**ACTA DE LA PROPUESTA DE
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)**

1. Nombre del (de la) estudiante

JOHANN SEBASTIAN CARDENAS MANCHEGO

2. Nombre del PFG

Aplicación de principios ágiles en la planificación y ejecución del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707

3. Área temática del sector o actividad

Infraestructuras y obra civil/ Planificación y ejecución de proyectos en el ámbito de la construcción

4. Firma de la persona estudiante

Sebastian Cardenas

5. Nombre de la persona docente SG

CARLOS BRENES

6. Firma de la persona docente

7. Fecha de la aprobación del Acta:

2/12/2025

8. Fecha de inicio y fin del proyecto

1/07/2025

3/12/2025

9. Pregunta de investigación

¿Qué elementos deben incluirse en un marco metodológico que permitan la aplicación efectiva de los principios Ágiles en la planificación y ejecución del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707?

10. Hipótesis de investigación

Es posible desarrollar un marco metodológico que adapte los principios Ágiles al contexto del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707, permitiendo mejorar la flexibilidad, la colaboración y la capacidad de respuesta durante su planificación y ejecución.

11. Objetivo general

Desarrollar un marco metodológico que permita la aplicación de los principios Ágiles en la planificación y ejecución del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707, con el fin de mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la eficiencia en su gestión.

12. Objetivos específicos

1. Identificar las fases o procesos específicos del proyecto TK-707 en los que los principios ágiles pueden implementarse de manera efectiva para mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la toma de decisiones.
2. Analizar los principios y prácticas clave de la gestión ágil de proyectos, con el fin de identificar aquellos que pueden ser adaptados al contexto del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707.
3. Examinar la estructura y características de la gestión tradicional aplicada en obras civiles como el TK-707, para detectar sus limitaciones y oportunidades de integración con metodologías ágiles.
4. Diseñar un marco metodológico híbrido que integre elementos ágiles en la planificación y ejecución del proyecto TK-707, asegurando su compatibilidad con las prácticas tradicionales del sector.

13. Justificación del PFG

- a. No existe un modelo perfectamente aplicable a los proyectos petroleros y la literatura es muy reducida al respecto, sin embargo, se busca adecuar las metodologías y herramientas ágiles a los procesos de gestión de proyectos petroleros.
- b. Poca gente en la industria petrolera sabe sobre las metodologías ágiles y sus beneficios.
- c. La aplicación de principios Ágiles puede mejorar la adaptabilidad, reducir reprocesos y aumentar la colaboración entre equipos en proyectos EPC de alta complejidad.

14. Estructura de desglose de trabajo (EDT). En forma tabular, que describa el entregable principal y los secundarios -productos o servicios que generará el PFG.

Proyecto Final de Grado - TK-707
1.1 Seminario de Graduación
1.1.1. Entregables
1.1.1.1. Chárter y Anexo EDT
1.1.1.2. Anexo investigación bibliográfica
1.1.1.3. Marco teórico
1.1.1.4. Marco metodológico
1.1.1.5. Introducción
1.1.1.6. Validación desarrollo regenerativo
1.1.1.7. Anexo cronograma
1.1.1.8. Resumen ejecutivo, abstract e índices
1.1.2. Aprobación del Seminario de Graduación
1.2. Tutoría de Desarrollo

1.2.1. Tutor
1.2.1.1. Asignación
1.2.1.2. Comunicación
1.2.2.1. Ajustes a trabajos del PFG del SG
1.2.2.2. Avances
1.3. Lectores
1.3.1. Solicitud de asignación
1.3.1.1. Asignación
1.3.1.2. Comunicación de asignación
1.3.1.3. Envío PFG a lectores
1.3.2. Trabajo de lectores
1.3.2.1. Lector 1
1.3.2.2. Lector 2
1.4. Tutorías de Ajuste
1.4.1. Informe de Revisión y Corrección a lectores
1.4.2. PFG corregido enviado a lectores
1.4.3. Segunda revisión de lectores
1.5. Evaluación
1.5.1. Aprobación de lectores

