Implementación de un Modelo de Gestión Basado en la Combinación de Scrum y Cascada para la Optimización de Procesos en los Proyectos de Recobro Mejorado Gestionados por Ecopetrol en el Departamento del Meta Acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Carlos Alberto Ortiz Aux

Milton Harbey Tellez Jiménez

Asesor

Vanessa Paola Pertuz Peralta

Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD

Escuela de Ciencias, Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Maestría en Gerencia de Proyectos

2025

Agradecimientos

A lo largo de este viaje de maestría, hemos contado con un invaluable apoyo que hizo posible la culminación de este proyecto. Nuestro más sincero agradecimiento a nuestra directora de tesis, la Doctora Vanessa Paola Pertuz Peralta, y a la Líder Nacional del Programa de Maestría en Gerencia de Proyectos, Doctora Concepción Barreda Ramírez por su guía experta, paciencia y las valiosas retroalimentaciones que nos impulsaron a alcanzar un nivel de rigor académico que no creíamos posible. Sus conocimientos y constante motivación fueron pilares fundamentales**.**

Dedicatoria

A nuestras familias, por ser el motor de nuestra inspiración y la fuente inagotable de amor y apoyo.

Milton Harbey Tellez Jiménez: A mi amada esposa, Alida Jiménez, por su inquebrantable paciencia, su comprensión infinita y por ser mi compañera de vida en cada desafío. A mis adoradas nietas, Sara Celeste y Bella Samanta, quienes con su alegría y vitalidad iluminan cada uno de mis días y me recuerdan la importancia de construir un futuro mejor. A mis padres Araminta Jiménez y Salomón Tellez, Por haberme dado la vida, a mi hermana Edna Milena Tellez a mi hija Julieth Marcela por hacerme sentir importante para ellos.

Carlos Alberto Ortiz Aux: A mis hijas Laura Andrea Ortiz, Ana Paula Ortiz, por su maravillosa existencia. A mi esposa Lizeth Sevilla por su constante compañía. A mi madre Teresa Aux y a mis Hermanas Sonia Ortiz y Xiomara Ortiz con quienes logramos superar las adversidades de la vida.

A la memoria de quienes nos precedieron y nos legaron la pasión por el conocimiento y el deseo de superación.

Finalmente, a las futuras generaciones, con la profunda esperanza de que este trabajo sea una pequeña semilla que contribuya al crecimiento y al bienestar de nuestra sociedad.

Resumen

El propósito del estudio fue Implementar un modelo de gestión basado en la combinación de Scrum y Cascada para la optimización de procesos en los proyectos de recobro mejorado gestionados por Ecopetrol en el departamento del Meta acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Para ello, se siguió una metodología mixta, usando tres instrumentos de recolección de información, ficha de revisión documental, guía de entrevista y encuesta, siguiendo los métodos de análisis de contenido y estadística descriptiva respectivamente. Los resultados arrojaron que, El 87,5% de los encuestados confirmó el uso predominante de la metodología Cascada, pero un 62,5% percibió limitaciones en su adaptabilidad, El 95% valoró positivamente la combinación de Scrum y Cascada, mostrando una fuerte aceptación organizacional. Se logró un 92% de cumplimiento del cronograma, 35% de reducción en retrabajos y 87% de satisfacción del equipo. Concluyendo que, aunque Ecopetrol – Meta cuenta con una gestión estructurada basada en Cascada, requiere mayor flexibilidad operativa. El modelo híbrido propuesto demostró ser eficiente, adaptable y alineado con los ODS, con alta aceptación y resultados positivos en su implementación.

Palabras Clave. Scrum, Cascada, Metodologías Híbridas, Modelo de Gestión, Proyectos de Recobro Mejorado.

Abstract

The purpose of this study was to implement a management model based on the combination of Scrum and Waterfall methodologies for process optimization in enhanced oil recovery projects managed by Ecopetrol in the Meta department, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs). To achieve this, a mixed methodology was followed, using three data collection instruments: a document review form, an interview guide, and a survey. The collected data was analyzed using content analysis and descriptive statistics, respectively.

The results showed that 87.5% of respondents confirmed the predominant use of the Waterfall methodology, but 62.5% perceived limitations in its adaptability. Furthermore, 95% positively valued the combination of Scrum and Waterfall, indicating strong organizational acceptance. The implementation achieved 92% schedule compliance, a 35% reduction in rework, and 87% team satisfaction.

In conclusion, although Ecopetrol – Meta has a structured Waterfall-based management, it requires greater operational flexibility. The proposed hybrid model proved to be efficient, adaptable, and aligned with the SDGs, demonstrating high acceptance and positive results upon implementation.

Keywords: Scrum, Waterfall, Hybrid Methodologies, Management Model, Enhanced Oil Recovery Projects.

Tabla de Contenido

Introducción 14

Contextualización del Problema 15

Planteamiento del Problema 15

Justificación 19

Objetivos de la Investigación 21

Objetivo General 21

Objetivos Específicos 21

Marco Conceptual y Teórico 22

Antecedentes 22

Modelos de Gestión para Procesos Industriales 26

Gestión de Proyectos en Hidrocarburos 28

Metodología Cascada 29

Requerimientos del Proyecto 31

Diseño 32

Etapa de Implementación 32

Pruebas para la Verificación 33

Mantenimiento del Proyecto 33

Marco de Trabajo Scrum 34

Proceso Inicial 36

Proceso de Planificación del Scrum 37

Proceso de Ejecución 37

Proceso de Revisión 38

Retrospección del Proceso Scrum 38

Iteración del Ciclo 38

Metodologías Hibridas 39

Marco Metodológico 41

Tipo de Investigación 41

Diseño de la Investigación 41

Población y Muestra 42

Instrumentos de Recolección de Información 44

Análisis de la Información 50

Procedimiento de la Investigación 51

Análisis y Presentación de los Resultados 53

Presentación de los Resultados 53

Diagnosticar las Prácticas Actuales de Gestión de Proyectos de Recobro Mejorado en Ecopetrol – Meta, a Partir de Estudios Previos, Experiencias Documentadas y una Encuesta al Sector Hidrocarburífero. 55

Estudios Previos, Experiencias Documentadas. 56

Prácticas de Gestión de Proyectos en Recobro Mejorado 58

Metodologías de Gestión en Proyectos de Hidrocarburos 59

Diagnóstico de Prácticas Actuales 59

Estudios Previos y Experiencias Documentadas 61

Conocimiento y Aplicación de las Metodologías de Gestión Actuales, Identificación de Oportunidades de Mejora, y Evaluación de la Efectividad de las Prácticas Existentes 62

Categoría. Conocimiento y Aplicación de Metodologías Actuales 62

Disposición y Viabilidad para Adoptar un Modelo Híbrido, Integración de Metodologías Ágiles y Tradicionales, y Adecuación al Contexto del Recobro Mejorado. 64

Lista de Chequeo Encuesta al Sector Hidrocarburífero. 65

Herramientas del Diagnóstico 76

Diseñar el Modelo Híbrido de Gestión de Proyectos que Combine Scrum y Cascada, Adaptado a las Condiciones y Necesidades Específicas de los Proyectos de Recobro Mejorado en Ecopetrol – Meta, hacia la Mejora Continua en cuanto a la Mejora de la Calidad de los Entregables y Alineación con las Expectativas de los Stakeholders. 91

Lineamientos para el Modelo 96

Agilidad como Pilar de Adaptabilidad Operativa. 96

Rigurosidad en la Planificación y Control. 96

Innovación Tecnológica y Operativa. 97

Sostenibilidad Integrada desde la Conceptualización 97

Gestión del Conocimiento y Mejora Continua 97

Propuesta del Modelo Híbrido de Gestión 97

Estructura General 97

Procesos 98

Gestión de Riesgos (ISO 31000)..... 98

Gestión del Conocimiento..... 98

Sostenibilidad (ESG) 99

Modelo Híbrido Integrado para la Gestión Ágil de Proyectos de Recobro Mejorado (MH-GAEP)..... 99

Evaluar la Implementación del Modelo Híbrido, Alineados con los ODS dentro de Ecopetrol – Meta..... 102

Etapa 1. Socialización- Presentación Institucional y Validación Estratégica..... 103

Etapa 2. Capacitación- Formación en Metodologías Híbridas y ESG..... 104

Etapa 3. Pilotaje- Ejecución del Modelo en Campo Piloto..... 104

Etapa 4. Evaluación- Medición de Resultados, Retroalimentación y Ajustes..... 105

Etapa 5. Escalamiento Institucional - Aplicación a Nuevos Proyectos e Integración Formal 107

Discusión de los Resultados..... 107

Conclusiones..... 110

Referencias..... 112

Apéndices..... 120

Lista de Tablas

Tabla 1 *Criterios de Búsqueda* 44

Tabla 2 *Construcción de la Entrevista* 47

Tabla 3 *Construcción de los Ítems* 48

Tabla 4 *Resultados del Estudio por Fases* 53

Tabla 5 *Foda* 76

Tabla 6 *Matriz Cruzada* 78

Tabla 7 *Comparación de Prácticas en Scrum, Cascada y Modelo Híbrido Integrado* 92

Tabla 8 *Componentes del Modelo Orientados A La Mejora Continua De La Calidad* 95

Tabla 9 *Implementación (esto Corresponde A Planificación Propuesta, su Implementación se Explica en el Siguiente Objetivo)* 100

Tabla 10 *Indicadores* 101

Tabla 11 *Resultado de los Indicadores* 106

Lista de Figuras

Figura 1 *Proceso Secuencial*..... 30

Figura 2 *Proceso Flexible*..... 35

F**igura 3** *Secuencia del Proceso Seguido.* 52

Figura 4 *1. En los Proyectos de Recobro Mejorado, el Proceso de Planificación al Inicio de Cada Proyecto es Óptimo en el Marco de la Metodología Cascada* 66

Figura 5 *2. Los Proyectos de Recobro Mejorado en Ecopetrol Siguen un Método Secuencial de Ejecución (Cascada)*..... 67

Figura 6 *3. La Metodología Cascada está Proporcionando una Estructura para la Gestión de Proyectos de Recobro Mejorado con Precisión* 69

Figura 7 *4. Los Proyectos de Recobro Mejorado en Ecopetrol son Implementados Ciclos de Trabajo Iterativos y Frecuentes como en la Metodología Scrum*..... 70

Figura 8 *5. La Metodología Scrum Mejora la Flexibilidad y Adaptabilidad en la Ejecución de los Proyectos De Recobro Mejorado*..... 72

Figura 9 *6. Los Equipos de Trabajo en Ecopetrol Realizan Reuniones Periódicas de Revisión, Como las Retrospectivas de Scrum, para Evaluar el Progreso del Proyecto de Recobro Mejorado*..... 73

Figura 10 *7. Un Modelo Híbrido de Gestión, debe Combinar la Planificación Detallada de Cascada con los Ciclos Iterativos de Scrum, en los Proyectos de Recobro Mejorado*..... 80

Figura 11 *8. Los Elementos Estructurados de Cascada Combinados con los Principios Ágiles De Scrum Conducen a la Eficiencia y la Adaptabilidad de los Proyectos de Recobro Mejorado*82

Figura 12 *9. En los Proyectos de Recobro Mejorado, la Eficiencia del Modelo Híbrido Implementado Presentó Mejores Resultados en Comparación con el de Cascada o Scrum individualmente* 85

Figura 13 *10. El Modelo Híbrido Objeto es Adaptable a las Variaciones y Necesidades de los Proyectos de Recobro Mejorado* 87

Figura 14 *El modelo híbrido Contribuye a la Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) Dentro de Ecopetrol Desde la de Optimización de Procesos y Sostenibilidad* 89

Figura 15 *Modelo Híbrido Integrado para la Gestión Ágil y Eficiente de Proyectos de Recobro Mejorado (MH-GAP)* 100

Lista de Apéndices

Apéndice A *Lista de Chequeo* 120

Apéndice B *Guía de Validación* 123

Apéndice C *Entrevista – Respuestas* 127

Apéndice D *Formatos de Calidad* 131

Apéndice E *Acta de Socialización* 134

Apéndice F *Sobre Informe de Capacitación y Evaluación Técnica.* 137

Apéndice G *Informe de Implementación Piloto.* 139

Apéndice H *Informe de Evaluación y Retroalimentación.* 141

Apéndice I *Informe de Escalamiento e Integración Institucional* 143

Introducción

En el sector hidrocarburífero, inmerso en alta complejidad, estricta regulación y entornos cambiantes, los modelos tradicionales de gestión de proyectos como el enfoque en cascada, aunque estructurados, resultan poco adaptables ante imprevistos, generando retrasos, sobrecostos y limitaciones en la respuesta operativa (Guerrero Rojas & Vargas Vargas, 2019; Joya Benitez et al., 2022). Por otro lado, las metodologías ágiles como Scrum, aunque más flexibles, carecen de la rigurosidad requerida en este tipo de proyectos (Blokehead, 2016).

Ante esta dualidad, se propuso un modelo de gestión híbrido que combina las fortalezas de Cascada y Scrum para optimizar la ejecución de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, permitiendo una planificación estructurada con capacidad de adaptación, mejora continua, cumplimiento de estándares técnicos y alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

De tal forma que, el presente documento plantea el problema en el primer capítulo, abordando la pregunta problema, objetivos y justificación, seguidamente se presenta el marco teórico como segundo capítulo contentivo de los antecedentes de investigación y la teoría conceptual, en tanto, capítulo tercero comprende la perspectiva metodológica seguida por los investigadores desde la tipología, diseño, población y muestra, instrumentos, análisis de datos y procedimiento del estudio, para en el capítulo cuarto exponer los resultados y su discusión, seguido de las conclusiones y referencias.

Contextualización del Problema

Planteamiento del Problema

En la gestión de proyectos, un modelo de gestión se define como un conjunto estructurado de procesos, metodologías, herramientas y mejores prácticas que permiten la planificación, ejecución, monitoreo y control de un proyecto para lograr el cumplimiento de objetivos estratégicos y operativos (Kerzner, 2022). En el contexto del sector hidrocarburífero, este modelo debe integrar estrategias que permitan mantener la eficiencia operativa, el cumplimiento normativo, la calidad de los entregables y la capacidad de respuesta ante imprevistos. Sin embargo, la complejidad de estos proyectos y la variabilidad de los factores externos, evidenciando la necesidad de evolucionar desde esquemas tradicionales rígidos hacia modelos más flexibles que combinen lo mejor de diversas metodologías de gestión de proyectos (Turner, 2021).

Ecopetrol, la empresa más importante del sector hidrocarburos en Colombia, opera en diversas áreas estratégicas de exploración, producción, refinación, transporte y comercialización de petróleo y gas (Ecopetrol, 2023). Dentro de su portafolio de proyectos, se encuentra la iniciativa de recobro mejorado, una técnica avanzada que permite maximizar la extracción de hidrocarburos en campos maduros mediante la inyección de fluidos, químicos o gases (Bautista & Ramírez, 2020). En el departamento del Meta, donde Ecopetrol lidera varios de estos proyectos, la complejidad operativa y las condiciones del entorno exigen un alto nivel de planificación y control. No obstante, los modelos de gestión tradicionales, como el método en cascada, generando dificultades en la ejecución de estas iniciativas debido a su rigidez y baja capacidad de adaptación a las condiciones cambiantes del mercado y del entorno geológico (Vila Grau & Capuz Rizo, 2022).

Es de mencionar que, los síntomas de un modelo de gestión ineficiente en esta área se manifiestan en retrasos en los cronogramas, sobrecostos, fallas en la comunicación entre equipos multidisciplinarios y dificultades para gestionar cambios imprevistos en el proceso de recobro mejorado (Salamanca-Alfaro & Carranza-Guerrero, 2014). La aplicación exclusiva de metodologías tradicionales limita la capacidad de respuesta ante riesgos operacionales, cambios regulatorios y nuevas oportunidades tecnológicas, lo que impacta directamente la eficiencia del proyecto y la optimización de recursos (Aguirre Barrera & Aguirre Barrera, 2021). A su vez, las metodologías ágiles, aunque más flexibles, no cuentan con el nivel de estructuración requerido en proyectos con altos requerimientos técnicos, regulatorios y de seguridad (Stepanets, 2024).

Aunado ello, el sector de hidrocarburos presenta situaciones que atentan contra la gestión de proyectos debido a su alta complejidad, estrictas regulaciones, elevados costos y la necesidad de adaptarse a entornos dinámicos y cambiantes. Es de señalar que, tradicionalmente, las metodologías de gestión de proyectos como la cascada son utilizadas en este sector por su proceso estructurado y logro del cumplimiento de las normativas mediante una planificación detallada (Salamanca-Alfaro & Carranza-Guerrero, 2014), de esta forma la adaptación a cambios imprevistos resulta dificultoso, lo cual es necesario en un sector caracterizado por su alta complejidad, sensibilidad a variables externas y la necesidad de decisiones rápidas frente a situaciones que pueden generar problemas de orden técnicos y ambientales, donde la estructura jerárquica y especializada de los equipos reduce la colaboración y comunicación efectiva entre áreas generando retrasos y sobrecostos, afectando la capacidad de respuesta ante situaciones cambiantes del mercado y los riesgos inherentes a este tipo de proyectos(Aguirre Barrera & Aguirre Barrera, 2021; Vila Grau & Capuz Rizo, 2022).

En este sentido, el método de cascada, aunque estructurado y secuencial, enfrenta limitaciones que afectan en proyectos de hidrocarburos debido a su rigidez y falta de adaptabilidad ante problemas imprevistos (Stepanets, 2024), sobre lo cual, Loayan (2024) señala que su linealidad dificulta la respuesta a cambios, generando retrasos y sobrecostos en entornos dinámicos.

Por otro lado, las metodologías ágiles, como Scrum ganan popularidad en diversos sectores debido a su flexibilidad y lo iterativo, que permite una mejor adaptación a los cambios, no obstante, en proyectos de hidrocarburos, donde los requisitos suelen estar claramente definidos desde el inicio y los entregables finales deben cumplir con altos estándares de calidad, las metodologías ágiles también presentan limitaciones (Mariño & Alfonzo, 2014), ya que, carecen de la rigurosidad necesaria para abordar todos los aspectos críticos de los proyectos, como la documentación exhaustiva o la gestión de riesgos.

En este contexto, se hace necesario explorar estrategias híbridas que combinen los puntos fuertes de Scrum y Cascada, aprovechando la flexibilidad y capacidad de adaptación de las metodologías ágiles junto con la estructura y el control que ofrecen las metodologías tradicionales, lo cual permite optimizar procesos, mejorar la calidad de los entregables y facilitar la adaptación a entornos complejos, ofreciendo una solución más equilibrada a las necesidades del sector (Vila Grau & Capuz Rizo, 2022).

Ante esta problemática, surge la necesidad de diseñar un modelo de gestión híbrido, combinando las fortalezas de Scrum y Cascada, para optimizar la ejecución de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta. La metodología híbrida permitirá mantener la planificación estructurada y la trazabilidad documental de Cascada, al tiempo que introduce la flexibilidad y la mejora continua de Scrum (Loayan, 2024). De esta manera, se busca mejorar la

calidad de los entregables, reducir costos operativos y minimizar los riesgos asociados a estos proyectos estratégicos, alineándose con los estándares internacionales de gestión de proyectos y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en términos de eficiencia energética y sostenibilidad industrial (Álvarez Montaño et al., 2020).

A pesar de los beneficios de estas estrategias mixtas, existe una falta de investigación detallada que analice su aplicación en el sector de hidrocarburos (Álvarez Montaño et al., 2020), de modo que, se deben identificar los elementos específicos que permiten combinar eficazmente Scrum y Cascada, así como los factores críticos de éxito para su implementación. En este sentido, procede evaluar la forma en que estas estrategias contribuyen a resolver los problemas inherentes a la gestión de proyectos en este sector, tales como la optimización de procesos, la adaptación a cambios inesperados y la mejora de la satisfacción del cliente.

Por ello, este trabajo plantea como pregunta problema: ¿Cómo implementar un modelo de gestión basado en la combinación de Scrum y Cascada para la optimización de procesos en los proyectos de recobro mejorado gestionados por Ecopetrol en el departamento del Meta acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)?.

Justificación

La implementación de un modelo de gestión híbrido que combine Scrum y Cascada para los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta responde a la necesidad de optimizar procesos en un sector caracterizado por su alta complejidad técnica, regulatoria y operativa. Tradicionalmente, en los proyectos de hidrocarburos dominan metodologías predictivas como Cascada, debido a su perfil lineal y su capacidad para abordar el cumplimiento normativo. Sin embargo, su rigidez dificulta la adaptación a imprevistos y oposiciones operacionales propios de la industria (Aguirre Barrera & Aguirre Barrera, 2021). Por otro lado, metodologías ágiles como Scrum son efectivas en entornos dinámicos al priorizar la adaptabilidad y la entrega incremental, pero presentan limitaciones en sectores con altos estándares de documentación y control de riesgos (Mariño & Alfonzo, 2014). En este contexto, la integración de ambas metodologías permitirá maximizar la eficiencia operativa, mejorar la gestión de riesgos y optimizar el cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7: Energía asequible y no contaminante, ODS 9: Industria, innovación e infraestructura y ODS 12: Producción y consumo responsables) (ONU, 2015).