15. Presupuesto del PFG

Concepto	Descripción	Costo Estimado (COP)
Licencias de software	Microsoft 365 (Word, Excel, PowerPoint), Canva Pro para diagramas	\$ 150.000,00
Misceláneos	Gastos imprevistos (papelería, recargas, otros)	\$ 80.000,00
Soporte de conectividad	Datos móviles o servicios de internet para trabajo remoto	\$ 50.000,00
Almacenamiento en la nube	Google One o Dropbox (para respaldo del proyecto FGP)	\$ 70.000,00
Total		\$ 350.000,00

16. Supuestos para la elaboración del PFG

- a. El tiempo del investigador para el desarrollo del FGP será de al menos 10 horas semanales.
- b. Se dispondrá de acceso a literatura y fuentes bibliográficas relevantes sobre metodologías ágiles, así como la estructura de los métodos ágiles de gestión de proyectos de infraestructura bajo modalidad EPC, y estudios comparativos entre enfoques predictivos y adaptativos.

- c. La empresa Termotécnica Coindustrial S.A. proporcionará la información técnica necesaria sobre el proyecto TK-707, incluyendo cronogramas, entregables, hitos y fases ejecutadas.
- d. Se tendrá acceso a la documentación operativa, planos y demás documentos que permitan comprender a fondo la metodología ágil.

17. Restricciones para la elaboración del PFG

- a. El tiempo máximo de elaboración del PFG es de cuatro meses.
- b. No existe interés del sector petrolero en promover las metodologías ágiles en los proyectos de obra civil.
- c. Se deba respetar la restricción de la información requerida para el análisis del caso, la cual puede estar sujeta a condiciones de confidencialidad o disponibilidad parcial por parte de Termotécnica, lo que podría limitar el acceso a algunos detalles claves del proyecto

18. Descripción de riesgos de la elaboración del PFG

- a. El investigador y desarrollador del PFG no cuente o dedique el tiempo suficiente para cumplir con el cronograma del PFG inicialmente propuesto, debido a compromisos laborales u otros inconvenientes, lo que podría

generar retrasos, ocasionando así un replanteamiento del cronograma de implementación.

- b. La información investigada no sea la adecuada para lograr identificar un modelo de calidad correcto de gestión ágil en el sector petrolero, lo que obliga al investigador del PFG a replantear los objetivos generales y específicos del PFG y generar un cambio completo en este.
- c. Que durante la aplicación de la metodología propuesta se encuentran dificultades, debido a que la metodología no pueda adecuarse a las circunstancias particulares del ejemplo escogido, pueda llegar a ser necesario replantearse la propuesta metodológica.

19. Principales hitos del PFG

Entrega	FECHA DE FINZALIZACIO N ESTIMADA
1. Proyecto Final de Grado - TK-707	22 sem
1.1 Seminario de Graduación	9 sem
1.1.1. Entregables	8 sem
1.1.1.1. Charter y Anexo EDT	1 sem
1.1.1.2. Anexo investigación bibliográfica	1 sem
1.1.1.3. Marco teórico	1 sem
1.1.1.4. Marco metodológico	1 sem
1.1.1.5. Introducción	1 sem
1.1.1.6. Validación desarrollo regenerativo	1 sem
1.1.1.7. Anexo cronograma	1 sem
1.1.1.8. Resumen ejecutivo, abstracto e índices	1 sem
1.1.2. Aprobación del Seminario de Graduación	1 sem
1.2. Tutoría de Desarrollo	4 sem
1.2.1. Tutor	4 sem

1.2.1.1. Asignación	1 sem
1.2.1.2. Comunicación	1 sem
1.2.2.1. Ajustes a trabajos del PFG del SG	1 sem
1.2.2.2. Avances	1 sem
1.3. Lectores	5 sem
1.3.1. Solicitud de asignación	3 sem
1.3.1.1. Asignación	1 sem
1.3.1.2. Comunicación de asignación	1 sem
1.3.1.3. Envío PFG a lectores	1 sem
1.3.2. Trabajo de lectores	2 sem
1.3.2.1. Lector 1	1 sem
1.3.2.2. Lector 2	1 sem
1.4. Tutorías de Ajuste	3 sem
1.4.1. Informe de Revisión y Corrección a lectores	1 sem
1.4.2. PFG corregido enviado a lectores	1 sem
1.4.3. Segunda revisión de lectores	1 sem
1.5. Evaluación	1 sem
1.5.1. Aprobación de lectores	1 sem

20. Marco Teorico

20.1 Estado de la cuestión

En la actualidad el material bibliográfico disponible es muy variado sobre diferentes metodologías de gestión y no existe una metodología perfectamente aplicable, aun así, se busca adecuar las técnicas y herramientas ágiles a los procesos de gestión de proyectos petroleros, pues existe muy poco personal en la industria del petróleo que sabe y lleva a la práctica las metodologías ágiles y sus beneficios.