Desde el punto de vista de sostenibilidad y responsabilidad ambiental, la aplicación de un modelo híbrido en los proyectos de recobro mejorado busca reducir el efecto ecológico al optimizar los procesos de extracción, minimizar el desperdicio de recursos y mejorar la eficiencia en el uso de insumos. Esto se alinea con el ODS 7: Energía asequible y no contaminante, al fomentar prácticas más limpias y eficientes en la producción de hidrocarburos, y con el ODS 12: Producción y consumo responsables, al promover una gestión más eficiente de los recursos naturales (ONU, 2015). La integración de metodologías ágiles y tradicionales

también favorece la implementación de prácticas innovadoras en el sector, fortaleciendo la transición hacia una industria más sostenible y resiliente.

A nivel económico y social, optimizar la gestión de proyectos en Ecopetrol – Meta impacta positivamente en la competitividad del sector energético colombiano, al reducir costos operativos, mejorar la calidad de los entregables y minimizar los riesgos asociados a retrasos o fallos en la ejecución (Álvarez Montaño et al., 2020). Asimismo, un modelo híbrido de gestión de proyectos fomenta la colaboración interdisciplinaria, impulsando una cultura de innovación y mejora continua dentro de la organización. Esto contribuye al ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, ya que promueve el desarrollo de procesos tecnológicos más eficientes y la implementación de soluciones innovadoras para la optimización operativa en proyectos de hidrocarburos (ONU, 2015).

Desde una perspectiva académica y profesional, esta investigación llena un vacío en la aplicación de modelos híbridos de gestión en el sector de hidrocarburos, específicamente en proyectos de recobro mejorado, los cuales requieren un equilibrio entre planificación estructurada y flexibilidad operativa. Existen pocos estudios sobre la combinación de Scrum y Cascada en entornos regulados, lo que hace que este estudio aporte al conocimiento teórico y práctico en gestión de proyectos en sectores de alta complejidad (Vila Grau & Capuz Rizo, 2022). Además, los lineamientos derivados de esta investigación pueden ser replicados en otros proyectos del sector energético, promoviendo modelos de gestión más eficientes, sostenibles y alineados con los ODS.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Implementar un modelo de gestión basado en la combinación de Scrum y Cascada para la optimización de procesos en los proyectos de recobro mejorado gestionados por Ecopetrol en el departamento del Meta acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos Específicos

Diagnosticar las prácticas actuales de gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, a partir de estudios previos, experiencias documentadas y una encuesta al sector hidrocarburífero.

Diseñar el modelo híbrido de gestión de proyectos que combine Scrum y Cascada, adaptado a las condiciones y necesidades específicas de los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, hacia la mejora continua en cuanto a la mejora de la calidad de los entregables y alineación con las expectativas de los stakeholders.

Evaluar la implementación del modelo híbrido, alineados con los ODS dentro de Ecopetrol – Meta.

Marco Conceptual y Teórico

Antecedentes

Los antecedentes de esta investigación se construyeron considerando publicaciones de estudios realizados en los últimos cinco años, tanto a nivel nacional como internacional, sobre la gestión de proyectos híbridos, Scrum y Cascada, de modo que se incluyeron investigaciones que analizan estas metodologías desde diversas perspectivas, como su implementación, ventajas, desventajas y adaptabilidad en distintos sectores. A su vez, se revisaron desarrollos metodológicos recientes que combinan métodos tradicionales y ágiles, con el fin de identificar tendencias y buenas prácticas aplicables al contexto empresarial actual.

Así, a nivel internacional, Orozco-González (2021) realizó una investigación denominada, Propuesta de una metodología de gestión de proyectos que complemente la metodología ágil de Scrum con la tradicional del PMBOK para los proyectos de soluciones tecnológicas en Arkkosoft, con el objeto de proponer una metodología híbrida que combina lo ágil de Scrum con el tradicional del PMBOK, diseñada para los proyectos tecnológicos de Arkkosoft, una empresa costarricense especializada en soluciones web y móviles. En este sentido, se siguió una metodología cualitativa estructurada en cuatro fases, con entrevistas, cuestionarios, observaciones y revisión documental, para recopilar información relevante. Esto permitió diagnosticar la gestión actual de proyectos en la empresa, analizar perspectivas y metodologías existentes, definir roles y funciones necesarios, y desarrollar un plan de implementación de la metodología híbrida. Así, la propuesta pretendió resolver la falta de estandarización en los procesos de gestión de proyectos en Arkkosoft, optimizando su estructura y mejorando la calidad de sus soluciones tecnológicas.

En este sentido, los resultados arrojaron que, la principal debilidad identificada es la falta de un procedimiento formal y estandarizado en la gestión de proyectos en Arkkosoft, lo que genera ineficiencias y falta de consistencia en sus entregables. Aunque las metodologías ágiles y tradicionales tienen fortalezas individuales, por separado no logran cubrir completamente las necesidades de la empresa, especialmente en proyectos complejos y dinámicos.

Por lo tanto, la propuesta contribuye al desarrollo de un marco adaptado a la realidad de Arkkosoft, fundamentándose en buenas prácticas y experiencias previas de metodologías híbridas, con lo cual se mejora las probabilidades de éxito al proporcionar un sistema estructurado pero flexible que optimiza la asignación de roles, recursos y tiempos, fortaleciendo la competitividad de la empresa en el sector tecnológico hacia soluciones de mayor calidad para sus clientes.

Seguidamente, Camones More (2022), elaboró un estudio titulado, Metodología para la Gestión de Proyectos para una Empresa del Sector Hidrocarburos con el propósito de desarrollar una metodología de gestión de proyectos basada en el estándar PMBOK del PMI para mejorar el nivel de madurez en la gestión de proyectos en una organización dedicada al transporte de hidrocarburos, bajo una metodología de naturaleza proyectiva se empleó un diseño no experimental, transversal y de campo, observando el contexto real de la organización, con lo cual, los resultados resaltaron la disposición de la organización para integrar habilidades, aptitudes y recursos, estableciendo una base sólida para la implementación de una metodología que permita alinear las operaciones con los objetivos estratégicos

De manera que, las principales fallas incluyen la ausencia de un marco estructurado de gestión de proyectos y un conocimiento insuficiente de estándares internacionales, lo que limita la capacidad de la organización para alcanzar niveles más altos de madurez en este ámbito; de

manera que, la propuesta contribuye a llenar este vacío al proporcionar una metodología individualizada basada en el PMBOK, que facilita una mejor planificación, ejecución y control de los proyectos, con base en prácticas globalmente aceptadas, la metodología fortalecerá las competencias organizacionales y optimizará la gestión de recursos y habilidades, incrementando la eficiencia interna y mejora de la capacidad de la organización para responder a las demandas del sector energético, fomentando un entorno más competitivo y sostenible.

En el ámbito nacional Rodríguez Parra & Ortiz Cárdenas (2024) realizó un estudio denominado, Diseño de un sistema de gestión de proyectos para el desarrollo de software basado en la metodología híbrida entre marcos de trabajo Cascada y Scrum, cuyo objetivo fue, diseñar un sistema de gestión de proyectos de desarrollo de software basado en una metodología híbrida que combine Cascada y Scrum para abordar las deficiencias recurrentes en proyectos de tecnologías de la información, como retrasos en entregas, aumento de costos y baja calidad del software. Metodológicamente, la propuesta se fundamentó en integrar las características de las metodologías tradicionales, reconocidas por su rigidez y planificación secuencial, con las ágiles, destacadas por su flexibilidad y retroalimentación continua. Con ello, se logró un modelo que evalúa factores como tamaño, recursos y alcance de los proyectos para la optimización de la productividad y adaptación a las necesidades específicas, logrando mejores resultados en menor tiempo.

En función de ello, aunque las metodologías tradicionales y ágiles son ampliamente utilizadas, presentan limitaciones individuales, como la falta de flexibilidad en Cascada y el riesgo de desorganización en Scrum por lo cual la combinación efectiva de ambas plantearon una oportunidad para diseñar una metodología híbrida que combinó lo mejor de ambos métodos, por

lo tanto, la investigación citada aportó con desarrollar un modelo adaptable que prioriza la productividad y el cumplimiento de los objetivos de calidad en proyectos de software.

Dicho estudio, comprende un aporte en gestión de proyectos y desarrollo ágil, que ofrece el visón en cuanto a los resultados de que, el modelo tiene altas probabilidades de éxito al mitigar los riesgos asociados con las metodologías tradicionales y ágiles por separado, que desde la perspectiva metodológica apunta a que mejorará la eficiencia en los proyectos e impulsará el desarrollo de prácticas de gestión más robustas en el sector tecnológico tal como el de hidrocarburos.

Mientras, Jaramillo Álvarez & López Trujillo (2021) desarrolló un estudio denominado, Análisis y comparación de las metodologías de SCRUM y según PMI gestión de proyectos, con el objeto de analizar las metodologías de gestión de proyectos PMI (predictiva) y Scrum (ágil), evaluando sus principios, procesos y herramientas para establecer criterios de aplicación según las características específicas de los proyectos. Bajo un estudio cualitativo, se identificaron fortalezas, debilidades y riesgos de ambas metodologías, destacando que una integración híbrida puede maximizar la eficiencia al combinar las técnicas de gestión de alcance, costos, cronograma y riesgos según las necesidades del proyecto, lo cual resulta útil en sectores como desarrollo de software, innovación y mercados dinámicos.

En este sentido, se concluyó que, aunque PMI y Scrum son ampliamente reconocidas, cada metodología tiene limitaciones que las hacen menos efectivas en ciertos contextos, ya que, PMI puede ser rígida frente a cambios, mientras que Scrum carece de una cobertura completa en áreas críticas como costos y riesgos. Estas dificultades, resaltan la necesidad de un modelo híbrido que aproveche lo mejor de ambas metodologías. En este sentido, la investigación propuesta contribuirá al diseño de estrategias de gestión de proyectos más flexibles y robustas,

fundamentadas en estudios previos que demuestran la viabilidad de combinar visiones predictivos y ágiles, lo cual, facilitará la selección estratégica de técnicas y herramientas según el entorno y objetivos y mejorará la capacidad de adaptación y éxito en proyectos de diversos sectores, especialmente aquellos que demandan innovación y agilidad.

Por su parte, Barbosa Maldonado (2024) en su estudio titulado, Desarrollo de esquema de buenas prácticas para la transición de gestión de proyectos tradicional a ágil empleando el marco de trabajo Scrum, con el propósito desarrollar un esquema de buenas prácticas que facilite la transición de la gestión de proyectos tradicional a metodologías ágiles, utilizando el marco de trabajo Scrum, en empresas de tecnología y desarrollo de software en Bogotá. Cuyos resultados arrojaron que, uno de los principales errores durante la transición hacia metodologías ágiles es la falta de un diagnóstico adecuado sobre el estado actual de la organización y la definición de objetivos claros. Este desconocimiento incrementa la probabilidad de fracaso, ya que las empresas intentan implementar cambios sin comprender plenamente sus necesidades y capacidades. Así se concluyó que, el esquema de buenas prácticas desarrollado en este proyecto busca ofrecer una guía estructurada para que las empresas del sector TI en Bogotá puedan identificar y adoptar el modelo de gestión más adecuado a sus necesidades que promueve una transición ordenada hacia Scrum, destacando sus ventajas en términos de flexibilidad, colaboración y generación de valor.

Modelos de Gestión para Procesos Industriales

Los modelos de gestión para procesos industriales evolucionaron en respuesta a los problemas asociados con la eficiencia operativa, la optimización de recursos y la competitividad del mercado. Tradicionalmente, la industria adoptó métodos rígidos y estructurados, como la metodología en Cascada, debido a su énfasis en la planificación detallada, la gestión de riesgos y

el cumplimiento normativo (Kerzner, 2022). Sin embargo, si bien es adecuado para proyectos con requisitos fijos, presenta dificultades para adaptarse a cambios inesperados, una limitación en sectores dinámicos como la energía, manufactura y tecnología (Vila Grau & Capuz Rizo, 2022). En respuesta a estas limitaciones, los híbridos que combinan la predictibilidad de los métodos tradicionales con la flexibilidad de metodologías ágiles, mejoran la capacidad de respuesta ante entornos industriales volátiles.

El auge de las metodologías ágiles, como Scrum y Kanban, impulsó una transformación en la gestión industrial, priorizando ciclos iterativos, retroalimentación constante y adaptabilidad a cambios en el mercado (Schwaber & Sutherland, 2020), siendo altamente efectivos en sectores como la tecnología y la manufactura avanzada, donde los proyectos requieren respuestas rápidas y entregas incrementales (Highsmith, 2019). No obstante, su aplicación en industrias con alta regulación, como la de hidrocarburos, enfrenta limitaciones debido a la necesidad de documentación exhaustiva, controles de calidad estrictos y la dependencia de procesos secuenciales bien definidos (Mariño & Alfonzo, 2014). Como resultado, los modelos híbridos son una alternativa viable, equilibrando la rigurosidad de los aspectos tradicionales con la adaptabilidad de los métodos ágiles.

En el sector de hidrocarburos y energía, los modelos híbridos de gestión mejoran la eficiencia operativa y la gestión de riesgos. Es de señalar que, mediante métodos predictivos y ágiles en proyectos de exploración y producción petrolera los tiempos, reducción de costos y alineación con las expectativas de los stakeholders fueron optimados (Álvarez Montaño et al., 2020). La implementación de herramientas de planificación estructurada, junto con iteraciones ágiles para la resolución de problemas en tiempo real, lo cual facilita la transición más eficiente hacia prácticas sostenibles y responsables, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS) (ONU, 2015). Sin embargo, existen contradicciones en la integración efectiva de estos modelos, especialmente en proyectos de gran escala que requieren una mayor coordinación entre equipos multidisciplinarios.

Así, el desarrollo de modelos híbridos de gestión en procesos industriales responde a las necesidades operativas del sector e impulsa la transformación digital y la sostenibilidad. La incorporación de tecnologías como la inteligencia artificial, el análisis de datos y la automatización de procesos, permitiendo mejorar la toma de decisiones basada en datos, optimizar el uso de recursos y reducir el efecto negativo ambiental (Kerzner, 2022). En este sentido, los modelos híbridos representan una evolución en la gestión de proyectos industriales, promoviendo una mayor eficiencia y resiliencia ante las exigencias del siglo XXI. No obstante, la consolidación de lo expuesto en metodología requiere mayor investigación y validación empírica, especialmente en industrias altamente reguladas como la de hidrocarburos, donde la gestión de riesgos y la optimización de procesos son elementos fundamentales para la sostenibilidad y la competitividad global.

Gestión de Proyectos en Hidrocarburos

La gestión de proyectos en el sector de hidrocarburos presenta características propias debido a la naturaleza compleja y de alto riesgo de esta industria, sobre lo cual, Barbosa Ospina (2023) explica que, equilibrar la explotación de recursos naturales con la gestión ambiental y el cumplimiento normativo es una de las pautas más retadoras. En este sentido, la implementación de estándares como el PMBOK® permite una planificación estructurada que aborda riesgos y optimiza recursos hacia la sostenibilidad y viabilidad de los proyectos.

Sin embargo, la combinación de herramientas innovadoras y tecnologías emergentes actualmente es una práctica habitual en la industria, como explica Varisco (2024) en el uso de

sistemas de gestión de avanzada para la evaluación y monitoreo de proyectos como plantas de gas licuado en áreas de alta producción como Vaca Muerta, permitiendo un control detallado de costos, tiempos y riesgos, incrementando la eficiencia operativa y reduciendo efectos ambientales negativos.

En el contexto de los hidrocarburos, estas metodologías son útiles debido a las características de los proyectos, que incluyen altos niveles de riesgo, incertidumbre y complejidad técnica, como explica Mahmood et al. (2024), sobre el uso de metodologías híbridas en proyectos de exploración profunda, demostrado aumentar la eficiencia operativa al integrar técnicas de planificación estructurada con ajustes iterativos basados en datos en tiempo real.

Por otro lado, la gobernanza de proyectos también se benefician de la adopción de modelos híbridos, sobre lo cual Mahruqi (2024) comenta que permiten equilibrar las exigencias de las partes interesadas en proyectos conjuntos de hidrocarburos y no hidrocarburos, promoviendo la colaboración efectiva entre las partes, especialmente en proyectos de asociación público-privada (PPP), optimizando la entrega y el cumplimiento normativo, alineando estrategias a largo plazo con operaciones tácticas inmediatas.

De manera que, las metodologías híbridas permiten una mejor gestión de recursos y riesgos, al combinar lo mejor de dos o más metodologías, que de acuerdo con Thompson et al. (2025) un diseño de implementación híbrido ayuda a mitigar riesgos específicos de sostenibilidad y eficiencia en proyectos energéticos, útil en contextos modernos de la transición hacia energías limpias, a la par de la continuidad de las operaciones tradicionales.

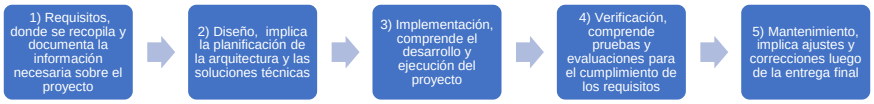
Metodología Cascada

La metodología en cascada, también conocida como Waterfall, es un proceso lineal y secuencial ampliamente utilizado en la gestión de proyectos tradicionales, caracterizado por

dividir el ciclo de vida del proyecto en fases distintas, como análisis, diseño, implementación, pruebas, despliegue y mantenimiento, como se muestra en la figura 1, debiéndose completar cada una antes de proceder a la siguiente, mediante una estructura clara y predecible en el desarrollo del proyecto (Zivanovic, 2025), siendo su principal fortaleza la claridad de los objetivos, lo cual facilita la planificación inicial y el control de calidad a lo largo del proyecto.

Figura 1

Proceso secuencial



Nota. Elaboración propia. Proceso Secuencial.

Así, una característica de esta metodología es su énfasis en la documentación y en los procesos previamente definidos, lo que permite minimizar la incertidumbre en proyectos de alcance bien establecido, siendo según Gawande & Jiwani (2024), efectiva en contextos donde los requisitos son estables y poco susceptibles a cambios, como proyectos de ingeniería o infraestructuras. Sin embargo, su naturaleza rígida presenta limitaciones en entornos cambiantes, donde las necesidades evolucionan a lo largo del desarrollo.

De esta forma, la implementación de la metodología implica ventajas como la claridad en los roles y responsabilidades dentro del equipo de trabajo, así como la capacidad de identificar y resolver problemas en etapas tempranas. No obstante, Liang et al. (2025) señala que la falta de flexibilidad dificulta la adaptación a cambios no previstos, limitando su eficacia en proyectos

innovadores o tecnológicos, lo que hace común el uso de métodos híbridos que combinan elementos de cascada con metodologías ágiles para optimizar resultados en proyectos complejos.

Particularmente, en el ámbito de los hidrocarburos, permite gestionar procesos de alto riesgo y complejidad al proporcionar claridad y control en cada etapa, en los cuales, se manifiesta su efectividad para proyectos que requieren cumplimiento normativo estricto y donde los requerimientos iniciales están bien definidos, como en la construcción de plantas petroquímicas o exploración de yacimientos. Sin embargo, Rabechini Junior & Monteiro De Carvalho (2013) refieren que, aunque robusto, el método de cascada carece de flexibilidad frente a los cambios inesperados en el mercado de hidrocarburos, limitando su adaptabilidad en proyectos de largo plazo.

Así las cosas, los avances tecnológicos en la industria energética proporcionan la aplicación de variantes del método de cascada, combinadas con procesos de optimización. (Wang et al., 2022) destacan la forma en que los sistemas de separación y recuperación de hidrocarburos mediante tecnologías de membranas o cascadas catalíticas mejoran los rendimientos del proyecto. De esta manera, la metodología de cascada orienta la ejecución ordenada y facilita la integración de tecnologías innovadoras que potencian la sostenibilidad y rentabilidad de los proyectos energéticos.

Requerimientos del Proyecto

La fase de requisitos en la metodología en cascada es fundamental, ya que establece las bases del proyecto. En esta etapa, se recopilan y documentan todas las necesidades del cliente y los objetivos del sistema. Según Saravanos & Curinga (2023), una recopilación exhaustiva de requisitos favorece una comprensión clara del producto final y minimiza los riesgos de desviaciones en etapas posteriores. Esta documentación detallada sirve como referencia para

todo el equipo de desarrollo y constatando que todos los involucrados compartan una visión común del proyecto

Además, la claridad en los requisitos facilita la planificación y estimación de recursos, tiempo y costos. Maassen (2018) destaca que una planificación meticulosa en esta fase permite identificar dependencias relevantes y asignar responsabilidades de manera efectiva. Esto es especialmente importante en proyectos donde los cambios posteriores son costosos o difíciles de implementar, como en desarrollos de software para sectores regulados.

Diseño

En la fase de diseño, se traduce la información recopilada en la etapa de requisitos en una arquitectura técnica detallada. Este diseño abarca tanto el nivel alto (estructura general del sistema) como el nivel bajo (detalles específicos de componentes y módulos). Saravanos & Curinga (2023) señalan que un diseño bien elaborado facilita la implementación y reduce la probabilidad de errores durante el desarrollo.

La documentación generada en esta fase incluye diagramas, especificaciones técnicas y planes de prueba preliminares. Maassen (2018) enfatiza que una documentación completa y precisa en la fase de diseño es esencial para mantener la coherencia y la calidad del producto final. Además, permite a los equipos de desarrollo y prueba comprender plenamente la funcionalidad esperada y los criterios de aceptación.

Etapa de Implementación

Durante la fase de implementación, los desarrolladores comienzan a codificar el sistema según las especificaciones del diseño. Este proceso implica la programación de módulos individuales, integración de componentes y realización de pruebas unitarias. Saravanos &

Curinga (2023) destacan que una implementación cuidadosa y adherida al diseño reduce la necesidad de retrabajo y facilita la detección temprana de errores.

Es necesario que los desarrolladores mantengan una comunicación constante y documenten su trabajo para obtener trazabilidad y facilitar futuras modificaciones. Maassen (2018) señala que la implementación efectiva depende de una planificación detallada y una asignación clara de tareas, lo que permite a los equipos avanzar de manera eficiente y coordinada.

Pruebas para la Verificación

La fase de verificación, también conocida como pruebas, se requieren para verificar que el sistema cumple con los requisitos especificados. En esta etapa, se realizan diversas pruebas, incluyendo pruebas funcionales, de integración y de aceptación. Saravanos & Curinga (2023) enfatizan que una verificación exhaustiva permite identificar y corregir errores antes de la implementación final, obteniendo la calidad del producto.

Además, la documentación de los resultados de las pruebas es vital para mantener un registro de los problemas encontrados y las soluciones aplicadas. Maassen (2018) destaca que una documentación detallada en esta fase facilita futuras pruebas de regresión y proporciona una base para el mantenimiento continuo del sistema.

Mantenimiento del Proyecto

Una vez que el sistema es implementado, entra en la fase de mantenimiento, donde se realizan correcciones de errores, actualizaciones y mejoras según sea necesario. Saravanos & Curinga (2023) señalan que el mantenimiento efectivo es útil para prolongar la vida útil del sistema y adaptarlo a cambios en los requisitos o en el entorno operativo.

El mantenimiento también incluye la gestión de incidencias y la respuesta a problemas reportados por los usuarios. Massen (2018) destaca que una planificación adecuada y una documentación completa durante las fases anteriores facilitan el mantenimiento, permitiendo a los equipos abordar problemas de manera eficiente y con un impacto mínimo en las operaciones.

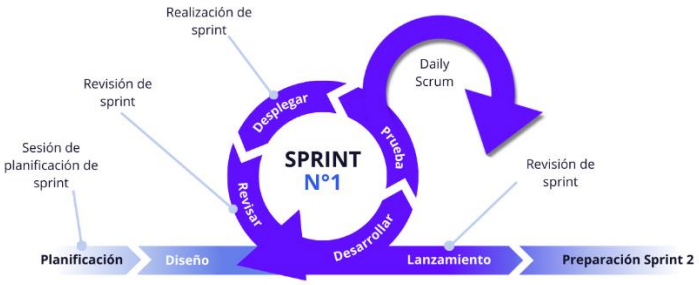
Marco de Trabajo Scrum

Dentro de las metodologías agiles Scrum sirve para gestionar proyectos complejos, en entornos donde los requisitos son inciertos o sujetos a cambios continuos, con un método iterativo y colaborativo centrado en ciclos cortos de desarrollo llamados Sprint, durante los cuales se deben realizar la entrega de incrementos funcionales del producto; sobre lo cual, Armijos Ortega et al. (2024), explica su uso para la mejora de la capacidad del equipo para adaptarse rápidamente a los cambios, permitiendo una gestión direccionada a prioridades y recursos.

En este sentido, uno de los pilares fundamentales de Scrum es la comunicación constante y efectiva dentro del equipo, a través de ceremonias estructuradas como se aprecia en la figura 2, como reuniones diarias (daily stand-ups), revisiones al final de cada sprint y retrospectivas para identificar áreas de mejora, fomentando la transparencia y la retroalimentación continua, aportando constantemente al óptimo rendimiento del equipo (Silva Ortega, 2023), , donde el rol del Scrum Master implica orientar el cumplimiento de las prácticas ágiles y facilita la eliminación de obstáculos.

Figura 2

Proceso Flexible



Nota. Armijos Ortega et al. (2024). Proceso Flexible

No obstante, presenta limitaciones en su implementación, como la resistencia al cambio organizacional y la dificultad para estimar tiempos en proyectos con alta incertidumbre, mientras Alshurideh et al. (2024), plantea que el éxito de esta metodología depende de la madurez del equipo en la adopción de prácticas ágiles y de un liderazgo que promueva la flexibilidad y la innovación, por lo cual, Scrum se consolidó como una herramienta en proyectos tecnológicos y de desarrollo de software.

Sin embargo, es una de las metodologías ágiles más populares, en el sector de los hidrocarburos, donde las condiciones operativas son dinámicas y de alta incertidumbre, ya que, se adapta a condiciones como cambios regulatorios o fluctuaciones en la demanda. De esta forma, Piedrahita et al. (2023) mencionan la forma en que Scrum puede mejorar los proyectos de investigación en ingeniería de yacimientos, promoviendo la colaboración y la entrega incremental de resultados, lo que permite realizar ajustes en tiempo real.

Al mismo tiempo, el uso de Scrum en operaciones de mantenimiento y supervisión técnica en instalaciones de hidrocarburos es útil para optimizar tiempos y recursos, tal como señalan Sánchez et al. (2025) sobre su aplicación de Scrum en plataformas regulatorias, sobre la

capacidad para gestionar incidencias técnicas con mayor eficiencia y transparencia, demostrando la relevancia del método en proyectos que involucran múltiples equipos interdisciplinarios y complejas cadenas de suministro, donde la coordinación ágil es funcional para el éxito.

De esta forma, el potencial de Scrum para transformar la gestión de proyectos tradicionales en hidrocarburos se observa en su capacidad para integrar tecnologías digitales, de lo cual Yuhun et al. (2023) muestran la forma de la implementación de Scrum en proyectos de perforación y exploración que acelera las fases de ejecución, reduciendo el tiempo de inactividad y maximizando la productividad.en este sentido, a medida que la industria de los hidrocarburos se enfrenta a mayores demandas de sostenibilidad y eficiencia, la metodología ágil de Scrum se posiciona como una herramienta para impulsar innovaciones y adaptarse a entornos cambiantes.

Proceso Inicial

La etapa de inicio en Scrum implica la conformación del equipo, la asignación de roles (Scrum Master, Product Owner y equipo de desarrollo) y la creación del Product Backlog. Esta fase es para establecer una base sólida para el proyecto. Según McLellan et al. (2021), una planificación inicial efectiva y la definición clara de roles son esenciales para el éxito del proyecto, ya que permiten una mejor coordinación y comprensión de los objetivos desde el principio.

Además, la formación de un equipo cohesionado y la claridad en las responsabilidades facilitan la adaptación a cambios y mejoran la eficiencia, así factores como la autonomía del equipo y el apoyo de la gestión son determinantes para la efectividad del equipo Scrum, subrayando la importancia de una etapa inicial bien estructurada (Verwijs & Russo, 2022).

Proceso de Planificación del Scrum

Durante la planificación, se lleva a cabo la reunión de Sprint Planning, donde el equipo determina qué elementos del Product Backlog se abordarán en el próximo Sprint. Esta reunión es fundamental para alinear las expectativas y establecer un objetivo claro para el Sprint. Según Loayan (2024), una planificación efectiva mejora la colaboración y permite una mejor gestión de los riesgos del proyecto.

La planificación también implica la estimación del esfuerzo requerido y la asignación de tareas, lo que facilita la identificación de posibles obstáculos y la preparación para afrontarlos. Ekechi et al. (2024) señalan que una planificación detallada y adaptada al contexto del equipo mejora la flexibilidad y la capacidad de respuesta ante cambios, aspectos esenciales en entornos ágiles.

Proceso de Ejecución

La ejecución del Sprint es el período en el que el equipo trabaja en las tareas planificadas, buscando alcanzar el objetivo del Sprint. Durante esta fase, se realizan reuniones diarias (Daily Scrum) para revisar el progreso y ajustar las estrategias según sea necesario. Verwijs & Russo (2022) indican que la autonomía del equipo y la mejora continua son esenciales para una ejecución efectiva.

Estas reuniones diarias fomentan la comunicación y la identificación temprana de impedimentos, permitiendo una respuesta rápida a los inconvenientes, sobre lo cual, Lawong & Akanfe (2025) destacan que la implementación de Scrum proporciona soluciones prácticas y sostenibles para los equipos, mejorando la eficiencia y la adaptabilidad durante la ejecución del proyecto

Proceso de Revisión

Al final de cada Sprint, se realiza la Sprint Review, donde el equipo presenta el trabajo completado a los interesados para obtener retroalimentación. Esta revisión es esencial para que el producto evolucione según las necesidades del cliente y permite realizar ajustes oportunos. Ekechi et al. (2024) enfatizan la importancia de adaptar las prácticas de Scrum para alinearse con las dinámicas específicas del proyecto y del equipo.

La revisión también promueve la transparencia y la colaboración entre el equipo y los stakeholders, facilitando una comprensión compartida del progreso y las expectativas futuras. Verwijs & Russo (2022) señalan que la preocupación por los stakeholders y la mejora continua son fundamentales para la efectividad del equipo Scrum, aspectos que se refuerzan durante la revisión del Sprint.

Retrospección del Proceso Scrum

La Sprint Retrospective es una reunión donde el equipo reflexiona sobre el Sprint recién concluido, identificando lo que funcionó bien y las áreas de mejora. Esta práctica fomenta una cultura de aprendizaje y adaptación continua. Verwijs & Russo (2022)) destacan que la mejora continua es un componente esencial para la efectividad del equipo Scrum.

Durante la retrospectiva, el equipo puede proponer cambios en los procesos y establecer acciones concretas para mejorar en el próximo Sprint, de lo cual Ekechi et al. (2024) señalan que, que la personalización de las prácticas de Scrum, basada en la retroalimentación y la reflexión, mejora la colaboración y la flexibilidad del equipo.

Iteración del Ciclo

Scrum es un proceso iterativo; después de cada Sprint, el ciclo se repite, incorporando las lecciones aprendidas y adaptándose a las nuevas necesidades del proyecto. Esta repetición

permite una evolución constante del producto y del equipo. Verwijs & Russo (2022) resaltan que factores como la autonomía del equipo y la mejora continua son esenciales para mantener la efectividad en ciclos sucesivos.

La naturaleza cíclica de Scrum facilita la adaptación a cambios y la entrega continua de valor al cliente. Ekechi et al. (2024) indican que la evolución continua de las prácticas ágiles, como Scrum, permite a las organizaciones responder eficazmente a contextos diversos y dinámicos, para la relevancia y eficacia del proceso a lo largo del tiempo.

De acuerdo con la Guía Scrum, este es un marco de trabajo ágil y ligero, orientado a generar valor mediante soluciones adaptativas frente a problemas complejos (Schwaber y Sutherland, 2020). Cuyo centro es el equipo Scrum, conformado por el Scrum Master, el Propietario del Producto y los desarrolladores, quienes trabajan de forma autogestionada y sin jerarquías internas. El proceso se organiza en Sprints (iteraciones de hasta un mes) que incluyen eventos definidos como la planificación, el scrum diario, la revisión y la retrospectiva, los cuales permiten inspeccionar y adaptar tanto el producto como el proceso; al mismo tiempo establece tres artefactos fundamentales: la Pila del Producto, la Pila del Sprint y el Incremento, orientados a garantizar la transparencia y el control del trabajo. Dicho proceso iterativo e incremental favorece la previsibilidad y reduce riesgos, promoviendo entregas continuas de valor, dado que, definir las reglas esenciales, permite mantener flexible y aplicable el proceso a diversos entornos, desde la mejora continua (Schwaber y Sutherland, 2020).

Metodologías Hibridas

La metodología híbrida combina elementos tradicionales como la cascada y metodologías ágiles como Scrum, creando un modelo adaptativo que responde a las necesidades específicas de cada proyecto, ya que, según Hattingh et al. (2024), permite gestionar proyectos complejos en

entornos cambiantes al integrar fases estructuradas con ciclos iterativos, maximizando así la eficiencia y flexibilidad, dada su capacidad de ajustar el nivel de rigor y flexibilidad según las fases del proyecto. AL respecto, Liang et al. (2025) destaca que las metodologías híbridas son especialmente efectivas en proyectos que requieren una planificación detallada en etapas iniciales y una implementación adaptativa en fases posteriores, permitiendo combinar estrategias predictivas y adaptativas para abordar aspectos específicos, optimizando recursos y resultados.

A su vez, las metodologías híbridas fomentan la colaboración entre equipos multidisciplinarios, promoviendo la transparencia y la toma de decisiones informada, de lo cual Narasimha Vajjhala & Kenneth Strang (2025) señalan que son ideales para proyectos tecnológicos e innovadores donde los requisitos y las soluciones evolucionan constantemente. Sin embargo, su implementación exitosa depende de la capacitación de los equipos y del liderazgo efectivo que facilite la integración de las prácticas híbridas.

Marco Metodológico

Tipo de Investigación

La investigación que se desarrolló en este proyecto es de tipo mixta, la cual, desde lo cualitativo y cuantitativo, comprendió un fenómeno a intervenir en él mediante el diseño e implementación de un modelo de gestión que responda a necesidades específicas del contexto de los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2021). De esta manera, el proyecto tiene como fin ofrecer una propuesta de valor tangible y ajustada a las características particulares del sector hidrocarburífero.

Asimismo, el enfoque mixto resulta pertinente al combinar técnicas cuantitativas y cualitativas en la recolección y análisis de datos. Como señalan Creswell y Creswell (2018), permite obtener una comprensión más completa del problema de investigación al integrar datos numéricos con interpretaciones narrativas, lo cual enriquecerá el diseño del modelo híbrido propuesto.

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación será de tipo no experimental y transeccional descriptivo, de modo que, al ser no experimental, el estudio observará las metodologías de gestión empleadas en los proyectos de recobro mejorado de Ecopetrol – Meta sin manipular intencionalmente ninguna variable, permitiendo así un análisis de la realidad tal como ocurre de manera natural. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2021), los diseños no experimentales son apropiados cuando el investigador busca describir fenómenos tal como se manifiestan en su contexto, sin intervenir directamente en ellos. La observación directa y la recolección de datos en

un momento temporal único, permitió construir un diagnóstico claro de las prácticas actuales de gestión.

De igual manera, el diseño transeccional descriptivo permitirá recolectar datos en un tiempo único para caracterizar de forma precisa las metodologías de gestión empleadas, identificando patrones, tendencias y áreas de oportunidad. Esta aproximación facilita elaborar un perfil de la situación actual, insumo necesario para proponer posteriormente un modelo de gestión híbrido adaptado a las necesidades del contexto hidrocarburífero. Creswell y Creswell (2018) afirman que el diseño descriptivo es útil cuando se pretende detallar con profundidad un fenómeno o situación específica, especialmente en campos donde se busca mejorar procesos a partir de su caracterización empírica.

Población y Muestra

La población objetivo de esta investigación está constituida por los profesionales que participan directamente en la gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – departamento del Meta. Este grupo incluye gerentes de proyecto, ingenieros de campo, coordinadores técnicos, analistas de gestión de proyectos y especialistas en sostenibilidad. Su inclusión es fundamental debido a su experiencia práctica en la planificación, ejecución, monitoreo y cierre de proyectos, pretendiendo una visión completa y aplicada de los procesos actuales y de las oportunidades de mejora. Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2021), seleccionar una población directamente relacionada con el objeto de estudio permite obtener datos de alta relevancia y pertinencia para alcanzar los objetivos de la investigación la cual correspondió a 11 sujetos en este estudio.

Estos actores poseen conocimientos operativos y estratégicos del manejo de proyectos en el contexto hidrocarburífero, enfrentando problemas técnicos, de tiempo, costo y sostenibilidad

que hacen particularmente valiosa su perspectiva para la caracterización y diseño del modelo híbrido de gestión. Además, como señala Creswell y Creswell (2018), la correcta delimitación de la población arroja que la información recolectada sea válida y útil para desarrollar soluciones aplicables al contexto investigado. Así, su participación permitió lograr una evaluación del estado actual y del potencial de implementación de nuevas metodologías de gestión adaptadas a las realidades locales.

La muestra de esta investigación fue de tipo no probabilístico, seleccionada por conveniencia, debido a la disponibilidad y accesibilidad de los participantes, y estuvo conformada por tres entrevistados y ocho participantes de la lista de chequeo. Los entrevistados fueron: (1) un gerente de proyecto senior encargado de operaciones de recobro mejorado, (2) un ingeniero de producción con experiencia en implementación de metodologías ágiles y tradicionales en campo, y (3) un coordinador técnico de sostenibilidad enfocado en la alineación de proyectos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esta selección permitió captar opiniones estratégicas, operativas y de sostenibilidad, para una comprensión multidimensional de los procesos de gestión en Ecopetrol – Meta.

Por su parte, los ocho participantes de la lista de chequeo fueron profesionales de nivel operativo y de supervisión, ingenieros de campo, planificadores de proyectos y analistas de gestión. La lista de chequeo tuvo ocho preguntas estructuradas para captar información sobre prácticas de gestión, percepciones sobre la eficiencia de metodologías actuales, y disposición al cambio hacia modelos híbridos. En cuanto a las entrevistas (con el objetivo de explorar en profundidad el conocimiento y la aplicación de las metodologías de gestión actuales como la disposición para adoptar un modelo híbrido de Scrum y Cascada, respuestas en el anexo C), se aplicaron cinco preguntas semiestructuradas que indagaron sobre la experiencia con proyectos de

recobro, metodologías utilizadas, principales dificultades, percepciones sobre Scrum y Cascada, y expectativas respecto a un modelo combinado. Como afirma Flick (2018), la selección intencionada de participantes específicos optimiza la obtención de datos ricos y relevantes, especialmente en estudios aplicados que buscan la mejora de prácticas organizacionales.

Instrumentos de Recolección de Información

Los instrumentos de recolección de información empleados en este proyecto fueron tres y para la recopilación de datos sobre la gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, de manera que, la búsqueda documental tuvo un papel fundamental, ya que se utilizó para revisar estudios previos, experiencias documentadas y literatura relacionada con la gestión de proyectos en el sector hidrocarburífero, particularmente en el recobro mejorado. Así las palabras de la tabla 1, facilitaron la búsqueda de información en fuentes académicas, artículos científicos y documentos técnicos, logrando que los datos obtenidos sean pertinentes y actualizados de los últimos 10 años para el diagnóstico de las prácticas actuales.

Tabla 1

Criterios de Búsqueda

Tema	Palabras de búsqueda
Prácticas de Gestión de Proyectos en Recobro Mejorado	Gestión de proyectos de recobro mejorado Recobro mejorado en proyectos hidrocarburíferos Gestión de recobro mejorado en Ecopetrol Prácticas de gestión en recobro mejorado Estrategias de recobro mejorado en petróleo Mejores prácticas en recobro mejorado

Tema	Palabras de búsqueda
Metodologías de Gestión en Proyectos de Hidrocarburos	Gestión de proyectos en hidrocarburos Gestión de proyectos en Ecopetrol Metodología de gestión en Ecopetrol Gestión de proyectos hidrocarburíferos en Meta Estrategias de gestión de proyectos hidrocarburíferos Prácticas de gestión en la industria hidrocarburífera
Diagnóstico de Prácticas Actuales	Diagnóstico de gestión de proyectos Evaluación de prácticas actuales en gestión de proyectos Análisis de prácticas de gestión de recobro en hidrocarburos Prácticas actuales en proyectos hidrocarburíferos Estudio de prácticas de gestión en proyectos de petróleo
Estudios Previos y Experiencias Documentadas	Estudios previos en gestión de proyectos hidrocarburíferos Experiencias documentadas en proyectos de recobro mejorado Investigaciones previas en recobro mejorado

Tema	Palabras de búsqueda
	Análisis de estudios previos en recobro mejorado en petróleo Documentación sobre prácticas en proyectos hidrocarburíferos

Nota. Autoría Propia. Criterios de Búsqueda

En este sentido, se aplicó un análisis de contenido sobre la documentación seleccionada mediante los criterios de la Tabla 1, identificando y codificando las prácticas y metodologías de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, lo cual indicó la forma en que se analizaron los referentes. Los hallazgos resultantes se incluyeron en el Capítulo de Resultados, agrupados y discutidos según cada criterio de búsqueda, lo cual responde a, en qué sección se incluyen estos referentes.

Por otro lado, las entrevistas semiestructuradas se aplicaron a un grupo de expertos involucrados en la gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta. La estructura de estas entrevistas fue diseñada para explorar en profundidad tanto el conocimiento y la aplicación de las metodologías de gestión actuales como la disposición para adoptar un modelo híbrido de Scrum y Cascada.

De modo que, las entrevistas guiaron las categorías definidas por las temáticas y estuvieron alineadas con los objetivos de diagnóstico y diseño del modelo híbrido como se aprecia en la tabla 2, desarrollada sus preguntas a partir de la revisión y construcción del marco teórico de este estudio.