¿Qué elementos deben incluirse en un marco metodológico que permitan la aplicación efectiva de los principios Ágiles en la planificación y ejecución del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707?

El objetivo principal de este proyecto final de graduación es buscar una metodología ágil que se integre y se adapte a la gestión de proyectos petroleros, y que a su vez sean aplicables y puedan aportar un cambio positivo y una alternativa de valor ante la ya tradicional metodología que se utiliza en la mayoría de los proyectos que se ejecutan actualmente.

La transformación del marco de la gestión de proyectos es constante y evoluciona con el pasar del tiempo, cada día se hace más que necesario el uso de herramientas que permitan llevar a cabo con éxito distintos proyectos del sector petrolero.

El planteamiento de objetivos de este PFG buscará la metodología que logre integrar los procesos y herramientas de agilidad en proyectos adaptativos para mejorar el desempeño en el desarrollo de proyectos de construcción en el sector petrolero.

Las metodologías ágiles están penetrando y revolucionando las formas de hacer gestión de proyectos y cada vez más se crean o diseñan nuevos modelos, como lo son: LEAN Construcción, SCRUM y KANBAN. La aplicación de métodos ágiles puede permitir una aceleración de la ejecución de los proyectos, a su vez de que puede ser compatible con los niveles de incertidumbre que caracterizan a la industria de la construcción petrolera.

20.2 Marco conceptual basico

Metodología Agil
Proyectos de Construcción Petroleros
Enfoque adaptativo
SCRUM
LEAN
KANBAN

21. Marco metodológico

Objetivo	Nombre del entregable	Fuente de información	Métodos de investigación	Herramientas	Restricciones
----------	-----------------------	-----------------------	--------------------------	--------------	---------------

1. Identificar las fases o procesos específicos del proyecto TK-707 en los que los principios ágiles pueden implementarse de manera efectiva para mejorar la adaptabilidad, la colaboración y la toma de decisiones.	Mapeo de las fases del proyecto TK-707 de acuerdo a la implementación ágil	Primarias: • Entrevistas • Reuniones • Normativa institucional • Bases datos institucionales Secundarias: • Guías de fundamentos, prácticas y metodologías. • Repositorio de base de datos de UCI • Tesis de investigación.	Analítico Sintético: Se realizó investigación de la documentación para determinar sus fortalezas y debilidades.	• Reuniones. • Retroalimentación • Matrices • Mapeo	Acceso limitado a documentación confidencial, disponibilidad de actores clave
---	---	--	---	--	--

2. Analizar los principios y prácticas clave de la gestión ágil de proyectos, con el fin de identificar aquellos que pueden ser adaptados al contexto del proyecto de construcción del tanque de almacenamiento TK-707.	Matriz con fortalezas y debilidades de la metodología.	Primarias: • Entrevistas • Reuniones • Normativa institucional • Bases datos institucionales Secundarias: • Guías de fundamentos, prácticas y metodologías. • Repositorio de base de datos de UCI • Tesis de investigación.	Método analítico Se identifica el universo de aspectos relevantes para la consideración de la hipótesis planteada.	• Juicio de expertos • Matrices • Diagramas • Análisis de documentos	Tiempo limitado para recopilar y analizar datos.
---	--	--	---	---	--

3. Examinar la estructura y características de la gestión tradicional aplicada en obras civiles como el TK-707, para detectar sus limitaciones y oportunidades de integración con metodologías ágiles.	Informe comparativo entre la gestión tradicional y los enfoques ágiles, con recomendaciones de integración.	Primarias: • Entrevistas • Reuniones • Normativa institucional • Bases datos institucionales Secundarias: • Guías de fundamentos, prácticas y metodologías. • Repositorio de base de datos de UCI • Tesis de investigación.	Método analítico-sintético. Un ejemplo particular de aplicación es descompuesto en sus partes, analizado de cara a la metodología planteada y se sintetizan las conclusiones acerca de la aplicabilidad de la generalización metodológica.	• Estudios comparativos • Juicio de expertos • Diagramas • Análisis de documentos	Enfoque rígido en estándares tradicionales, resistencia al cambio
---	--	--	---	--	--