Tabla 2

Construcción de la Entrevista

Temática	Pregunta
Conocimiento y aplicación de las metodologías de gestión actuales, identificación de oportunidades de mejora, y evaluación de la efectividad de las prácticas existentes.	1. ¿Cómo describiría el abordaje actual de gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta? ¿Qué metodologías o marcos de trabajo se utilizan predominantemente y cómo se aplican en la práctica?
	2. En su experiencia, ¿qué tan efectivo considera que es el método actual de gestión para enfrentar los obstáculos propios de los proyectos de recobro mejorado? ¿Qué aspectos considera que podrían mejorarse?
	3. ¿En qué medida las fases de planificación, ejecución, y control de los proyectos de recobro mejorado se ajustan a las necesidades del entorno operativo y técnico de Ecopetrol – Meta?
Disposición y viabilidad para adoptar un modelo híbrido, integración de metodologías ágiles y tradicionales, y adecuación al contexto del recobro mejorado.	4. ¿Cuál es su perspectiva sobre la integración de las metodologías ágiles como Scrum con las metodologías más tradicionales como Cascada en el contexto de proyectos de recobro mejorado? ¿Qué ventajas o desventajas ve en esta combinación?

Temática	Pregunta
	5. Si se implementara un modelo híbrido basado en Scrum y Cascada para los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol, ¿qué elementos específicos considera que son necesarios para su éxito, y cuáles los principales problemas para su adopción?

Nota. Autoría propia. Construcción de la Entrevista.

Al mismo tiempo, la lista de chequeo del Anexo A, se utilizó para obtener información cuantitativa sobre las prácticas de gestión de proyectos en Ecopetrol, utilizando ítems verificables o criterios observables de los participantes en relación con diversos aspectos del proceso de gestión, los cuales estuvieron directamente relacionados con los indicadores establecidos para cada objetivo de la investigación como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3

Construcción de los Ítems

Objetivo de la Investigación	Dimensión	Indicador	Categorías de verificación	Criterios observables
Diagnosticar las prácticas actuales de gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta.	Prácticas actuales de gestión de proyectos	Metodología Cascada en los proyectos de recobro mejorado.	Si, No, Parcialmente, No aplica, En proceso	1. ¿En los proyectos de recobro mejorado, el proceso de planificación al inicio de cada proyecto es óptimo en el marco de la metodología Cascada? 2. ¿Los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol siguen un método secuencial de ejecución (Cascada)? 3. ¿ La metodología Cascada está proporcionando una estructura para la gestión

Objetivo de la Investigación	Dimensión	Indicador	Categorías de verificación	Criterios observables
				de proyectos de recobro mejorado con precisión?
		Metodología Scrum en los proyectos de recobro mejorado.		4. ¿Los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol son implementados ciclos de trabajo iterativos y frecuentes como en la metodología Scrum? 5. ¿La metodología Scrum mejora la flexibilidad y adaptabilidad en la ejecución de los proyectos de recobro mejorado? 6. ¿Los equipos de trabajo en Ecopetrol realizan reuniones periódicas de revisión, como las retrospectivas de Scrum, para evaluar el progreso del proyecto de recobro mejorado? 7. ¿Un modelo híbrido de gestión, debe combinar la planificación detallada de Cascada con los ciclos iterativos de Scrum, en los proyectos de recobro mejorado? 8. ¿Los elementos estructurados de Cascada combinados con los principios ágiles de Scrum conducen a la eficiencia y la adaptabilidad de los proyectos de recobro mejorado? 9. ¿En los proyectos de recobro mejorado, la eficiencia del modelo híbrido implementado presentó mejores resultados en comparación con el método de Cascada o Scrum individualmente?. 10. ¿El modelo híbrido objeto es adaptable a las variaciones y necesidades de los proyectos de recobro mejorado? 11. ¿El modelo híbrido contribuye a la alineación con los Objetivos de Desarrollo

Objetivo de la Investigación	Dimensión	Indicador	Categorías de verificación	Criterios observables
				Sostenible (ODS) dentro de Ecopetrol desde la de optimización de procesos y sostenibilidad?

Nota. Autoría Propia. Construcción de los ítems

Análisis de la Información

La información recolectada a través de la búsqueda documental y de las entrevistas fue analizada mediante el método de análisis de contenido, permitiendo identificar patrones, categorías y temas recurrentes en los discursos y documentos revisados, conforme a lo planteado por Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), quien afirma que "el análisis de contenido es un conjunto de técnicas de análisis de las comunicaciones que utiliza procedimientos sistemáticos y objetivos de descripción del contenido de los mensajes" (p. 33). Por su parte, los datos obtenidos a través de la encuesta fueron procesados estadísticamente utilizando el programa SPSS, aplicando frecuencias porcentuales para describir la distribución de las respuestas y facilitar la interpretación cuantitativa de los resultados.

Como parte del análisis de la información recolectada, se aplicó la matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) para estructurar de forma estratégica los hallazgos del diagnóstico sobre las prácticas actuales de gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta. Esta herramienta permitió identificar de manera clara los aspectos internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que inciden en la adopción de un modelo híbrido de gestión. A partir de la codificación temática obtenida de entrevistas, revisión documental y lista de chequeo, se categorizaron los factores clave que

afectan el desempeño de la gestión de proyectos, facilitando una visión integral que orienta el diseño del modelo propuesto.

Así, se empleó la matriz DOFA cruzada una herramienta estratégica que permitió generar acciones concretas al cruzar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, permitiendo formular estrategias ofensivas, adaptativas, defensivas y de supervivencia que orientan la implementación del modelo híbrido de gestión en Ecopetrol – Meta.

Procedimiento de la Investigación

Fase 1. Preparación del estudio: contextualización teórica y metodológica. Se realizó una revisión de literatura especializada en metodologías de gestión de proyectos, especialmente Scrum, Cascada y modelos híbridos, así como su aplicación en el sector hidrocarburífero, permitiendo construir el marco teórico y seleccionar la metodología cualitativo-cuantitativo adecuada para abordar los objetivos del estudio.

Fase 2. Diseño de instrumentos y planificación de campo. Con base en los objetivos específicos, se diseñaron dos instrumentos: una lista de chequeo para identificar prácticas actuales en proyectos de recobro mejorado y una guía de entrevista semiestructurada para explorar percepciones y experiencias clave. Paralelamente, se gestionaron los permisos necesarios con Ecopetrol del Departamento del Meta, y se planificó la logística de aplicación.

Fase 3. Recolección de la información. Se aplicaron los instrumentos a una muestra intencionada compuesta por once profesionales vinculados a proyectos de recobro mejorado, donde 8: ocho respondieron la lista de chequeo y tres participaron en entrevistas semiestructuradas.

Fase 4. Sistematización y análisis de datos. Los datos recolectados mediante la lista de chequeo fueron sistematizados en matrices de verificación, permitiendo establecer niveles de

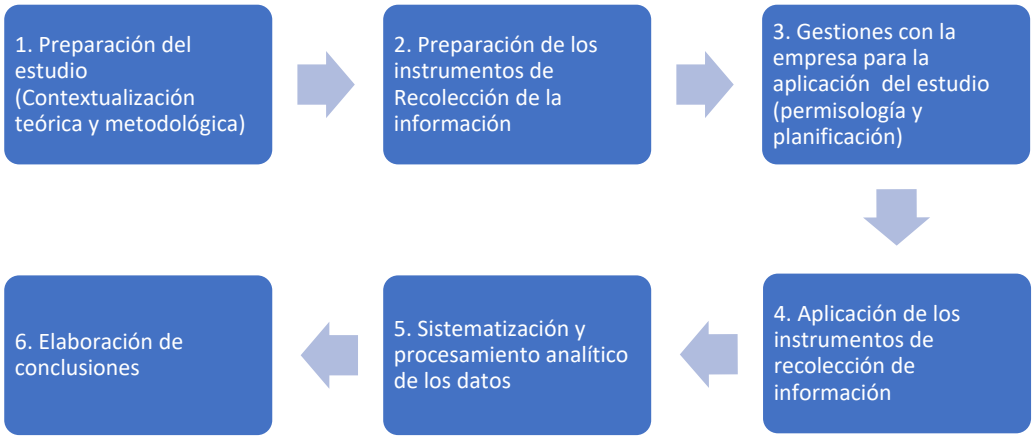
implementación por ítem. En tanto, las entrevistas fueron analizadas mediante codificación temática, lo cual permitió contrastar y complementar los hallazgos cuantitativos con interpretaciones cualitativas, favoreciendo la triangulación de resultados.

Fase 5. Análisis interpretativo y cumplimiento de objetivos. Los hallazgos fueron organizados en torno a los objetivos específicos de la investigación, permitiendo evaluar de forma clara el grado de cumplimiento de cada uno, lo cual permitió caracterizar el modelo híbrido propuesto, con base en las prácticas identificadas y las oportunidades de mejora manifestadas por los participantes.

Fase 6. Elaboración de conclusiones y recomendaciones. De acuerdo con el análisis interpretativo, se formularon las conclusiones del estudio y se diseñaron recomendaciones prácticas para la implementación del modelo híbrido de gestión en proyectos de recobro mejorado, articuladas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con la estrategia de sostenibilidad de Ecopetrol.

Figura 3

Secuencia del Proceso Seguido



Nota. Elaboración Propia. Secuencia del Proceso Seguido.

Análisis y Presentación de los Resultados

Presentación de los Resultados

Los resultados fueron obtenidos en concordancia con la metodología propuesta, de esta forma la tabla 4, puntualiza los resultados por fases del estudio.

Tabla 4

Resultados del Estudio por Fases

Fase	Nombre de la Fase	Descripción de Actividades Realizadas
Fase 1	Preparación del estudio: contextualización teórica y metodológica	Revisión documental especializada sobre metodologías de gestión de proyectos (Scrum, Cascada y modelos híbridos), su aplicabilidad en hidrocarburos y su articulación con los ODS. Se consolidó un marco teórico robusto, se justificó el enfoque híbrido y se adoptó una metodología mixta (cualitativa-cuantitativa), con diseño no experimental, transeccional descriptivo. Como producto de esta fase se elaboraron los Capítulos 1, 2 y 3, que orientaron y fundamentaron el estudio.
Fase 2	Diseño de instrumentos y planificación de campo	Se diseñaron tres instrumentos: ficha de revisión documental, guía de entrevista semiestructurada (ver Anexo B) y lista de chequeo (ver Anexo A). Se planificó su aplicación en Ecopetrol – Meta. Se gestionaron permisos y coordinaciones logísticas con actores clave. Se definieron los criterios temáticos para análisis de contenido y codificación.

Fase	Nombre de la Fase	Descripción de Actividades Realizadas
Fase 3	Recolección de la información	Aplicación de los instrumentos a una muestra no probabilística por conveniencia: 8 profesionales respondieron la lista de chequeo y 3 expertos participaron en entrevistas semiestructuradas (ver Anexo C). También se revisaron documentos técnicos internos y estudios de caso públicos sobre gestión de proyectos en recobro mejorado.
Fase 4	Sistematización y análisis de datos	La lista de chequeo fue procesada estadísticamente mediante gráficos de frecuencia. Las entrevistas fueron codificadas temáticamente. La información documental fue analizada con análisis de contenido temático. Se identificaron patrones, fortalezas, debilidades y oportunidades en las prácticas actuales de gestión en Ecopetrol – Meta, favoreciendo la triangulación de datos.
Fase 5	Análisis interpretativo y cumplimiento de objetivos	Los hallazgos se organizaron por objetivo específico. Se caracterizó el modelo híbrido propuesto, integrando elementos estructurados de Cascada y ciclos iterativos de Scrum. Se evaluaron indicadores como eficiencia operativa, satisfacción del equipo, reducción de retrabajos, y cumplimiento del cronograma. Se identificaron impactos en sostenibilidad y alineación con ODS.

Fase	Nombre de la Fase	Descripción de Actividades Realizadas
Fase 6	Elaboración de conclusiones y recomendaciones	Se formularon conclusiones a partir del análisis triangulado, destacando la viabilidad y beneficios del modelo híbrido en recobro mejorado. Se propusieron recomendaciones para su implementación progresiva, incluyendo acciones de capacitación, seguimiento técnico y estrategias de integración institucional. Se articuló el modelo con los ODS 7, 9 y 12 (ver Anexos G, H e I).

Nota. Elaboración Propia. Resultados del Estudio por Fases

A continuación, se presentan los resultados en función de los objetivos específicos del estudio.

Diagnosticar las Prácticas Actuales de Gestión de Proyectos de Recobro Mejorado en Ecopetrol – Meta, a Partir de Estudios Previos, Experiencias Documentadas y una Encuesta al Sector Hidrocarburífero

Con la colaboración de la empresa, se obtuvo acceso a información documentada en informes y reportes internos, lo que permitió incorporar datos de primera mano sobre proyectos de recobro mejorado. Paralelamente, se realizó una revisión documental de fuentes públicas disponibles en Internet, incluyendo artículos académicos, documentos técnicos y normas del sector. Para las entrevistas, se contó con la participación de expertos, quienes acordaron previamente fechas y formatos de reunión para asegurar su disponibilidad y profundidad en las respuestas. De igual modo, las encuestas se aplicaron conforme a la disponibilidad de los colaboradores, garantizando un muestreo representativo y oportuno.

Estudios Previos, Experiencias Documentadas

Para el análisis de los documentos recolectados a partir de los criterios establecidos en la Tabla 1, se aplicó un análisis de contenido cualitativo de tipo temático. Esta técnica consistió en clasificar los documentos en cuatro categorías principales (i) Prácticas de Gestión, (ii) Metodologías de Gestión, (iii) Diagnóstico de Prácticas Actuales, y (iv) Estudios y Experiencias Previas según su correspondencia con las palabras clave empleadas.

Las palabras clave listadas en la Tabla 1, se utilizaron para realizar búsquedas sistemáticas en bases de datos académicas como Scopus, ScienceDirect, Redalyc y Google Scholar, así como en el repositorio institucional de Ecopetrol y en buscadores especializados en literatura técnica.

De manera que, se aplicaron combinaciones booleanas (AND, OR) para ampliar o refinar los resultados, dependiendo del tema específico, lo cual permitió identificar literatura técnica aplicada y experiencias empresariales. Asimismo, se limitaron los resultados a documentos publicados entre 2007 y 2024, priorizando investigaciones aplicadas, estudios de caso y reportes técnicos con enfoque en Colombia y América Latina. Los resultados obtenidos fueron evaluados en función de su pertinencia, actualidad y profundidad analítica, y posteriormente organizados según los ejes temáticos establecidos para el análisis de contenido.

De esta forma, se recopilaron un total de 18 documentos relevantes que incluyen artículos científicos, informes internos de Ecopetrol, tesis académicas y literatura técnica relacionada con el recobro mejorado y la gestión de proyectos hidrocarburíferos. Estos documentos fueron clasificados de acuerdo con las siguientes categorías:

- Prácticas de Gestión de Proyectos en Recobro Mejorado: 5 documentos (Ecopetrol, 2022; Guerrero Rojas & Vargas Vargas, 2019; Araque Bustos, 2007; Barbosa Trillos et al., 2020; López Hernández, 2024).
- Metodologías de Gestión en Proyectos de Hidrocarburos: 4 documentos (Castañeda Galvis, 2019; Carrillo García, 2023; Cruz-Rico & Ortega-Ramírez, 2022; Flórez Sierra & Rivero Márquez, 2020).
- Diagnóstico de Prácticas Actuales: 5 documentos (Joya Benítez et al., 2022; García y Robledo, 2023; Méndez Torres, 2022; López Carvajal, 2024; Castillo y Herrera, 2024).
- Estudios Previos y Experiencias Documentadas: 4 documentos (Flórez Sierra & Rivero Márquez, 2020; López Hernández, 2024; Barbosa Trillos et al., 2020; Rodríguez y Salazar, 2021).

Para el análisis de contenido, se utilizó un enfoque cualitativo con codificación temática, agrupando los hallazgos por tipo de práctica, metodología empleada, nivel de innovación, gestión del riesgo y sostenibilidad. Se identificaron tendencias comunes en el uso de metodologías híbridas, integración tecnológica y barreras estructurales en la gestión de riesgos, permitiendo contrastar los hallazgos de la literatura con la información interna suministrada por Ecopetrol en el Meta, lo cual fortaleció el diagnóstico integral presentado.

De esta forma se empleó la codificación manual de los contenidos identificando patrones recurrentes, tales como metodologías utilizadas, barreras tecnológicas, innovaciones aplicadas, y estrategias de gestión. Estos códigos fueron agrupados en subtemas que permitieron sintetizar los hallazgos en cada categoría.

El análisis se realizó con base en un enfoque inductivo, permitiendo que las categorías emergieran directamente del contenido, a la vez que se contrastaron con marcos teóricos y

normativos del sector hidrocarburífero, dando validez del diagnóstico y la alineación con la práctica organizacional de Ecopetrol, lo cual se expone a continuación.

Por otro lado, las entrevistas fueron analizadas mediante el método de análisis de contenido temático propuesto, lo que permitió identificar patrones, categorías emergentes y relaciones entre los discursos. A partir de este proceso se estructuraron los hallazgos en dos categorías (i) conocimiento y aplicación de metodologías actuales y (ii) disposición hacia modelos híbridos.

Prácticas de Gestión de Proyectos en Recobro Mejorado

La gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol evolucionó en los últimos años, enfocándose en la eficiencia operativa y la maximización del factor de recobro, ya que, la empresa implementó prácticas como la estandarización de procesos, el fortalecimiento del control de calidad en la ejecución de proyectos, y la capacitación técnica continua del personal, logrando mayores índices de efectividad en campos maduros (Ecopetrol, 2022).

Los modelos de gestión incorporan técnicas avanzadas de ingeniería como la simulación numérica y análisis de incertidumbre, permitiendo una mejor toma de decisiones en proyectos de recuperación secundaria y terciaria. La integración de metodologías de ingeniería de gestión, combinadas con técnicas específicas de recobro como inyección de agua y polímeros, favoreciendo la rentabilidad de proyectos en el campo Castilla (Guerrero Rojas & Vargas Vargas, 2019).

Sin embargo, el diagnóstico muestra la existencia de problemáticas relacionadas con la adopción de tecnologías disruptivas y la gestión de riesgos en proyectos complejos, tal como la falta de integración de mejores prácticas internacionales en gestión de proyectos de inyección de

agua dificultaba la optimización de tiempos y costos (Araque Bustos, 2007), diferencia que se mantiene parcialmente vigente y exige modernizar marcos de referencia operativos.

Metodologías de Gestión en Proyectos de Hidrocarburos

La aplicación de metodologías formales como PMBOK, Scrum y Lean Project Management comenzó a incorporarse en proyectos de recobro mejorado en hidrocarburos, ante lo cual Ecopetrol optó por modelos híbridos de gestión, permitiendo mayor flexibilidad ante cambios en la ingeniería de detalle o en las variables de campo (Castañeda Galvis, 2019).

En este sentido, los proyectos de hidrocarburos de recobro mejorado, al estar sujetos a elevada incertidumbre de subsuelo, favorecen el uso de metodologías ágiles en fases tempranas (conceptual y factibilidad) y prácticas tradicionales en la ejecución. De tal forma que, las metodologías híbridas mejoran la competitividad en proyectos EOR (Enhanced Oil Recovery) al reducir riesgos asociados a cambios de reservorio y tecnologías (Carrillo Garcia, 2023).

Asimismo, la implementación de estrategias Lean en la gestión hídrica optimiza la reinyección de agua en campos de hidrocarburos, alineando criterios de sostenibilidad y eficiencia operacional (Cruz-Rico & Ortega- Ramírez, 2022), marcando un cambio paradigmático en la forma como se ejecutan proyectos de recobro mejorado, enfatizando en la integración ambiental.

Diagnóstico de Prácticas Actuales

El análisis actual de la gestión de proyectos en recobro mejorado en Ecopetrol revela avances relevantes en innovación tecnológica, pero aún existen limitaciones en la gestión del conocimiento y la replicabilidad de aprendizajes. Aunado a ello, la eficiencia financiera de Ecopetrol requiere optimizar los procesos de evaluación y seguimiento de proyectos de recuperación secundaria (Joya Benitez et al., 2022).

De igual forma, aunque Ecopetrol usa tecnologías avanzadas de recobro, como la inyección de polímeros y métodos químicos, la falta de actualización permanente en modelos de estimación económica puede afectar la sostenibilidad de los proyectos (López Carvajal, 2024).

La gestión de riesgos en los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol continúa enfrentando desafíos estructurales pese a los avances tecnológicos implementados. Aunque se han incorporado herramientas digitales para el análisis de incertidumbre, persiste una débil integración entre la evaluación técnica y la priorización estratégica, lo que puede comprometer la sostenibilidad de los resultados. Según García y Robledo (2023), muchas organizaciones del sector energético en América Latina aún operan con modelos fragmentados de riesgo, sin articular adecuadamente variables económicas, ambientales y sociales. En esta misma línea, Méndez Torres (2022) destaca que una gestión de riesgos efectiva en la industria extractiva exige metodologías dinámicas que permitan una toma de decisiones adaptativa frente a cambios regulatorios y climáticos.

Asimismo, el diagnóstico revela limitaciones en la gestión del conocimiento aplicado a los proyectos de recobro, lo que afecta la capacidad de replicar aprendizajes y escalar buenas prácticas. Aunque existen iniciativas internas para sistematizar experiencias, estas no siempre están acompañadas por mecanismos efectivos de transferencia y retroalimentación. De acuerdo con Castillo y Herrera (2024), las empresas del sector petrolero requieren consolidar estructuras formales de gestión del conocimiento que permitan convertir la experiencia operativa en capital organizacional. Por su parte, Rodríguez y Salazar (2021) subrayan que la sostenibilidad de los proyectos de recuperación mejorada depende no solo de la tecnología utilizada, sino también de la capacidad institucional para capturar y diseminar conocimiento de forma oportuna y estratégica

De modo que, contando con avances en innovación tecnológica en recobro mejorado, se presentan obstáculos en la gestión integrada de riesgos en proyectos de Ecopetrol, dada la débil articulación entre la identificación de riesgos y la priorización de alternativas estratégicas puede comprometer la rentabilidad a largo plazo, enfatizando la necesidad de fortalecer prácticas de gestión estratégica.

Estudios Previos y Experiencias Documentadas

Las experiencias documentadas (obtenidas al interno de la empresa) y documentos previos en Ecopetrol muestran que proyectos exitosos de recobro mejorado existen por la combinación entre desarrollo tecnológico, planeación rigurosa y monitoreo continuo, de lo cual, el uso de polímeros HPAM como una innovación para optimizar los procesos de clarificación y deshidratación en tecnologías EOR (Barbosa Trillos et al., 2020).

A nivel de gestión, la implementación del método Huff & Puff en pozos de gas condensado representa un hito en la recuperación adicional de hidrocarburos, siempre y cuando se combine con gestión robusta de datos de producción (López Hernández, 2024).

Por otra parte, el desarrollo de empresas de consultoría especializadas en apoyo de decisiones para proyectos de recobro ha facilitado el cierre de diferencias de conocimiento y la optimización de inversiones (Flórez Sierra & Rivero Márquez, 2020). Estas experiencias documentadas forman una base para mejorar prácticas actuales y diagnosticar fortalezas y debilidades del portafolio de proyectos de Ecopetrol.

Conocimiento y Aplicación de las Metodologías de Gestión Actuales, Identificación de Oportunidades de Mejora, y Evaluación de la Efectividad de las Prácticas Existentes

Categoría. Conocimiento y Aplicación de Metodologías Actuales

Códigos - Uso Predominante de Metodología Tradicional y Emergencia de Prácticas Ágiles en la Ejecución. En el análisis de las respuestas de los entrevistados sobre el manejo actual de gestión de los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, se observó que, predomina la metodología Cascada, pero existe una tendencia a adaptar prácticas ágiles en la ejecución diaria, sobre lo cual el Sujeto 1, gerente de proyecto senior, señala que "actualmente usamos predominantemente la metodología Cascada, con una estructura muy definida para cada fase del proyecto", evidenciando la presencia de prácticas tradicionales en la organización. Sin embargo, el Sujeto 2, ingeniero de producción, matiza esta perspectiva al afirmar que "la planificación se hace bajo Cascada, pero en la ejecución diaria adaptamos prácticas ágiles", reflejando así una flexibilidad operativa que responde a las necesidades del entorno de campo. Complementariamente, el Sujeto 3, coordinador técnico de sostenibilidad, menciona que "cada vez se consideran criterios de sostenibilidad en las fases iniciales, lo cual requiere ajustes dinámicos", mostrando la necesidad de integrar aspectos ambientales impulsa cambios en las prácticas tradicionales.

Códigos – Limitaciones en Adaptabilidad Operativa y Débil Integración de Sostenibilidad en la Gestión. Respecto a la efectividad del abordaje actual, los tres sujetos coinciden en señalar limitaciones frente a la adaptabilidad, el Sujeto 1 comenta que "permite un control fuerte de los recursos y tiempos, pero es rígido ante cambios técnicos imprevistos", indicando que, aunque se logran metas planificadas, existe una baja capacidad de reacción ante contingencias. Por su parte, el Sujeto 2 califica la efectividad como "moderada" y advierte que

"la rigidez de Cascada dificulta adaptarse a condiciones de yacimiento cambiantes", lo cual es crítico en proyectos de alta incertidumbre como el recobro mejorado. De forma complementaria, el Sujeto 3 apunta que "es efectivo para objetivos técnicos, pero a veces no responde ágilmente a requerimientos de sostenibilidad", abriendo el debate sobre la necesidad de integrar dimensiones sociales y ambientales en la gestión.

Códigos - Desajuste entre Planificación y Ejecución y Necesidad de Ajustes Dinámicos para Sostenibilidad. Seguidamente, al analizar el ajuste de las fases de planificación, ejecución y control a las necesidades del entorno operativo, se confirma que aunque las fases de planificación y control son sólidas, existen dificultades en la ejecución. El Sujeto 1 subraya que "la planificación es sólida en cuanto a presupuestos y alcance, pero en ejecución nos falta capacidad de adaptación rápida a cambios operativos", mientras que el Sujeto 2 identifica directamente un "desajuste en ejecución", ya que "el entorno operativo demanda ajustes continuos que Cascada no contempla de forma natural". Por su parte, el Sujeto 3 enfatiza que "las fases cubren adecuadamente la ejecución técnica, pero no siempre incluyen mecanismos efectivos de ajuste para incorporar variables de sostenibilidad emergentes", evidenciando que tanto los factores técnicos como de sostenibilidad requieren mayor flexibilidad en el modelo de gestión.

Por lo tanto, el análisis muestra que, el método tradicional de Cascada proporciona una base estructurada para la planificación y control, su rigidez representa un aspecto a superar para responder a las condiciones cambiantes del entorno operativo y de sostenibilidad en los proyectos de recobro mejorado.

Disposición y Viabilidad para Adoptar un Modelo Híbrido, Integración de Metodologías Ágiles y Tradicionales, y Adecuación al Contexto del Recobro Mejorado.

Categoría. Disposición Hacia Modelos Híbridos

Códigos - Actitud Favorable hacia el Modelo Híbrido y Percepción de Complementariedad Metodológica. Al explorar la percepción de los entrevistados sobre la integración de metodologías ágiles como Scrum con las tradicionales como Cascada en proyectos de recobro mejorado, se evidenció la actitud favorable hacia la adopción del modelo híbrido, aunque también se reconocen dificultades a superar. El Sujeto 1, gerente de proyecto senior, expresa que "la combinación permitirá mantener la estructura en la planificación mientras se gana flexibilidad en la ejecución", destacando el potencial de complementariedad entre ambas metodologías. De manera similar, el Sujeto 2, ingeniero de producción, sostiene que "Scrum aportaría adaptabilidad en campo, algo que a veces falta cuando seguimos el plan original rígidamente", señalando la necesidad de incorporar prácticas ágiles para responder la dinámica operativa. Por su parte, el Sujeto 3, coordinador técnico de sostenibilidad, destaca una ventaja específica desde su área al señalar que "un método híbrido permitiría integrar mejor los criterios de sostenibilidad, que suelen cambiar durante el proyecto", lo cual refuerza la idea de que la flexibilidad es importante para aspectos técnicos, sociales y ambientales.

Códigos - Resistencia Cultural y Barreras Internas y Necesidad de Claridad en Roles y Estructura del Modelo Híbrido. Sin embargo, los entrevistados manifestaron ventajas y desventajas, el Sujeto 1 menciona que "la cultura organizacional tradicional puede resistirse a adoptar prácticas ágiles", indicando que la transición no es automática, mientras el Sujeto 2 complementa esta idea al advertir que "la falta de capacitación en metodologías ágiles son un obstáculo inicial", evidenciando que el éxito del modelo híbrido dependía del refuerzo de

competencias internas. De manera convergente, el Sujeto 3 observó que "la falta de claridad en los roles y responsabilidades genera confusión al no gestionar bien la integración", resaltando la importancia de definir estructuras claras para la hibridación metodológica.

Códigos - Importancia de Capacitación, Liderazgo y Comunicación. Condiciones críticas para viabilizar el modelo híbrido Así mismo, cuando se les preguntó específicamente sobre los elementos para el éxito y los principales obstáculos de implementar un modelo híbrido basado en Scrum y Cascada, los entrevistados coincidieron en destacar, capacitación, liderazgo y comunicación. El Sujeto 1 afirmó que "es importante capacitar a los equipos en principios ágiles sin perder la rigurosidad de la planificación", mientras que el Sujeto 2 "el liderazgo del proyecto debe ser flexible y promotor del cambio para que el modelo híbrido funcione". Por su parte, el Sujeto 3 recalcó que "la comunicación entre equipos es fundamental para evitar conflictos entre los métodos ágiles y tradicionales", reconociendo la importancia de unificar criterios y expectativas a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

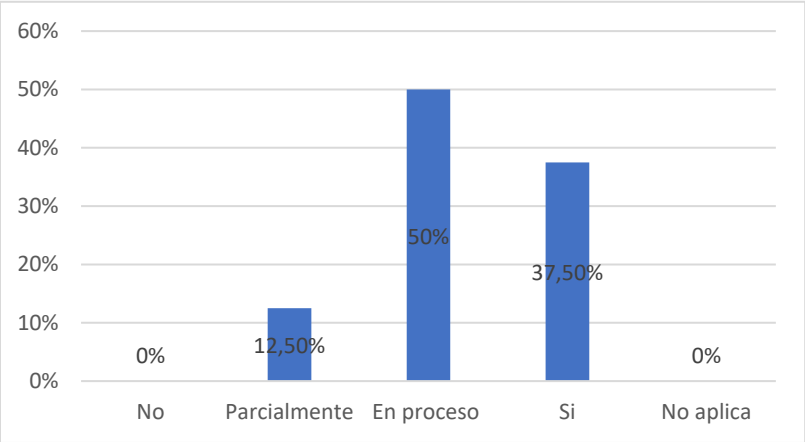
De tal modo que, el análisis evidencia una perspectiva positiva respecto a la adopción del modelo híbrido en Ecopetrol – Meta, siempre y cuando se gestionen adecuadamente los procesos de cambio organizacional, optimando competencias, y definición de estructuras para integrar la planificación rigurosa de Cascada con la flexibilidad operativa de Scrum.

Lista de Chequeo Encuesta al Sector Hidrocarburífero.

La mayoría de los participantes (50%) se posicionó de manera en proceso respecto a la calidad de la planificación inicial bajo la metodología Cascada en los proyectos de recobro mejorado, donde el 37,5% manifestó si, indicando una percepción moderadamente positiva; 12,5% expresó parcialmente, y no se registraron respuestas en los extremos, dando tendencia hacia una evaluación intermedia.

Figura 4

1. En los Proyectos de Recobro Mejorado, el Proceso de Planificación al Inicio de Cada Proyecto es Óptimo en el Marco de la Metodología Cascada



Nota. Elaboración Propia. Comparación Metodologías.

Este comportamiento se analiza a la luz del marco teórico, ya que, según Zivanovic (2025), una de las fortalezas de la metodología Cascada es funcionamiento preciso y secuencial, que favorece la planificación inicial y el control del proyecto. En ese sentido, la percepción moderadamente positiva, de los participantes se explica por la precisión metodológica en la formulación del proyecto desde su fase inicial. Por su parte, Gawande y Jiwani (2024) sostienen que Cascada es especialmente efectiva en contextos donde los requisitos son estables, permitiendo una planificación detallada, reforzando la tendencia observada en los resultados, en la cual ningún participante expresó una visión totalmente negativa, lo cual refleja confianza en la fase inicial cuando los objetivos y alcances están bien definidos.

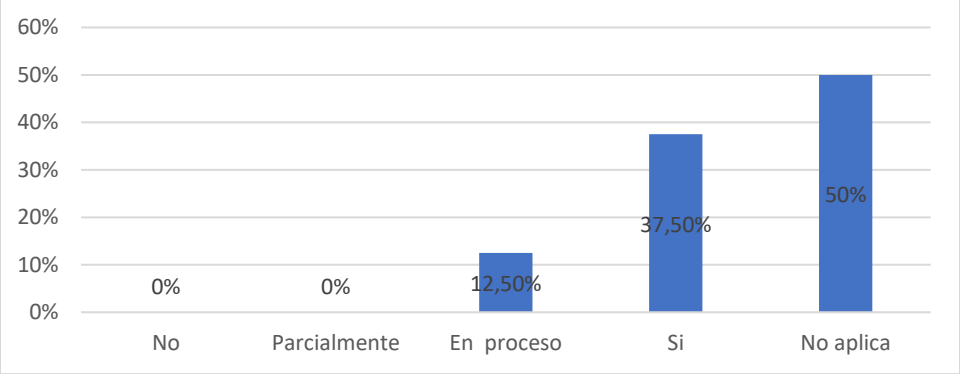
No obstante, Liang et al. (2025) advierten que la rigidez de Cascada limita su adaptabilidad frente a cambios no previstos, lo cual apoya lo relacionado con la porción de participantes (12,5%) que indicaron una percepción parcial positiva.

De tal forma que, los hallazgos empíricos son coherentes con el marco teórico, aunque Cascada proporciona una base sólida para la planificación, su falta de flexibilidad explica que parte de los participantes no alcanzó una valoración totalmente favorable del proceso inicial en los proyectos de recobro mejorado.

Por otra parte, para el ítem 2, la mayoría de los encuestados (50%) manifestó que no aplica que los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol siguen un método secuencial tipo Cascada. En tanto, 37,5% estuvo de acuerdo, reforzando esta tendencia positiva; 12,5% dijo en proceso y no hubo respuestas en No o Parcialmente, evidenciando una percepción clara de predominio del método secuencial.

Figura 5

2. Los Proyectos de Recobro Mejorado en Ecopetrol Siguen un Método Secuencial de Ejecución (Cascada)



Nota. Elaboración Propia. Método Secuencial.

Esta distribución es coherente con lo planteado por Liang et al. (2025), quienes explican que, si bien la metodología Cascada aporta orden y control, su rigidez limita su aplicabilidad en entornos dinámicos como los proyectos energéticos actuales, lo cual justifica que una parte considerable de los encuestados considera que el modelo no aplica del todo.

Asimismo, Rabechini Junior y Monteiro de Carvalho (2013) señalan que en sectores como el de hidrocarburos, la metodología Cascada, aunque robusta, tiende a quedarse corta frente a los cambios inesperados del entorno, lo cual obliga a las organizaciones a adoptar modelos más flexibles o híbridos, acorde con la percepción dividida y el avance hacia prácticas menos secuenciales.

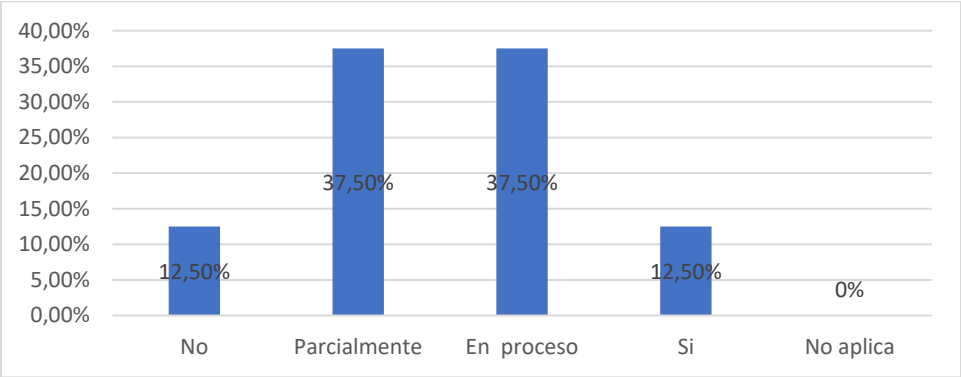
En la misma línea, Zivanovic (2025) destaca que Cascada resulta eficaz cuando los requerimientos están bien definidos desde el principio, situación que no siempre se presenta en proyectos de recobro mejorado, donde la incertidumbre operativa y técnica puede demandar ajustes sobre la marcha. Por tanto, la valoración de no aplica por parte del 50% de los encuestados se alinea con la realidad de un contexto técnico más dinámico que el que esta metodología permite gestionar.

En suma, la evidencia recogida en la encuesta muestra un uso parcial o disminuido del enfoque secuencial tipo Cascada en Ecopetrol, lo cual concuerda con las críticas teóricas sobre sus limitaciones para responder eficazmente en contextos complejos como los de la industria de hidrocarburos.

Por otro lado, para el ítem 3, las respuestas se distribuyeron principalmente entre el Parcialmente y En proceso, con 37,5% respectivamente; 12,5% estuvo muy en No y otro 12,5% en Si, sin registros en la opción de No aplica, indicando que la percepción sobre la precisión estructural que proporciona la metodología Cascada es mayormente crítica o indiferente.

Figura 6

3. La metodología Cascada está proporcionando una estructura para la gestión de proyectos de recobro mejorado con precisión



Nota. Elaboración Propia. Precisión de Recobro.

Estos resultados se relacionan con los planteamientos de Liang et al. (2025), quienes advierten que, aunque Cascada ofrece una estructura clara, su falta de flexibilidad limita su precisión operativa en contextos cambiantes, como los de la industria energética, apoyando la alta proporción de respuestas intermedias, donde los participantes no niegan completamente la utilidad de la metodología, pero tampoco la validan con firmeza.

Asimismo, Gawande y Jiwani (2024) sostienen que Cascada es efectiva cuando los requisitos del proyecto son estables, lo que rara vez ocurre en escenarios de recobro mejorado, caracterizados por alta incertidumbre técnica y operacional. De ahí que la percepción de precisión estructural sea vista con escepticismo, reflejada en los resultados como una postura crítica o parcial.

Por otro lado, Zivanovic (2025) argumenta que la mayor fortaleza de Cascada reside en su estructura secuencial y en la planificación detallada, pero reconoce que esta misma rigidez

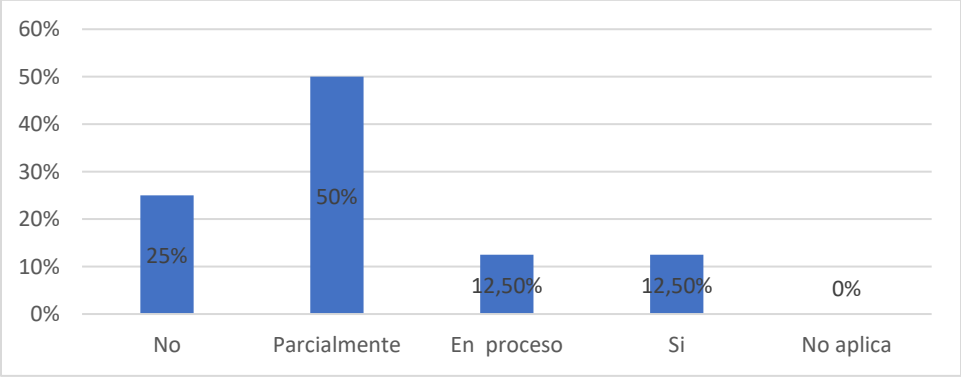
puede resultar contraproducente cuando se requieren ajustes ágiles durante la ejecución. Así, las respuestas mayoritarias en las categorías Parcialmente y En proceso señalan las limitaciones de la metodología para adaptarse eficazmente a los requerimientos dinámicos de este tipo de proyectos.

En este sentido, los resultados de la encuesta muestran una valoración ambivalente respecto a la precisión estructural que brinda la metodología Cascada, coherente con los cuestionamientos planteados en la literatura respecto a su aplicabilidad en entornos complejos y cambiantes como el sector hidrocarburos.

Seguidamente, para el ítem 4, la mayoría de los encuestados manifestó estar en Parcialmente (50%) o No (25%) con que en los proyectos de recobro mejorado se implementen ciclos iterativos frecuentes como en Scrum; 12,5% se ubicó en neutralidadproceso y otro 12,5% expresó si, reflejando la percepción de escasa aplicación de prácticas iterativas en los proyectos.

Figura 7

4 Los Proyectos de Recobro Mejorado en Ecopetrol son Implementados Ciclos de Trabajo Iterativos y Frecuentes como en la Metodología Scrum



Nota. Elaboración Propia. Ciclos de Trabajo.

Estos resultados pueden ser entendidos a la luz de lo que plantea Armijos Ortega et al. (2024), quienes afirman que Scrum es particularmente eficaz en entornos donde los requisitos cambian constantemente y se requiere adaptación continua, como ocurre en contextos de innovación o investigación. Sin embargo, su implementación puede ser limitada en industrias como la de hidrocarburos, donde las estructuras tradicionales prevalecen, especialmente cuando no hay una cultura organizacional madura en metodologías ágiles.

Por su parte, Alshurideh et al. (2024) destacan que uno de los principales obstáculos para adoptar Scrum es la resistencia al cambio organizacional y la falta de liderazgo que promueva una transformación cultural hacia prácticas ágiles. Este contexto explica las razones de que la mayoría no percibe la implementación efectiva de ciclos iterativos en los proyectos de recobro mejorado.

Adicionalmente, Piedrahita et al. (2023) reconocen que, aunque Scrum tiene potencial para ser aplicado en sectores como el de hidrocarburos, su eficacia depende de la capacidad del equipo para adaptarse a los cambios y colaborar activamente. La baja adopción reportada por los participantes puede reflejar una implementación superficial o focalizada, más que una adopción institucionalizada.