4. Diseñar un marco metodológico híbrido que integre elementos ágiles en la planificación y ejecución del proyecto TK-707, asegurando su compatibilidad con las prácticas tradicionales del sector.	Propuesta de marco metodológico híbrido aplicable a proyectos similares en el sector de obras civiles.	Primarias: • Entrevistas • Reuniones • Normativa institucional • Bases datos institucionales Secundarias: • Guías de fundamentos, prácticas y metodologías. • Repositorio de base de datos de UCI • Tesis de investigación.	Método inductivo. A partir de las características de los procesos y la información disponible sobre sus circunstancias, se produjo una propuesta general de aplicación metodológica.	Plantillas de planificación, herramientas de gestión híbrida (MS Project)	El proyecto se verá limitado por la falta de recursos y fuentes de información.
---	--	--	--	--	---

22. Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y desarrollo sostenible

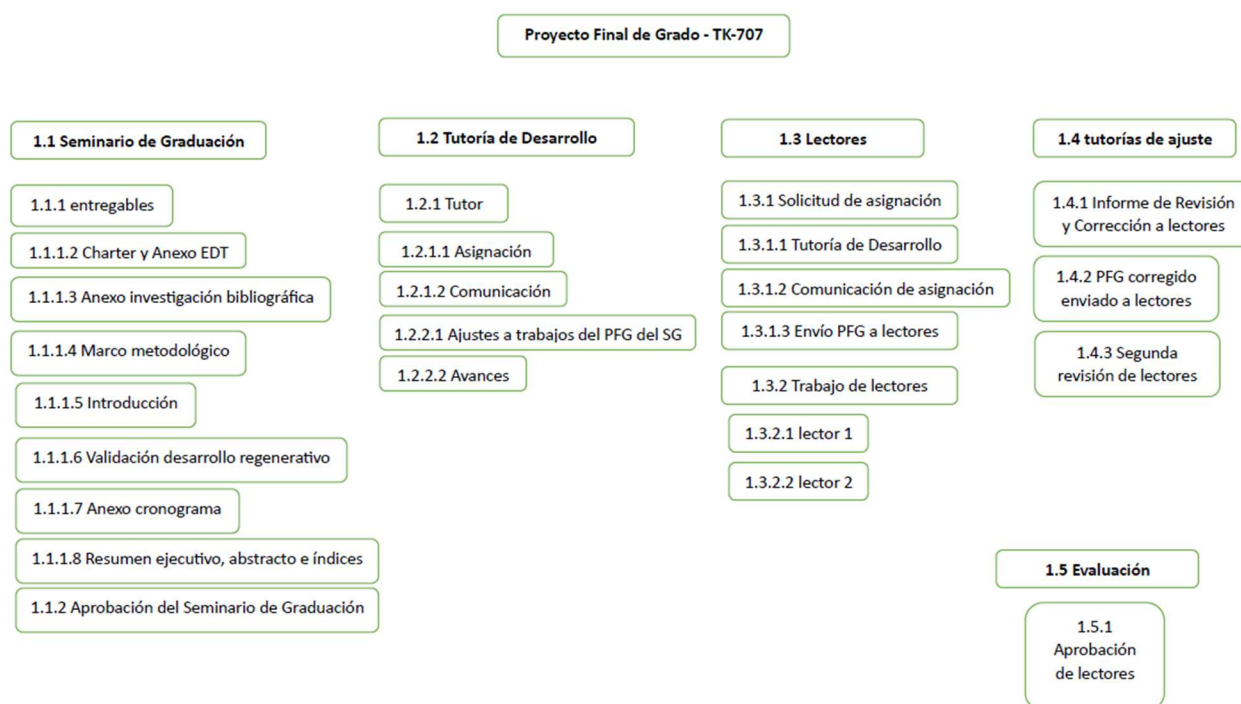
El PFG se alinearán con los principios de desarrollo regenerativo y sostenible mediante la integración de prácticas que no solo minimicen y reduzcan el impacto ambiental y social, sino que también fomenten e impulsen la regeneración y mejora de los ecosistemas y la resiliencia de las comunidades. El proyecto contribuirá a la planificación urbana y territorial sostenible, a la gestión eficiente de recursos naturales y la restauración de ecosistemas, contribuyendo así directamente al desarrollo regenerativo.