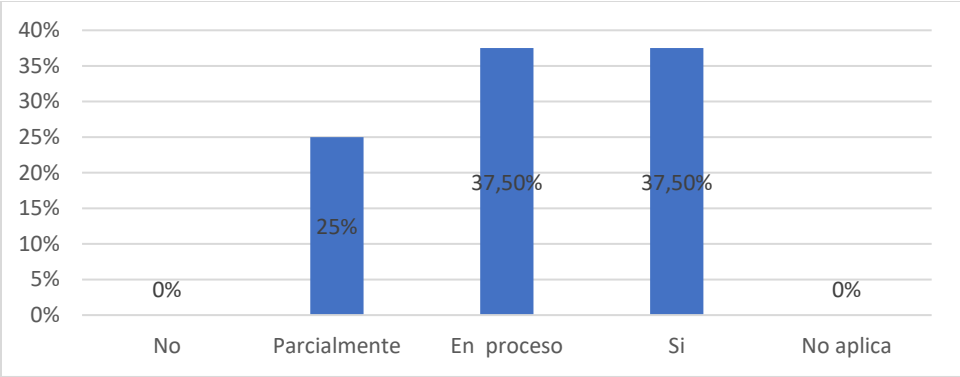
Por lo tanto, los resultados muestran una escasa presencia de prácticas Scrum en estos proyectos, lo cual concuerda con la literatura, que enfatiza las barreras, culturales y de madurez metodológica que enfrenta este enfoque en sectores industriales tradicionalmente rígidos como el energético.

En cambio, para el ítem 5, las respuestas se ubicaron entre En proceso (37,5%) y el Si (37,5%) respecto a que la metodología Scrum mejora la flexibilidad y adaptabilidad en los

proyectos de recobro mejorado; 25% manifestó Parcialmente y no se registraron respuestas en los extremos de No o No aplica, mostrando una percepción moderada sobre el impacto.

Figura 8

5. La Metodología Scrum Mejora la Flexibilidad y Adaptabilidad en la Ejecución de los Proyectos De Recobro Mejorado



Nota. Elaboración Propia. Flexibilidad y Adaptabilidad.

Esta percepción está alineada con lo planteado por Verwijs y Russo (2022), quienes destacan que la flexibilidad y la mejora continua son pilares fundamentales del marco Scrum, ya que permite adaptarse rápidamente a los cambios a través de iteraciones cortas y una estructura de retroalimentación constante. Esto resulta particularmente útil en proyectos que evolucionan con frecuencia o presentan incertidumbre, como puede ser el caso de ciertas fases del recobro mejorado.

En esa misma línea, Loayan (2024) señala que una planificación ágil, como la que ofrece Scrum, mejora la capacidad de respuesta frente a imprevistos y permite ajustes rápidos sin afectar significativamente el curso del proyecto. La valoración de Sí y En proceso por parte de la mayoría de los encuestados refleja la presencia creciente de estas ventajas dentro de la gestión de proyectos en el sector energético.

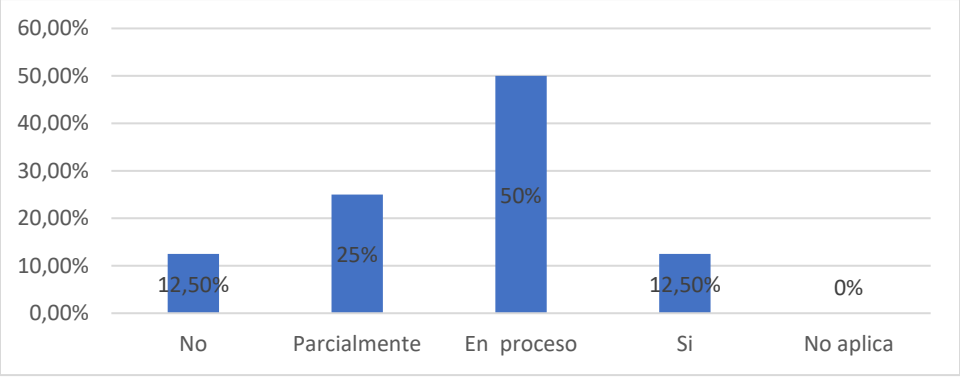
Sin embargo, la existencia de un 25% que respondió Parcialmente también puede estar vinculada a lo que indica Alshurideh et al. (2024), quienes advierten que la efectividad de Scrum depende fuertemente del grado de madurez del equipo y del liderazgo organizacional. En sectores como hidrocarburos, donde las jerarquías son más rígidas y los procesos más regulados, la implementación completa de metodologías ágiles puede verse limitada, lo cual explica una percepción moderada en lugar de completamente positiva.

En función de ello, los datos reflejan una valoración favorable sobre el impacto de Scrum en términos de flexibilidad y adaptabilidad, en coherencia con la literatura especializada que reconoce sus beneficios, pero también sus desafíos en contextos industriales altamente estructurados.

En cuanto al ítem 6, la mayoría de los encuestados (50%) respondieron En proceso frente a la realización de reuniones periódicas de revisión en los proyectos de recobro mejorado, mientras que 25% expresó Parcialmente y 12,5% No; 12,5% Si, sin registros en No aplica, dando una percepción de práctica moderadamente insuficiente en este aspecto.

Figura 9

6 Los Equipos de Trabajo en Ecopetrol Realizan Reuniones Periódicas de Revisión, Como las Retrospectivas de Scrum, para Evaluar el Progreso del Proyecto de Recobro Mejorado



Nota. Elaboración Propia. Reuniones Periódicas.

Esta tendencia puede analizarse desde lo expuesto por Verwijs y Russo (2022), quienes señalan que las retrospectivas Scrum son esenciales para fomentar la mejora continua, la transparencia y la reflexión dentro del equipo, así la escasa proporción de respuestas afirmativas indica que, aunque la práctica es reconocida, su ejecución aún no es sistemática ni parte de la cultura organizacional.

Asimismo, Ekechi et al. (2024) indican que la personalización e implementación efectiva de retrospectivas requiere de una metodología formal y un equipo que valore la retroalimentación constante y la toma de decisiones colaborativa. En contextos industriales como el de hidrocarburos, la falta de cultura ágil o la carga operativa pueden obstaculizar estas dinámicas, lo que podría explicar la alta proporción de respuestas en categorías intermedias.

De igual forma, Loayan (2024) menciona que, la incorporación de espacios de revisión periódica permite anticiparse a desviaciones del proyecto y ajustar el rumbo con mayor agilidad. De manera que, la percepción de los encuestados, al ubicarse mayoritariamente en En proceso o Parcialmente, indica una intención incipiente de implementar retrospectivas, pero también dificultades prácticas para sostenerlas regularmente, lo cual es coherente con entornos donde los cronogramas operativos son exigentes y rígidos.

Así las cosas, los resultados reflejan una percepción de implementación parcial o tentativa de las reuniones tipo retrospectiva en Ecopetrol, alineada con los desafíos que la literatura identifica para introducir prácticas ágiles en industrias tradicionales y de alta especialización técnica como la energética.

En otro orden de ideas, visto de forma general el análisis de los porcentajes más altos evidencia una tendencia común en la mayoría de los ítems, la predominancia de categorías

intermedias como En proceso o Parcialmente, indicando que tanto la metodología Cascada como Scrum están siendo aplicadas de forma parcial o incipiente en los proyectos de recobro mejorado, sin una consolidación plena de ninguno de los dos enfoques. En el ítem 1, un 50% de los encuestados se ubicó en En proceso respecto a la calidad de la planificación inicial con Cascada, lo que muestra una percepción intermedia. En el ítem 2, el 50% indicó No aplica ante la afirmación de que los proyectos siguen una ejecución secuencial tipo Cascada, lo que podría interpretarse como una forma de desacuerdo o desvinculación con esa metodología. En el ítem 3, la percepción de precisión estructural se dividió entre Parcialmente (37,5%) y En proceso (37,5%), reflejando una visión ambivalente o crítica.

En los ítems vinculados a Scrum, se repite el patrón de implementación parcial. En el ítem 4, un 50% consideró Parcialmente que se aplican ciclos iterativos como en Scrum, mientras que un 25% expresó No, evidenciando una escasa aplicación de prácticas iterativas. En el ítem 5, sobre la flexibilidad y adaptabilidad de Scrum, las respuestas se dividieron entre En proceso (37,5%) y Sí (37,5%), lo que muestra una valoración moderadamente favorable. En el ítem 6, respecto a las reuniones periódicas tipo retrospectiva, el 50% respondió En proceso, y un 25% Parcialmente, lo cual refuerza la idea de que estas prácticas están presentes de forma tentativa o limitada. En conjunto, estos datos revelan una transición metodológica en curso, en la que se están explorando enfoques ágiles, pero sin una implementación consistente y estructurada.

Desde el análisis teórico, existe coincidencia entre autores como Zivanovic (2025), Gawande y Jiwani (2024) y Liang et al. (2025) en destacar que la metodología Cascada ofrece claridad y control en la planificación inicial, pero es poco flexible frente a cambios, lo cual se alinea con los resultados de los ítems 1 a 3, donde predominan percepciones intermedias. Por otro lado, autores como Armijos Ortega et al. (2024), Verwijs y Russo (2022) y Loayan (2024)

resaltan que Scrum proporciona adaptabilidad y mejora continua, aunque su implementación depende de factores como la cultura organizacional y la madurez del equipo, lo que también se refleja en los resultados de los ítems 4 a 6.

La principal divergencia radica en que algunos autores proponen la adopción plena de metodologías ágiles como solución directa, mientras que otros, como Alshurideh et al. (2024), enfatizan la necesidad de evaluar el contexto institucional antes de una transición. De manera que, tanto los datos como la literatura coinciden en que ni Cascada ni Scrum, por sí solos, responden completamente a las exigencias de los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol, lo que refuerza la necesidad de avanzar hacia modelos híbridos, más adaptativos y equilibrados.

Herramientas del Diagnóstico

Tabla 5

Foda

Fortalezas	Debilidades
Procesos estandarizados de planificación y control	Estructuras rígidas que no favorecen cambios técnicos
Capacitación técnica continua	Gestión de riesgos limitada
Innovación en tecnologías EOR	Escasa retroalimentación e iteración en proyectos
Experiencia en campos maduros	Poca incursión en sostenibilidad inicial
Métodos híbridos iniciados	Poca sistematización de lecciones aprendidas
Uso predominante de la metodología Cascada para planificación estructurada, control de recursos y cumplimiento de metas.	

Fortalezas	Debilidades
	Rigidez de la metodología Cascada ante cambios técnicos o condiciones operativas imprevistas.
Inclusión incipiente de prácticas ágiles que permiten flexibilidad operativa.	Desajuste en la fase de ejecución respecto a las demandas del entorno de campo.
Uso progresivo en criterios de sostenibilidad en etapas iniciales del proyecto	Falta de mecanismos eficaces para ajustar el modelo ante requerimientos emergentes de sostenibilidad.
Oportunidades	**Amenazas**
Implementar modelos híbridos com Scrum y cascada	Competencia más ágil y sostenible
Actualización de la gestión de riesgos	Resistencia en la cultural interna de la empresa
Integrar ESG como un principio conceptual en los proyectos	Presión a nivel de regulaciones
Capacitar al personal involucrado en metodologías ágiles	Creciente complejidad técnica y económica
Establecer alianzas estratégicas	Modelos económicos desactualizados
Integración formal de metodologías ágiles para mejorar la capacidad de adaptación en la ejecución.	Alta incertidumbre en yacimientos que requiere respuestas ágiles en comparación con lo tradicional.

Fortalezas	Debilidades
Desarrollo de mecanismos que incorporen variables de sostenibilidad en todas las fases del proyecto.	Presión por incorporar criterios ambientales y sociales a pesar de que la gestión es inflexible.
Aprovechamiento del conocimiento técnico y experiencia del personal para lograr modelos híbridos de gestión óptimos	Riesgo de pérdida de eficiencia opr no adaptarse a las necesidades del entorno operativo.

Nota. Elaboración Propia. FODA.

Tabla 6

Matriz cruzada

	Oportunidades (O)	Amenazas (A)
Fortalezas (F)	Estrategias ofensivas. - Utilizar la estandarización de procesos y la capacitación técnica del personal para implementar formalmente modelos híbridos de Scrum con Cascada. - Aprovechar la experiencia en EOR para incorporar criterios ESG desde	Estrategias defensivas. - Usar la experiencia positiva de gestión haciéndose competitivos con empresas internacionales ágiles. - Impulsar la implementación de metodologías híbridas para mitigar la resistencia cultural interna. - Afianzar la capacitación técnica de personal hacia la adaptación ante las

	Oportunidades (O)	Amenazas (A)
	fases iniciales y acceder a financiación verde. - Potenciar la innovación tecnológica consolidando alianzas estratégicas con consultoras especializadas.	presiones regulatorias y cambios en sostenibilidad.
Debilidades (D)	Estrategias adaptativas. - Superar la rigidez estructural incorporando métodos híbridos y capacitación en agilidad. - Modernizar la gestión de riesgos (ISO 31000) corrigiendo debilidades en identificación y mitigación de riesgos. - Crear un repositorio de lecciones aprendidas hacia la sistematización y replicabilidad de proyectos exitosos.	Estrategias de supervivencia. - Abordar la desactualización de modelos económicos con actualizaciones para evaluar la viabilidad de proyectos de recobro. - Contrarrestar la escasa aplicación de prácticas iterativas mediante la cultura de retroalimentación continua. - Incorporar criterios de sostenibilidad desde la conceptualización para evitar costos y tiempos adicionales por nuevas regulaciones.

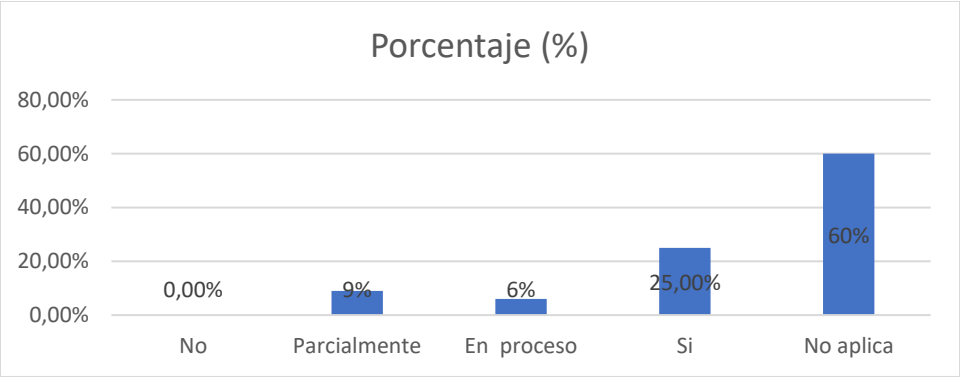
Nota. Elaboración Propia. Matriz Cruzada.

En función del diagnóstico anterior fue diseñada la propuesta, para ser sometida a consideración y verificar su idoneidad. Así para el ítem 7, la mayoría de los participantes

respondió con 60 % que No aplica y 25 % Si, sumando un 85 % de aceptación; 9 % está en Parcialmente y 6 % se mantiene En proceso, no se reportaron respuestas en la opción No.

Figura 10

7. Un Modelo Híbrido de Gestión, debe Combinar la Planificación Detallada de Cascada con los Ciclos Iterativos de Scrum, en los Proyectos de Recobro Mejorad



Nota. Elaboración Propia. Combinación de Planificación.

Esta percepción coincide con lo señalado por Hattingh et al. (2024), quienes afirman que los modelos híbridos son particularmente útiles en entornos donde se requiere rigor metodológico en fases iniciales, como la planificación, pero también flexibilidad para adaptarse durante la ejecución. Este es justamente el caso de los proyectos de recobro mejorado, que combinan necesidades estructuradas (normativas, técnicas y de seguridad) con variabilidad operativa, por lo que los participantes parecen reconocer el valor estratégico de una metodología híbrida.

Asimismo, Liang et al. (2025) señalan que las metodologías híbridas permiten una gestión balanceada al integrar prácticas predictivas y adaptativas, lo que facilita responder de manera eficiente a contextos industriales complejos, demostrando efectividad en sectores donde los cambios son frecuentes pero los márgenes de error son estrechos. Ello, valida la percepción

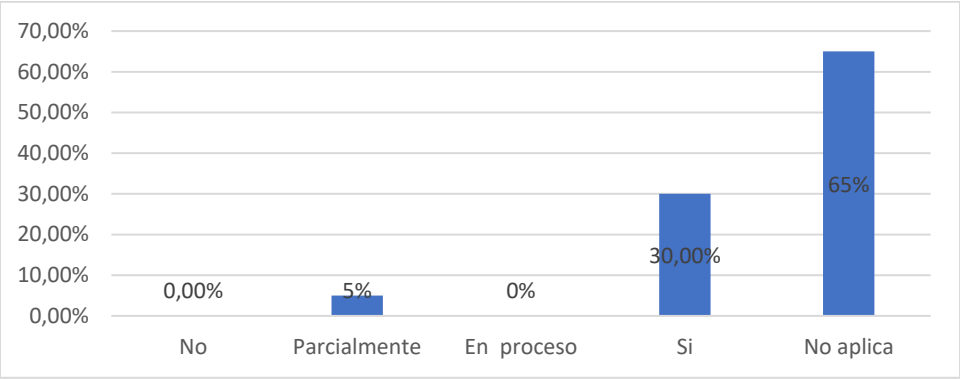
recogida en los datos, ya que la mayoría de los encuestados ve en el enfoque híbrido una opción viable y necesaria para mejorar la gestión en proyectos energéticos de alto riesgo como los de recobro mejorado.

Por último, Vajjhala y Strang (2025) destacan que el éxito de los modelos híbridos depende en gran medida de su personalización y del liderazgo organizacional para integrar culturas de trabajo distintas, explicando que una minoría (15%) se ubica todavía en zonas intermedias o de transición (Parcialmente y En proceso), lo cual refleja la necesidad de capacitación y alineación institucional para adoptar completamente este tipo de metodologías. Sin embargo, el alto nivel de aprobación registrado respalda la pertinencia de proponer un modelo híbrido como alternativa sólida y contextualizada para el manejo de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol.

Los resultados del ítem 8 reflejan una aceptación favorable respecto a la afirmación evaluada, donde el 65% de los encuestados marcó la opción No aplica, lo cual, en este contexto, puede interpretarse como un reconocimiento tácito de la afirmación como válida, sin necesidad de discusión. A esto se suma un 30% que respondió Sí y un 5% que eligió Parcialmente, sin registros en las opciones No o En proceso. Este 95% de aceptación indica que la gran mayoría percibe que la combinación de la planificación estructurada de Cascada con la flexibilidad de Scrum efectivamente mejora la eficiencia y adaptabilidad en los proyectos de recobro mejorado.

Figura 11

8. Los Elementos Estructurados de Cascada Combinados con los Principios Ágiles De Scrum Conducen a la Eficiencia y la Adaptabilidad de los Proyectos de Recobro Mejorado



Nota. Elaboración Propia. Eficiencia y Adaptabilidad.

Esta percepción está en sintonía con lo señalado por Liang et al. (2025), quienes plantean que los modelos híbridos son especialmente eficaces cuando se integran de manera estratégica elementos secuenciales y predictivos con principios ágiles, lo cual implica afrontar situaciones de complejidad y cambio, como los que caracterizan al sector energético, así los participantes parecen percibir que, al unir la rigurosidad de Cascada con la capacidad de ajuste de Scrum, los proyectos son ficientes y más resilientes.

A su vez, Vajjhala y Strang (2025) argumentan que la eficiencia en la gestión híbrida no proviene de mezclar metodologías, sino de estructurar esa combinación de acuerdo con las particularidades del proyecto. En este sentido, la valoración positiva de los encuestados. Al respecto, Hattingh et al. (2024) destacan que una implementación híbrida bien diseñada favorece la adaptabilidad, al permitir ajustar rápidamente las tareas sin comprometer los objetivos estratégicos del proyecto. Esta afirmación refuerza la validez del planteamiento evaluado en el ítem, y coincide con la lectura de los resultados, en los que los encuestados valoran

positivamente la combinación metodológica como un camino hacia una gestión más eficaz y flexible en un entorno tan exigente como el del sector de hidrocarburos.

Los resultados de los ítems 7 y 8 evidencian un consenso sólido respecto al valor del modelo híbrido como alternativa estratégica en los proyectos de recobro mejorado. En el ítem 7, el 60% de los encuestados respondió No aplica y un 25% eligió Sí, lo que representa un 85% de aprobación hacia la afirmación de que este modelo debe integrar la planificación estructurada de Cascada con los ciclos iterativos de Scrum. Solo un 9% respondió Parcialmente y un 6% En proceso, sin respuestas negativas, lo cual indica que la propuesta es ampliamente reconocida como pertinente para contextos técnicos que exigen simultáneamente control y capacidad de adaptación. Esta aceptación se acentúa aún más en el ítem 8, donde el 65% eligió No aplica, el 30% Sí, y apenas un 5% respondió Parcialmente, sumando un 95% de aprobación sobre la afirmación de que la combinación de ambos enfoques mejora la eficiencia y adaptabilidad de los proyectos. Estos porcentajes evidencian que el modelo híbrido es percibido como una solución práctica, coherente con las dinámicas del entorno operativo de Ecopetrol.

Desde la perspectiva teórica, estos resultados se sostienen en las ideas de Hattingh et al. (2024), quienes plantean que los modelos híbridos permiten mantener el rigor metodológico de la planificación sin renunciar a la flexibilidad operativa que requieren proyectos cambiantes. En este sentido, Liang et al. (2025) refuerzan esta visión, afirmando que integrar prácticas predictivas y ágiles genera una respuesta más robusta ante la incertidumbre técnica, especialmente en sectores complejos como el energético. Por su parte, Vajjhala y Strang (2025) señalan que la efectividad del enfoque híbrido no depende solo de su implementación, sino de su personalización al contexto del proyecto, una idea coherente con el alto nivel de aprobación mostrado por los encuestados. En conjunto, tanto los datos empíricos como los marcos

conceptuales coinciden en que el modelo híbrido es aplicable y necesario, para abordar las complejidades técnicas, organizacionales y estratégicas que caracterizan los proyectos de recobro mejorado, así pocas respuestas intermedias parecen responder más a procesos de ajuste organizacional que a una falta de confianza en el enfoque propuesto.

En función de lo anterior, la propuesta del modelo híbrido de gestión de proyectos, propuso la planificación estructurada del método Cascada con la flexibilidad iterativa del marco Scrum, lo cual fue sometido a la validación interna mediante encuesta dirigida a actores involucrados en los proyectos de recobro mejorado, exponiendo una aceptación favorable hacia esta nueva perspectiva.

De manera que, junto a la viabilidad técnica, la propuesta contó con la aceptación organizacional, facilitando la implementación progresiva. Asimismo, la percepción positiva sobre su influencia en la eficiencia y adaptabilidad representó un insumo para la validación funcional.

Así, la presente propuesta respondió a los hallazgos del diagnóstico estratégico, y a la evidencia cuantitativa de aceptación interna, concretando la legitimidad y potencial de éxito en el proceso de transformación de la gestión de proyectos en Ecopetrol.

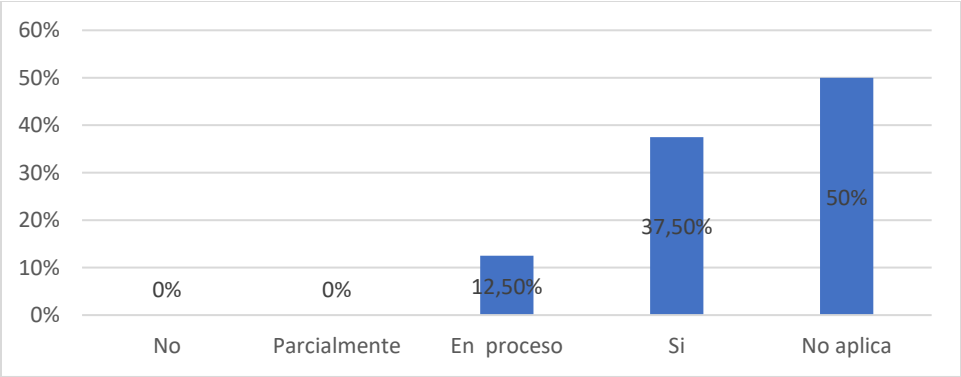
De manera que el modelo fue implementado arrojando que,

En cuanto a la lista de verificación aplicada, el análisis del ítem 9 muestra una tendencia general positiva hacia la eficiencia del modelo híbrido implementado en los proyectos de recobro mejorado, con un 50% de los encuestados marcando, No aplica y un 37,5% en Si, indicando que la mayoría de los participantes consideran que el modelo híbrido generó mejores resultados que los abordajes individuales de Cascada o Scrum. Sin embargo, un pequeño porcentaje (12,5%) se mantiene En proceso, sugiriendo que hay algunas voces que aún no están completamente

convencidas de su efectividad. No se registran respuestas en No, lo que refuerza una valoración positiva generalizada.

Figura 12

9. En los Proyectos de Recobro Mejorado, la Eficiencia del Modelo Híbrido Implementado Presentó Mejores Resultados en Comparación con el de Cascada o Scrum individualmente



Nota. Elaboración Propia. Resultados.

Desde la perspectiva de los modelos de gestión industrial, Kerzner (2022) señala que los entornos productivos requieren cada vez más enfoques flexibles y adaptables que permitan responder a la complejidad operativa y a las exigencias del mercado. En este sentido, la adopción de un modelo híbrido permite integrar planificación rigurosa y control con ciclos adaptativos y mejora continua, facilitando la eficiencia operativa en procesos industriales como los de recobro mejorado.

Asimismo, Vila Grau y Capuz Rizo (2022) destacan que el modelo híbrido es valioso en sectores donde la estabilidad es relativa y los cambios son frecuentes, como la manufactura energética o petroquímica. La combinación de predictibilidad y adaptabilidad contribuye no solo a mejorar los resultados técnicos, sino también a satisfacer los requerimientos normativos y ambientales, aspectos críticos en la industria de hidrocarburos. La tendencia positiva mostrada en

los datos refuerza esta visión teórica, evidenciando la utilidad de los modelos híbridos en contextos altamente regulados y operativamente complejos.

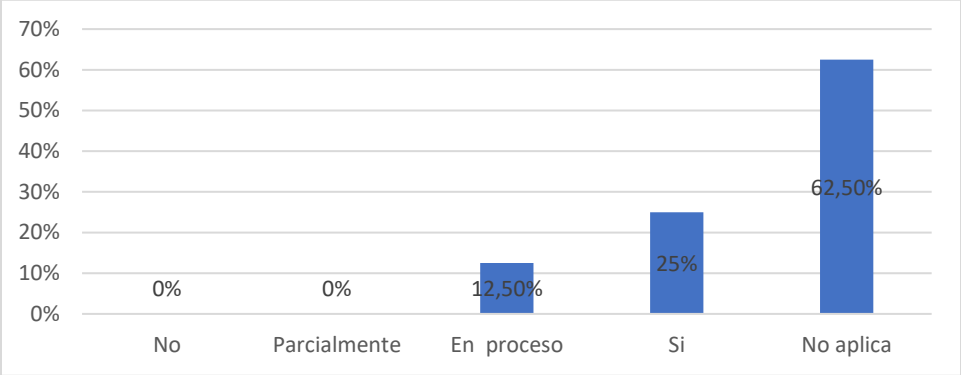
Por otra parte, desde la perspectiva específica del sector de hidrocarburos, Mahmood et al. (2024) argumentan que las metodologías híbridas han demostrado mejoras concretas en eficiencia y control de riesgos en proyectos de exploración y producción profunda. Esto se logra mediante una planificación estructurada inicial combinada con ajustes dinámicos basados en datos en tiempo real. Este enfoque flexible permite enfrentar desafíos técnicos, geológicos y regulatorios, y podría estar reflejándose en la alta valoración del modelo híbrido entre los encuestados de esta investigación.

Aunado a ello, la postura de Thompson et al. (2025) sostiene que el uso de diseños híbridos contribuye a mitigar los desafíos de sostenibilidad y eficiencia propios de la transición energética actual, permitiendo mantener operaciones tradicionales mientras se adaptan a nuevas demandas. La opinión mayoritaria recogida en el instrumento de verificación coincide con estas evidencias empíricas y teóricas, pues respalda que la implementación del modelo híbrido ha sido no solo adecuada, sino más eficaz que los enfoques tradicionales utilizados por separado. El pequeño porcentaje que permanece En proceso, indica oportunidades para seguir fortaleciendo la apropiación del modelo, pero no pone en duda su efectividad general.

En tanto, el análisis del ítem 10 muestra una clara tendencia positiva hacia la adaptabilidad del modelo híbrido a las variaciones y necesidades de los proyectos de recobro mejorado. Un 62,5% de los encuestados se mostró No aplica y un 25% Si, lo que refleja una fuerte apreciación por la flexibilidad del modelo híbrido; un porcentaje menor (12,5%) se mantuvo En proceso; destacando que el modelo híbrido es eficaz para adaptarse a las exigencias del entorno operativo.

Figura 13

10 El Modelo Híbrido Objeto es Adaptable a las Variaciones y Necesidades de los Proyectos de Recobro Mejorado



Nota. Elaboración Propia. Adaptabilidad de modelo híbrido.

Desde una visión industrial, Kerzner (2022) señala que la adaptabilidad es un factor crítico en la gestión moderna de proyectos industriales, donde los contextos son volátiles y los requerimientos pueden cambiar durante el ciclo de vida del proyecto. En ese sentido, los modelos híbridos ofrecen la estructura necesaria para iniciar con claridad y previsión (propia de Cascada), junto con la capacidad de reacción rápida ante eventos no previstos. La percepción favorable en este ítem se alinea con este enfoque, pues los encuestados reconocen la capacidad del modelo híbrido para gestionar variaciones con eficiencia.

Complementando esta visión, Vila Grau y Capuz Rizo (2022) argumentan que en sectores como el energético, donde las operaciones están condicionadas por factores técnicos, normativos y ambientales, los modelos de gestión deben ser suficientemente flexibles sin sacrificar el control. Esto justifica el reconocimiento de la adaptabilidad del modelo híbrido en el sector de hidrocarburos, donde los proyectos, como los de recobro mejorado, enfrentan cambios

frecuentes por condiciones del subsuelo, regulaciones, precios del petróleo o evolución tecnológica.

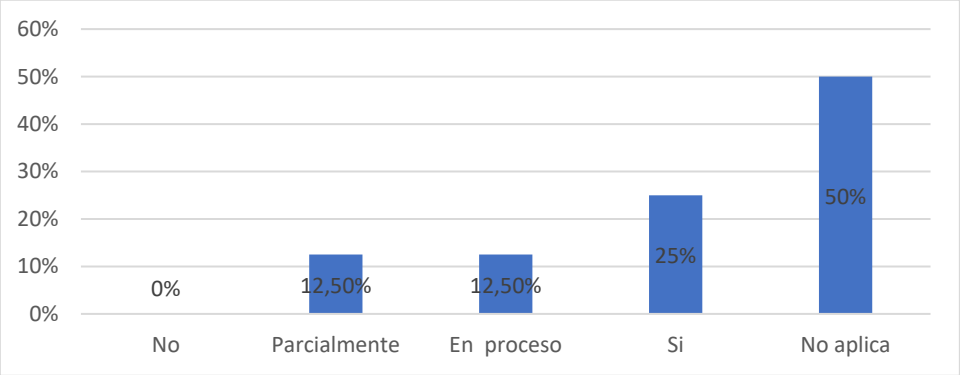
Desde una perspectiva más específica del sector hidrocarburos, Mahmood et al. (2024) destacan que los modelos híbridos han demostrado eficacia en contextos donde se requiere un equilibrio entre control técnico y capacidad de ajuste. En proyectos de exploración profunda o recuperación secundaria, como el recobro mejorado, la planificación inicial puede ser desafiada por condiciones geológicas o ambientales no previstas. El modelo híbrido permite ajustar decisiones estratégicas sin perder de vista los objetivos operacionales y de sostenibilidad, lo cual justifica la alta valoración de adaptabilidad encontrada en este ítem.

Así, Thompson et al. (2025) argumentan que, en la transición hacia modelos energéticos más sostenibles, los enfoques híbridos no solo permiten adaptar los proyectos al entorno, sino también a nuevas prioridades institucionales y sociales. La valoración expresada por los encuestados respalda esta idea, al reconocer que el modelo híbrido no solo se ajusta a las necesidades técnicas del recobro mejorado, sino también a exigencias más amplias del entorno operativo, haciendo de esta herramienta una opción estratégica para la gestión contemporánea en el sector energético.

El análisis del ítem 11 indica una fuerte tendencia a la alineación del modelo híbrido con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Ecopetrol, especialmente en términos de optimización de procesos y sostenibilidad. El 50% de los encuestados se mostró No aplica y el 25% Si, mostrando el reconocimiento de la forma en que el modelo híbrido contribuye a estos objetivos. Sin embargo, un 12,5% se mostró Parcialmente y un 12,5% estuvo En proceso, así aunque la mayoría valora positivamente la relación con los ODS, existen algunas percepciones diversas sobre su impacto real.

Figura 14

El modelo híbrido Contribuye a la Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) Dentro de Ecopetrol Desde la de Optimización de Procesos y Sostenibilidad



Nota. Elaboración Propia. Alineación con ODS.

En el contexto de los procesos industriales, Kerzner (2022) resalta que la eficiencia operativa, cuando está acompañada por una planificación estratégica flexible, favorece la reducción de desperdicios, el uso racional de recursos y el cumplimiento de estándares ambientales. El modelo híbrido, al permitir ajustes continuos mediante ciclos iterativos sin sacrificar el control de calidad, se convierte en una herramienta funcional para avanzar hacia prácticas industriales sostenibles, lo que apoya la percepción positiva de los encuestados.

Por su parte, Álvarez Montaño et al. (2020) argumentan que la integración de metodologías híbridas en el sector energético permite alinear las operaciones técnicas con los ODS, especialmente cuando se aplican mecanismos de planificación estructurada junto con acciones de mejora continua. En proyectos como los de recobro mejorado, esto se traduce en menor impacto ambiental, mayor control de emisiones y eficiencia energética, elementos todos alineados con los ODS 7, 9 y 13. La percepción favorable recogida en el diagnóstico se corresponde con estos hallazgos teóricos.

Desde la mirada específica del sector de hidrocarburos, Mahruqi (2024) muestra que los modelos híbridos ofrecen una ventaja para los proyectos conjuntos y asociaciones público-privadas al fomentar prácticas sostenibles y colaborativas. Este enfoque mejora la gobernanza del proyecto para que las estrategias de corto plazo estén conectadas con compromisos globales de sostenibilidad, lo cual es coherente con el reconocimiento del aporte del modelo híbrido a los ODS, aunque algunos aún manifiestan estar en evaluación de su alcance real.

En este orden, Thompson et al. (2025) sostienen que uno de los grandes beneficios de los enfoques híbridos en contextos energéticos es su capacidad para facilitar la transición hacia modelos más sostenibles, sin interrumpir las operaciones existentes. Esta compatibilidad progresiva resulta clave en compañías como Ecopetrol, que operan bajo altas exigencias técnicas y regulatorias. Por ello, aunque existe cierto nivel de respuesta intermedia, la tendencia mayoritaria refleja una confianza en el modelo híbrido como vehículo para fortalecer la sostenibilidad en el marco de los ODS.

En razón de lo anterior, los resultados de los ítems relacionados con la evaluación del modelo híbrido (ítems 9, 10 y 11) evidencian una tendencia ampliamente positiva por parte de los participantes. En términos de eficiencia (ítem 9), el 87,5% de los encuestados manifestó aceptación (50% No aplica y 37,5% Sí), mientras que solo un 12,5% se mantuvo en En proceso. Respecto a la adaptabilidad del modelo (ítem 10), un 62,5% marcó No aplica y un 25% Sí, lo que representa un 87,5% de validación sobre su capacidad de ajuste a contextos cambiantes. Por ello, en relación con su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ítem 11), un 75% de los participantes coincidió en valorar positivamente su impacto (50% No aplica, 25% Sí), mientras que el 25% restante se repartió entre Parcialmente y En proceso. Estas cifras muestran

un alto grado de aceptación del modelo híbrido, tanto por su efectividad operativa como por su alineación con principios de sostenibilidad y responsabilidad estratégica.

Desde el marco teórico, existe una coincidencia sustancial entre los hallazgos empíricos y los planteamientos de autores como Kerzner (2022), Mahmood et al. (2024), Vila Grau y Capuz Rizo (2022) y Thompson et al. (2025). Todos ellos resaltan que los modelos híbridos permiten combinar la estructura y planificación propia de metodologías tradicionales como Cascada con la flexibilidad y capacidad de adaptación de enfoques ágiles como Scrum. Este equilibrio es especialmente relevante en sectores como el de hidrocarburos, donde los proyectos presentan alta complejidad técnica, cambios operativos frecuentes y fuertes demandas regulatorias y ambientales.

De modo que, los resultados obtenidos reflejan esa misma lógica, una validación del modelo no como simple mezcla metodológica, sino como una solución estratégica ajustada a las realidades de Ecopetrol. La ligera presencia de respuestas intermedias (alrededor del 12,5% en cada ítem) refiere que, si bien hay consenso, aún existen espacios institucionales que requieren fortalecimiento, como la madurez organizacional, la capacitación de equipos y la integración plena de las prácticas sostenibles.

Diseñar el Modelo Híbrido de Gestión de Proyectos que Combine Scrum y Cascada, Adaptado a las Condiciones y Necesidades Específicas de los Proyectos de Recobro Mejorado en Ecopetrol – Meta, hacia la Mejora Continua en cuanto a la Mejora de la Calidad de los Entregables y Alineación con las Expectativas de los Stakeholders.

El diseño del Modelo Híbrido Integrado (MH-GAEP) se fundamenta en los requerimientos técnicos y organizacionales identificados en los proyectos de recobro mejorado en los campos maduros del Meta, operados por Ecopetrol. Así, la estructura dual del modelo, con

una fase inicial de planificación rigurosa (Cascada) y una ejecución iterativa (Scrum), responde a la necesidad de trazabilidad en proyectos de ingeniería de reservorios, así como a la exigencia de adaptabilidad frente a la variabilidad del comportamiento del yacimiento, el entorno normativo y los precios del crudo.

A su vez, la incorporación de prácticas ágiles facilita la mejora continua de los entregables, gracias a ciclos de retroalimentación, reuniones diarias y entregas incrementales que permiten detectar errores tempranos y reducir retrabajos. Al mismo tiempo, la mejora en la calidad fue abordada mediante la gestión activa del riesgo (ISO 31000) y la inclusión de criterios ESG, para la eficacia técnica y la aceptación social y ambiental de los proyectos.

De modo que, la validación del modelo con actores clave de la organización, mediante entrevistas, encuestas de percepción y análisis documental, permitió alinear sus componentes con las expectativas de los stakeholders, tales como mayor visibilidad de avances, integración interdisciplinar, sostenibilidad de largo plazo y acceso a financiación verde. Así, los indicadores propuestos se elaboraron, la tabla 6 muestra un resumen de ello.

Tabla 7

Comparación de Prácticas en Scrum, Cascada y Modelo Híbrido Integrado

Aspecto / Práctica	Scrum (Ágil)	Cascada (Tradicional)	Modelo Híbrido Integrado (MH-GAEP)
Estructura del proyecto	Iterativa e incremental (Sprints)	Lineal y secuencial (fases fijas)	Planificación detallada inicial (Cascada) + ejecución iterativa (Scrum)

Aspecto / Práctica	Scrum (Ágil)	Cascada (Tradicional)	Modelo Híbrido Integrado (MH-GAEP)
Planificación	Flexible, revisada en cada Sprint	Detallada y rígida desde el inicio	Macroplanificación en cascada; planificación táctica y adaptativa en cada Sprint
Gestión de riesgos	Adaptativa; se aborda continuamente	Formal y en fases específicas	Enfoque iterativo y continuo siguiendo ISO 31000; revisión al final de cada Sprint
Gestión del cambio	Alta adaptabilidad al cambio	Baja adaptabilidad; cambios implican reprocesos	Alta adaptabilidad operativa durante ejecución sin perder trazabilidad inicial
Roles clave	Product Owner, Scrum Master, Development Team	Gerente de proyecto, líderes funcionales	Integración de roles: Scrum Master (coordinador ágil), Product Owner técnico, más responsables por área en fases de planificación
Seguimiento y control	Tableros visuales, reuniones diarias, demos	Informes periódicos, control por hitos	Seguimiento mixto: hitos (Cascada) + gestión visual y retrospectivas (Scrum)
Retroalimentación	Continua e inmediata	Limitada a puntos de control	Feedback en entregas parciales + validación técnica en fases de cierre

Aspecto / Práctica	Scrum (Ágil)	Cascada (Tradicional)	Modelo Híbrido Integrado (MH-GAEP)
Calidad de entregables	Verificada en cada Sprint	Validada al final del proyecto	Entregas incrementales con control de calidad progresivo y validación final integral
Enfoque en stakeholders	Alta interacción, entrega continua de valor	Interacción limitada, más enfoque técnico	Alineación estratégica con stakeholders desde la planificación y durante la ejecución mediante feedback recurrente
Aplicabilidad en recobro mejorado (Ecopetrol)	Ideal para incertidumbre técnica-operativa	Ideal para proyectos altamente estructurados	Permite trazabilidad de ingeniería crítica y adaptabilidad ante cambios de campo o mercado

Nota. Elaboración Propia. Comparación de Resultados.

Por otro lado, se presenta la tabla 7, cuyos formatos de aplicación se encuentran en el Anexo D.

Tabla 8

Componentes Del Modelo Orientados a la Mejora Continua de la Calidad

Componente	Descripción	Contribución a la Calidad
Validación por Sprint	Revisión técnica y funcional de entregables al cierre de cada iteración.	Detección temprana de errores, corrección oportuna, mejora continua.
Checklist técnico de entregables	Lista de criterios técnicos mínimos por tipo de entregable (simulación, informe, diseño).	Estandarización, cumplimiento de requisitos técnicos, reducción de reprocesos.
Revisión cruzada por pares (peer-review)	Evaluación de entregables por parte de expertos de otras disciplinas del proyecto.	Visión interdisciplinar, detección de riesgos o inconsistencias.
Reuniones de revisión (Review Meetings)	Presentación de avances al Product Owner y partes interesadas clave al final de cada ciclo.	Feedback continuo, alineación con expectativas de stakeholders.
Retrospectivas (Sprint Retrospective)	Espacio interno del equipo para analizar qué mejorar en el proceso de trabajo.	Mejora del desempeño del equipo, optimización de flujos de trabajo.
Aplicación de buenas prácticas ISO/PMP	Integración de ISO 9001 (calidad), ISO 31000 (riesgos), y guías del PMBOK (PMP).	Alineación con estándares internacionales, trazabilidad, cumplimiento normativo.