El PFG aportará al desarrollo sostenible a través de la reducción de la huella de carbono, la implementación de tecnologías limpias y la promoción de un ciclo de vida de producto sostenible. Indicadores como la reducción en el consumo energético, el aumento en la biodiversidad local, minimización de residuos y análisis del ciclo de vida de productos (LCA), con el objetivo de fomentar patrones sostenibles a largo plazo, asegurando así un impacto positivo continuo.

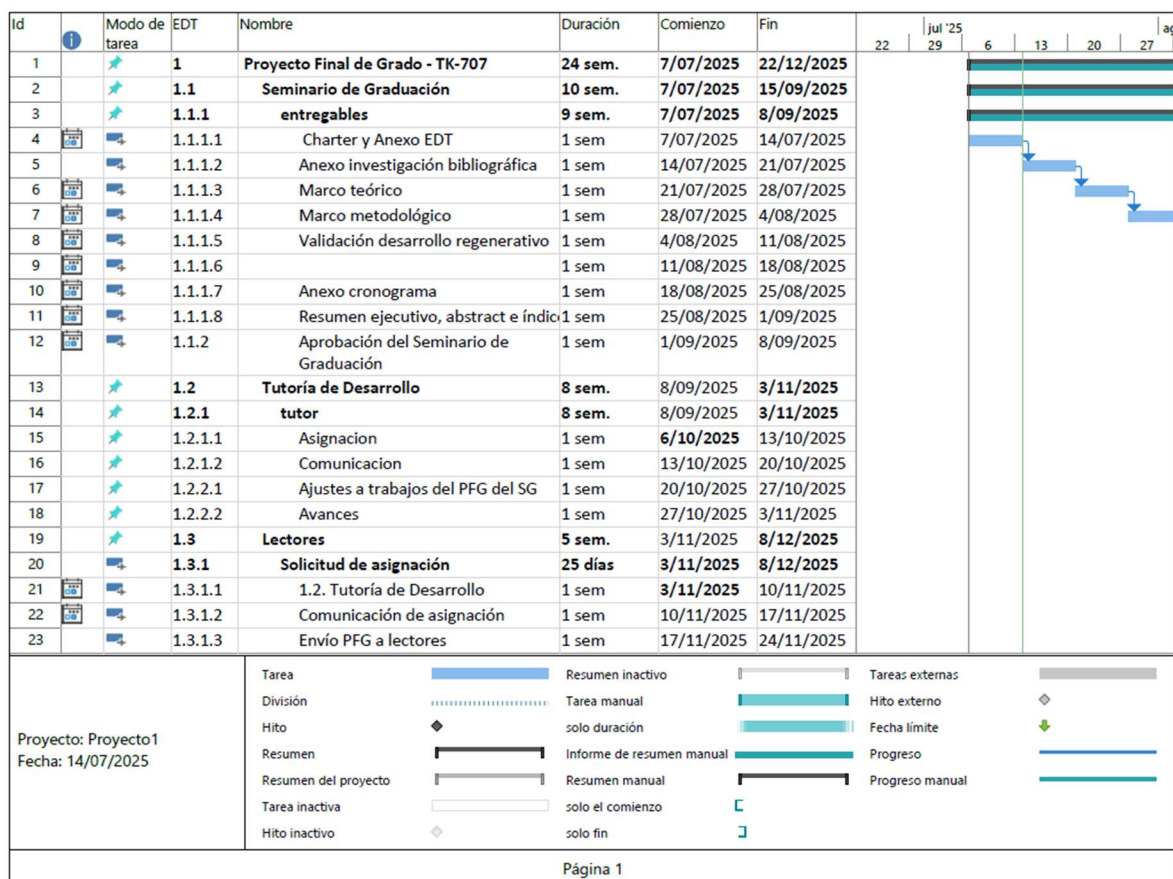
Además, se promoverá la participación de las comunidades, generando empleo digno y fortaleciendo el tejido social, en línea con el ODS 11, así como la incorporación de tecnologías limpias e innovadoras, y la adopción de medidas de adaptación basadas en la naturaleza.

Estas métricas serán evaluadas mediante auditorías ambientales, herramientas de análisis de ciclo de vida y encuestas comunitarias, permitiendo ajustar las estrategias de manera dinámica y asegurar un impacto positivo sostenido.

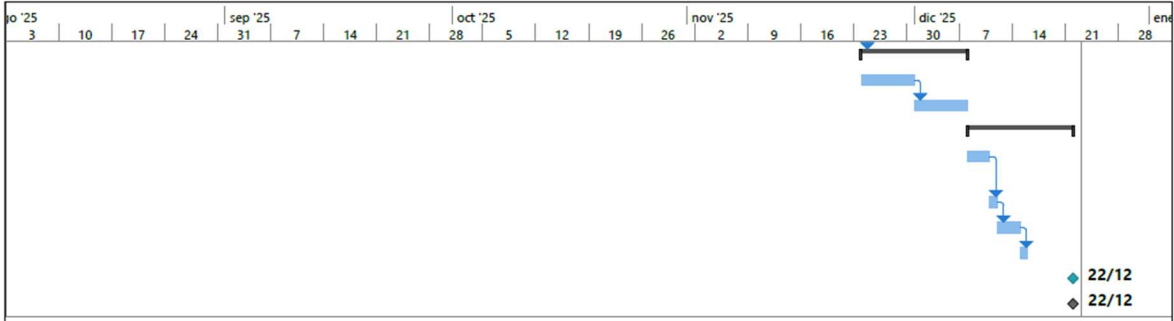
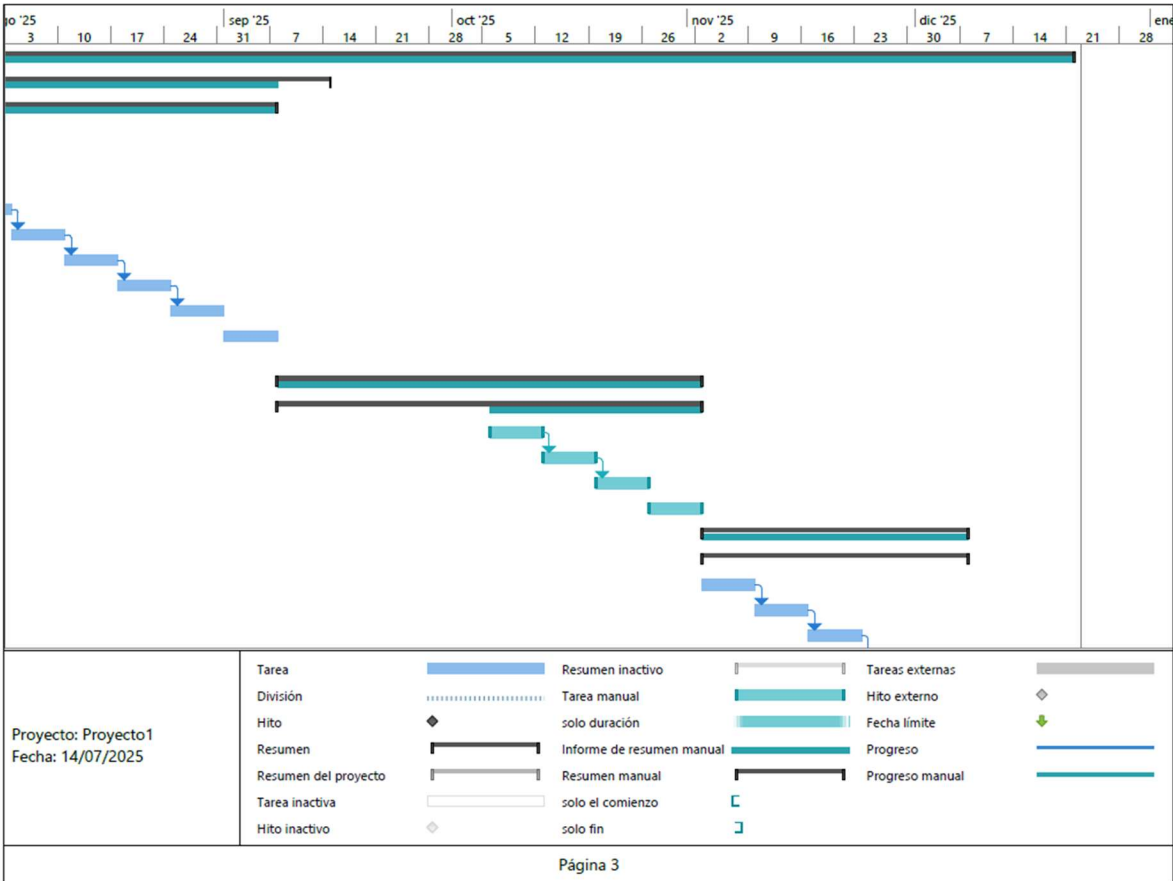
Anexo 2: EDT del PFG



Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG



Id	Modo de tarea	EDT	Nombre	Duración	Comienzo	Fin	22	29	6	13	20	27	ag
24		1.3.2	Trabajo de lectores	10 días	24/11/2025	8/12/2025							
25		1.3.2.1	lector 1	1 sem	24/11/2025	1/12/2025							
26		1.3.2.2	lector 2	1 sem	1/12/2025	8/12/2025							
27		1.4	tutorías de ajuste	10 días	8/12/2025	22/12/2025							
28		1.4.1	Informe de Revisión y Corrección a lectores	3 días	8/12/2025	11/12/2025							
29		1.4.2	PFG corregido enviado a lectores	1 día	11/12/2025	12/12/2025							
30		1.4.3	Segunda revisión de lectores	1 día	12/12/2025	15/12/2025							
31		1.4.4	1.2.2.2. Avances	1 día	15/12/2025	16/12/2025							
32		1.5	Evaluación	0 días	22/12/2025	22/12/2025							
33		1.5	Aprobación de lectores	0 días	22/12/2025	22/12/2025							



Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar

El interés de este proyecto final de graduación es buscar una metodología ágil que se integre y adapte a la ejecución y planificación de proyectos de construcción de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, y que las mismas sean aplicables y puedan generar una alternativa de valor, teniendo en cuenta que la industria petrolera, se muestra como una de las más prósperas, eficientes y avanzadas bajo el supuesto de que administra los recursos de la manera más efectiva, aún genera muchos desechos y sobre costos.

La Guía Práctica de Ágil del PMI constituye una referencia fundamental para el proceso de análisis propuesto, ya que constituye una de las bases conceptuales del funcionamiento de los métodos ágiles, siendo fundamental para asegurar que el planteamiento metodológico que se realiza cumpla con las características deseadas (y probadas) de los métodos ágiles evitando así tanto como sea posible la incertidumbre respecto de la integridad de la metodología que se propone.

La creciente presión para afrontar el cambio climático y las innovaciones en tecnología energética, la demanda y los precios futuros de los productos petrolíferos son inciertos y los hidrocarburos seguirán desempeñando un papel importante en el cambiante panorama energético. Sin embargo, las empresas deberán reconsiderar en qué se invierte el capital y cómo se invierte. Para Brown (2020), como lo expresa en su artículo, invertir en un sistema diseñado para ser ágil es cada vez más relevante para las empresas de hidrocarburos que quieren prosperar frente al futuro incierto de las próximas décadas.

Así mismo, Mohammed & Chambrelin (2020) en su artículo buscan mediante metodología Ágil diseñar un marco controlado para la naturaleza dinámica de la construcción en donde se pueda gestionar los cambios de manera eficaz pues los retrasos en el diseño y las órdenes de cambio en el proceso de construcción son la causa principal de los retrasos en las obras.

En el artículo de Alyatama (2021), también afirma que los valores y principios ágiles, tal como se describen en el Manifiesto ágil, expresan que el diseño y la producción de programas informáticos han sido ampliamente implantados como solución para mitigar los retrasos del proyecto y satisfacer la demanda del mercado.

Es por esto que, las metodologías ágiles están en constante evolución, algo que se ha demorado en la industria petrolera, de ahí que Paredes y Paez (2024) destaquen la importancia de la metodología ágil, dado que su flexibilidad y adaptabilidad, son perfectas para proyectos con requisitos cambiantes y que requieren retroalimentación continua, además de que se adapta a las nuevas demandas del sector.

Por otro lado, Vinicius comparte las lecciones aprendidas por la empresa durante el proceso de implementación de la herramienta, destacando los éxitos alcanzados y los desafíos superados en el proceso. El artículo busca no solo ofrecer una visión general completa de la implementación de Microsoft PPM.

Bibliografía

Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2003). Historia y reestructuración del sector hidrocarburos en Colombia. Obtenido de: <https://www.anh.gov.co>

Álvarez Montaña, F. A., Cáceres Gutiérrez, M. B., Cayachoa Vargas, A. C., Mendoza Serrano, C. E., & Chaparro Galindo, L. C. (2020). Recomendaciones para Incorporar herramientas ágiles en proyectos de oil&gas para mejorar su gestión. Obtenido de: <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/08bba655-6155-4e0f-b5ac-f5bc0fde503c/content>

Alyatama, M. (2021). Application of Agile Project Management in Kuwait Oil and Gas Capital Projects. Obtenido de http://nectar.northampton.ac.uk/14702/1/Alyatama_Mohammad_2021_Application_of_Agile_Project_Management_in_Kuwait_Oil_and_Gas_Capital_Projects.pdf

Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación (Tercera Edición ed.). *Bogotá, Colombia: Pearson Education*. Obtenido de: <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

Brown, K. A. (2020). Valuing investments in agile project design: example for upstream oil and gas development. Obtenido de

<https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/132805/1262987844-MIT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carvalho, F. dos S., Almeida Neto, F. Ângelo de, Reis, J. S. dos, & Assis, A. P. P. (2020). Práticas ágeis para gestão de projetos baseadas no PMBOK guide, no agile practice guide e na metodologia scrum: uma análise da aplicabilidade em um projeto-piloto de uma organização pública. *Revista De Ciência Da Computação*, 2(1), 53–60. <https://doi.org/10.22481/recic.v2i1.6692>

Fajardo Rodríguez, C. A., Candiotti Bustamante, G., Ramírez Romero, L. K., & Buitrago Cortés, P. (2017). Propuesta metodológica de gerencia de proyectos para la intervención de pozos petroleros. Obtenido de <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/8e6e6887-31c3-4dbc-8a94-9f45292684a3/content>

García Nuncira, J. R. (2017). Metodología de gestión de proyectos basada en los principios y herramientas de la filosofía Lean, para ser aplicada en proyectos del sector petrolero y de infraestructura industrial en general. Obtenido de: <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/94528e62-8eff-4586-8e0a-8cda5565213e/content>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6th ed.). México D.F.: McGraw-Hill Education. Obtenido de: <https://www.esup.edu.pe/wp->

<content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Maranto, M., & Gonzáles , M. (2015). Fuentes de Información . Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo .

Mohammed, K. N., & Chambrelin, K. S. (2020). An analytical approach in usage of agile methodologies in construction industries—A case study. *Materials Today: Proceedings*, 475-479. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785320336014?via%3Dihub>

Ozkan, N., Bal, S., Erdogan, T. G., & Gök, M. Ş. *Scrum, Kanban or a mix of both? A Systematic Literature Review*. 883–893 (2022). Obtenido de: https://annals-csis.org/Volume_30/drp/pdf/143.pdf

Paredes Plaza, J. A., & Páez Cornejo, D. (2024). Análisis comparativo de metodologías de gestión de proyectos en construcción: Cascada, Ágil y Lean. *Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 310-334. Obtenido de <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.273>

Patiño Sepúlveda, C. X., Pinzón Jaimes, L. C., & Tirado Urbano, M. M. (2025). Oficina de gestión de proyectos (PMO) estratégica para workover en el sector petróleo y gas en Colombia. Obtenido de:

<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/1460af70-33eb-4bde-ad10-3baa81a4e1fc/content>

Project Managment Institute (PMI). (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK®), 6ta Edición. Pennsylvania: Project Managment Institute (PMI).

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). The definitive guide to scrum: The rules of the game. Scrum.org

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020, November). The Scrum guide: The definitive guide to Scrum: The rules of the game.

Vinicius Silva de Mendonça, M., & Hervé, M. (2024). Otimizando a gestão de projetos na indústria de petróleo e gás: Um estudo de caso da implementação do Microsoft PPM. *GestãO E Gerenciamento*, (25). Recuperado de <https://nppg.org.br/revistas/gestaoegerenciamento/article/view/1126>