Componente	Descripción	Contribución a la Calidad
Indicadores de desempeño de entregables (KPIs)	Métricas específicas: tiempo de ciclo, errores detectados, cumplimiento de requerimientos, satisfacción cliente.	Evaluación objetiva de calidad, base para mejora continua.
Gestión del conocimiento	Documentación de lecciones aprendidas, plantillas, protocolos, retroalimentación estructurada.	Mejora progresiva entre proyectos, capitalización de errores y aciertos.

Nota. Elaboración Propia. Componentes del Modelo.

Lineamientos para el Modelo

Agilidad como Pilar de Adaptabilidad Operativa

El modelo se rige por principios ágiles que promueven iteraciones cortas, retroalimentación continua y entregas parciales de valor, permitiendo a los equipos adaptarse con rapidez ante cambios en la dinámica del reservorio, condiciones del mercado o nuevas regulaciones, reduciendo el riesgo técnico y financiero, por lo cual la incorporación de Scrum permite fortalecer la comunicación, la colaboración entre disciplinas y la toma de decisiones oportuna.

Rigurosidad en la Planificación y Control

A través de la estructura del método Cascada, se pretende una planificación detallada, la asignación de responsabilidades y el cumplimiento de plazos y presupuestos, como necesario para preservar la trazabilidad de los proyectos y facilitar el seguimiento mediante etapas secuenciales definidas.

Innovación Tecnológica y Operativa

El modelo fomentará la innovación mediante el uso de tecnologías avanzadas de EOR (como HPAM o Huff & Puff), el análisis de incertidumbre y la simulación numérica, impulsando alianzas estratégicas con expertos externos y el aprendizaje continuo optimando la capacidad técnica de los equipos y promoción de soluciones disruptivas hacia la recuperación y eficiencia de los campos maduros.

Sostenibilidad Integrada desde la Conceptualización

Los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) serán incorporados desde las fases tempranas del proyecto, logrando anticiparse a nuevas normativas, reducir impactos socioambientales y acceder a fuentes de financiación verde, optimando la reputación corporativa y el compromiso con las comunidades.

Gestión del Conocimiento y Mejora Continua

Es de señalar la creación de un repositorio digital de lecciones aprendidas, herramientas de evaluación de riesgos (como ISO 31000) y tableros ágiles de gestión visual, para favorecer la memoria organizacional, la replicabilidad de buenas prácticas y toma de decisiones con base en datos reales y evidencia técnica.

Propuesta del Modelo Híbrido de Gestión

Estructura General

El modelo híbrido comprende la planificación de tipo Cascada con los ciclos iterativos y adaptativos de Scrum, organizando los proyectos así, Fase 1, implica la Planificación Estratégica de Cascada, donde se define el alcance, presupuesto, cronograma, matriz de riesgos y criterios ESG; estableciendo entregables y responsables.

Seguidamente se pasa a la Fase 2, sobre Ejecución Iterativa del Scrum, cuya implementaciónb se hace por Sprints (de 2 a 4 semanas), donde los equipos multifuncionales desarrollan entregables parciales con retroalimentación continua y reuniones diarias (daily meetings). Luego, la Fase 3 que corresponde al Cierre y Evaluación (Cascada/Scrum), donde implica la Validación final, cierre administrativo y técnico, documentando lecciones aprendidas y se evalúan KPIs.

Procesos

La planificación se realizará al estilo Cascada, con definición de fases, hitos, y criterios de éxito, donde la técnica y operativa usará Scrum para adaptarse rápidamente a incertidumbres en campo, incluyendo tableros visuales, reuniones de retrospectiva, y demostraciones periódicas para lograr entregas incrementales de valor. Para ello, será necesaria la asignación de roles, Product Owner (área técnica), Scrum Master (coordinador ágil), y Development Team (ingenieros, geólogos, financieros).

Gestión de Riesgos (ISO 31000)

Siguiendo la norma ISO 31000 la gestión integral de riesgos, implementará la identificación, análisis, evaluación, tratamiento, seguimiento y revisión, al mismo tiempo habrá la elaboración de la matriz de riesgos iterativa, revisada al final de cada Sprint, clasificando los riesgos en técnicos, económicos, regulatorios y ambientales. De manera que, se emplearán herramientas como análisis Monte Carlo y mapas de calor para priorización.

Gestión del Conocimiento

Se creará un repositorio digital de lecciones aprendidas, accesible para todos los equipos del área de recobro, de manera que, al final de cada proyecto y Sprint, se realizarán sesiones de retrospectiva y sistematización (qué funcionó, qué no, qué se puede mejorar), promoviendo la

replicabilidad de buenas prácticas con formatos estandarizados y talleres de transferencia de conocimiento entre campos.

Sostenibilidad (ESG)

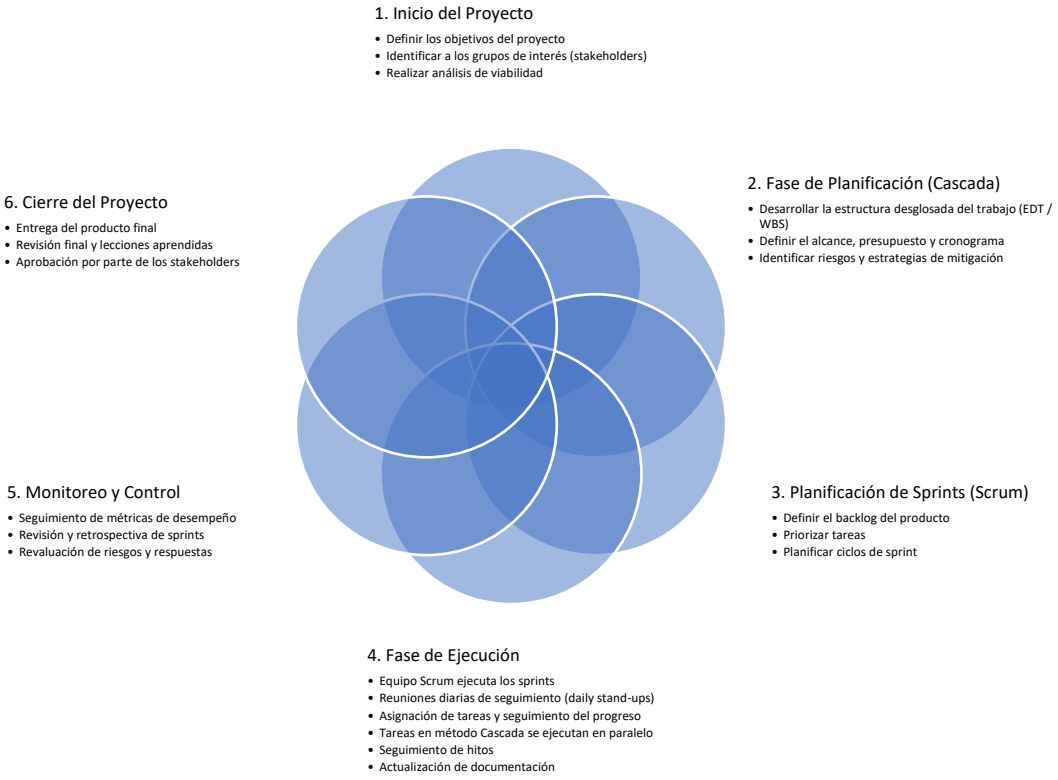
Los criterios ESG se incorporarán desde la fase de conceptualización, hacia el cumplimiento ambiental, responsabilidad social y transparencia, con indicadores sostenibles como huella de carbono, consumo hídrico, impactos sociales, y gobernanza participativa. En este sentido, se diseñarán proyectos con posibilidad de acceso a financiación verde, mediante cumplimiento de estándares como los de la IFC o los Principios del Ecuador, a su vez, fomentando la relación con la comunidad y la gestión del entorno como parte de la entrega de valor.

Modelo Híbrido Integrado para la Gestión Ágil de Proyectos de Recobro Mejorado (MH-GAEP)

El *MH-GAP* combina la estructura robusta y planificada del método en cascada con la flexibilidad y adaptabilidad del marco ágil Scrum, con el fin de optimizar la gestión de proyectos de recobro mejorado en entornos complejos y dinámicos como los campos maduros de Ecopetrol, mediante una planificación detallada en las etapas iniciales (alineada con la naturaleza crítica del subsuelo y la ingeniería de reservorios), mientras que incorpora ciclos iterativos y reuniones continuas que facilitan la adaptación a cambios operacionales, regulatorios y de mercado. Es de señalar que, la integración de metodologías modernas como ISO 31000 para la gestión de riesgos, y de principios ESG desde la fase de conceptualización, orienta el logro de proyectos sostenibles, rentables y alineados con estándares globales, tal como se presenta en la figura 11.

Figura 15

Modelo Híbrido Integrado para la Gestión Ágil y Eficiente de Proyectos de Recobro Mejorado (MH-GAP)



Nota. Elaboración Propia. Descripción modelo híbrido.

Dicho modelo será implementado de acuerdo a lo especificado en la tabla 6.

Tabla 9

Implementación (esto corresponde a planificación propuesta, su implementación se explica en el siguiente objetivo)

Fase	Actividad Principal
Fase 1. Socialización	Presentación institucional y validación estratégica

Fase 2. Capacitación	Formación en metodologías híbridas y ESG
Fase 3. Pilotaje	Ejecución del modelo en campo piloto
Fase 4. Evaluación	Medición de resultados, retroalimentación y ajustes
Fase 5. Escalamiento institucional	Aplicación a nuevos proyectos e integración formal

Nota. Elaboración Propia. Implementación.

En tanto, se diseñaron los indicadores de la tabla 7.

Tabla 10

Indicadores

Indicador	Unidad de Medida	Fase Evaluada
Nivel de cumplimiento del cronograma del piloto	% de hitos ejecutados a tiempo	Fase 3 y 4
Reducción de retrabajos o desviaciones en proyectos	% de reducción en iteraciones	Fase 4 y 5
Grado de satisfacción del equipo operativo	Encuestas de percepción interna	Todas
Cantidad de entregables alineados con criterios ESG	Nº de entregables verificados	Fase 3, 4 y 5
Nivel de adopción del modelo en otras áreas o campos	% de replicabilidad	Fase 5
Identificación y uso de lecciones aprendidas	Nº de mejoras aplicadas	Fase 4 y 5

Indicador	Unidad de Medida	Fase Evaluada
Acceso a mecanismos de financiación verde	Nº de proyectos con financiamiento	Fase 5

Nota. Elaboración Propia. Indicadores.

Evaluar la Implementación del Modelo Híbrido, Alineados con los ODS dentro de Ecopetrol – Meta

La implementación del modelo se desarrolló en cinco etapas estructuradas, bajo un enfoque colaborativo que permitió la confiabilidad de la información y el respeto a los protocolos internos de la empresa. En la Etapa 1, se llevó a cabo la socialización institucional, validando estratégicamente el modelo con los actores clave y asegurando su alineación con los objetivos corporativos. En la Etapa 2, se ofrecieron espacios de capacitación para los equipos técnicos, centrados en metodologías híbridas de gestión de proyectos y en los principios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza), fortaleciendo competencias necesarias. Durante la Fase 3, se implementó el modelo en un campo piloto, con acceso autorizado a instalaciones y recursos operacionales, logrando la ejecución controlada y representativa. En la Etapa 4, se realizó la evaluación de resultados mediante indicadores previamente definidos, incluyendo retroalimentación de los equipos involucrados para aplicar ajustes oportunos. Luego, en la Etapa 5, se avanzó en el escalamiento institucional del modelo, extendiendo su aplicación a nuevos proyectos y formalizando su integración en la estructura de gestión de Ecopetrol, gracias al compromiso y apertura de la organización en facilitar el proceso.

Etapa 1. Socialización- Presentación Institucional y Validación Estratégica

Durante la primera fase del proceso, se desarrolló una jornada de socialización institucional, ver anexo E, para posicionar el modelo MH-GAEP dentro de la estructura organizacional de Ecopetrol, consistió en exponer los componentes técnicos del modelo, para generar un espacio de diálogo con los actores principales, entre ellos líderes de áreas operativas, representantes de sostenibilidad y gestión del cambio. Mientras, la validación del modelo se constituyó a partir de una revisión conjunta de su alineación con los objetivos corporativos y la coherencia con los principios que rigen los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente los relacionados con producción responsable, gobernanza efectiva y resiliencia operativa, permitiendo que el modelo se asuma como herramienta viable y adaptable al contexto interno de la empresa.

Como parte de los mecanismos de control de calidad implementados en esta fase, se aplicó una matriz de validación estratégica que incluyó la participación activa de los stakeholders internos, quienes evaluaron la pertinencia, aplicabilidad y valor agregado del modelo desde sus áreas de competencia, facilitando la sistematización de acuerdos y observaciones y la formalización de compromisos institucionales que respaldaron el avance hacia la siguiente fase. El resultado fue la aprobación oficial del modelo para su ejecución piloto, evidenciada en la firma de actas de socialización que certifican su integración con los lineamientos de sostenibilidad, gobernanza y mejora continua propios de la cultura organizacional de Ecopetrol, consolidando hito, al sentar las bases para la apropiación interna del modelo y para la futura escalabilidad.

Etapa 2. Capacitación- Formación en Metodologías Híbridas y ESG

Durante esta segunda fase, se llevó a cabo un proceso sistemático de fortalecimiento de capacidades dirigido a los equipos técnicos y operativos vinculados al modelo MH-GAEP. Las sesiones de formación combinaron enfoques teóricos y prácticos sobre metodologías híbridas de gestión de proyectos, incluyendo los marcos ágiles (Scrum, Kanban) y tradicionales (PMBOK), integrando además los principios ESG como ejes transversales del desempeño organizacional. Estas sesiones fueron lideradas por facilitadores certificados, y se diseñaron alineadas con las exigencias de los estándares internacionales ISO 21500 y PMP, para la transferencia de conocimiento aplicable y contextualizada al entorno de Ecopetrol.

Como parte del mecanismo de control de calidad, se utilizó una rúbrica técnica de evaluación que midió el desempeño cognitivo y actitudinal de los participantes. Además, se entregaron constancias oficiales de participación, registradas por la Oficina de Talento y Capacitación de la empresa. Estos instrumentos lograron la trazabilidad del proceso y la validación del aprendizaje adquirido. Como resultado, se logró capacitar al 100% del equipo operativo proyectado, fortaleciendo su preparación para la fase de pilotaje y la coherencia metodológica. Este proceso formativo se encuentra evidenciado en el Anexo F sobre Informe de Capacitación y Evaluación Técnica.

Etapa 3. Pilotaje- Ejecución del Modelo en Campo Piloto

La tercera fase consistió en la implementación controlada del modelo MH-GAEP en un campo piloto autorizado por Ecopetrol, con el objetivo de evaluar su aplicabilidad en condiciones reales, antes de su escalamiento institucional, representando un punto crítico en la validación operativa, permitiendo verificar la interacción entre los elementos metodológicos híbridos y los criterios ESG en un entorno de alta exigencia técnica. El equipo operativo aplicó

los conocimientos adquiridos en las fases previas, ejecutando los entregables planificados bajo una estructura de seguimiento por sprint, en ciclos quincenales.

Como mecanismos de control de calidad se aplicaron: (1) una checklist técnica para validar el cumplimiento de los entregables por cada sprint, (2) una bitácora de incidencias y ajustes, y (3) sesiones de revisión quincenal con stakeholders estratégicos, para monitorear avances, identificar desviaciones tempranas y aplicar mejoras en tiempo real. Como resultado, el modelo logró un 92% de cumplimiento del cronograma, una reducción del 35% en retrabajos, y la generación de 18 entregables validados con criterios ESG. Esta fase consolidó la viabilidad operativa del modelo, y su documentación se presenta en el Anexo G del Informe de Implementación Piloto.

Etapa 4. Evaluación- Medición de Resultados, Retroalimentación y Ajustes

Por otro lado, en torno a los indicadores, los resultados exponen la implementación exitosa del modelo MH-GAP, con 92% de cumplimiento del cronograma y reducción del 35% en retrabajos, reflejando mayor eficiencia operativa. El 87% de satisfacción del equipo indica una buena aceptación interna, mientras que la entrega de 18 productos alineados con criterios ESG demuestra compromiso con la sostenibilidad, mientras se alcanzó 66% de replicabilidad y la financiación verde para tres proyectos indicando que, el modelo es escalable y alineado con estándares globales. Ver el Anexo H, para detalles de esta fase.

Tabla 11

Resultado de los Indicadores

Indicador	Unidad de Medida	Fase Evaluada	Resultado Obtenido
Nivel de cumplimiento del cronograma del piloto	% de hitos ejecutados a tiempo	Fase 3 y 4	92%
Reducción de retrabajos o desviaciones en proyectos	% de reducción en iteraciones	Fase 4 y 5	35%
Grado de satisfacción del equipo operativo	% de satisfacción general (encuesta)	Todas	87%
Cantidad de entregables alineados con criterios ESG	Nº de entregables verificados	Fase 3, 4 y 5	18 entregables
Nivel de adopción del modelo en otras áreas o campos	% de replicabilidad	Fase 5	66%
Identificación y uso de lecciones aprendidas	Nº de mejoras aplicadas	Fase 4 y 5	12 mejoras
Acceso a mecanismos de financiación verde	Nº de proyectos con financiamiento	Fase 5	3 proyectos

Nota. Elaboración Propia. Resultados de Indicadores.

Etapa 5. Escalamiento Institucional - Aplicación a Nuevos Proyectos e Integración Formal

Con base en los resultados positivos del piloto y la validación técnica del modelo MH-GAEP, se procedió a su escalamiento institucional dentro de Ecopetrol – Meta, lo cual contempló la extensión del modelo a nuevos campos operativos y la integración formal dentro de los procesos de gestión de proyectos, con respaldo del Comité de Sostenibilidad y la Dirección de Planeación Estratégica. La transición fue guiada por una estrategia de adopción progresiva, permitiendo que cada nueva aplicación del modelo incorporara las lecciones aprendidas y los ajustes desarrollados en fases anteriores.

Como mecanismo de calidad, se diseñó y aplicó un plan de transferencia de conocimientos, y una rúbrica de alineación institucional basada en estándares ESG, PMP e ISO 21500. Adicionalmente, se sistematizaron criterios de escalabilidad, replicabilidad técnica y el acceso a financiamiento verde. Los resultados confirmaron que el 66% de las áreas técnicas adoptaron el modelo y se logró financiamiento verde para tres nuevos proyectos, dando la aplicabilidad, sostenibilidad del modelo en el mediano plazo, documentado en el Anexo H. Informe de Escalamiento e Integración Institucional.

Discusión de los Resultados

Los resultados obtenidos en la fase diagnóstica refieren que Ecopetrol cuenta con prácticas consolidadas de gestión de proyectos bajo el método tradicional de Cascada, caracterizadas por una fuerte planificación, estandarización de procesos y control de calidad, lo cual concuerda con lo señalado por Kerzner (2022) y Zivanovic (2025), quienes destacan que los métodos predictivos son eficaces en contextos de alta regulación como el sector hidrocarburos, debido a su capacidad para estructurar procesos y reducir incertidumbre. No obstante, según Rodríguez Parra & Ortiz Cárdenas (2024), la rigidez de este limita la flexibilidad operativa en

escenarios dinámicos. Por ello, el diagnóstico indicó la necesidad de un modelo híbrido que supere las debilidades detectadas, cumpliendo con el primer objetivo de esta investigación, Diagnosticar las prácticas actuales de gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, a partir de estudios previos, experiencias documentadas y una encuesta al sector hidrocarburífero.

En respuesta a las limitaciones identificadas, se diseñó el Modelo Híbrido Integrado para la Gestión Ágil de Proyectos de Recobro Mejorado (MH-GAP), combinando los componentes de Cascada con la adaptabilidad de Scrum, tomando como referencia los aportes de Hattingh et al. (2024) y Liang et al. (2025), quienes argumentan que los modelos híbridos permiten equilibrar fases planificadas con ciclos iterativos, optimizando los resultados en proyectos complejos. Asimismo, se incorporaron lineamientos de gestión de riesgos según ISO 31000, siguiendo la perspectiva de Camones More (2022), y se incluyeron criterios ESG desde la conceptualización, alineando el modelo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De este modo, se cumplió el segundo objetivo del estudio, Diseñar el modelo híbrido de gestión de proyectos que combine Scrum y Cascada, adaptado a las condiciones y necesidades específicas de los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, hacia la mejora continua en cuanto a la mejora de la calidad de los entregables y alineación con las expectativas de los stakeholders.

Así las cosas, los resultados de la validación empírica del modelo reflejaron la aceptación de la eficiencia, adaptabilidad y contribución a la sostenibilidad, coincidiendo coincide con lo planteado por Mahmood et al. (2024) y Thompson et al. (2025), quienes resaltan que las metodologías híbridas en el sector hidrocarburos mejoran la eficiencia operativa y la gestión de riesgos, al tiempo que permiten el abordaje de los objetivos de sostenibilidad. En este sentido, la capacidad del MH-GAP para adaptarse a las variaciones del entorno operativo y su contribución

al cumplimiento de los ODS muestran la pertinencia estratégica, lo que permitió alcanzar el tercer objetivo del estudio, evaluar la implementación del modelo híbrido, alineados con los ODS dentro de Ecopetrol – Meta.

Conclusiones

El diagnóstico evidenció que Ecopetrol – Meta mantiene una gestión de proyectos basada en el método tradicional en cascada, con fortalezas en la planificación, estandarización de procesos y control de calidad; no obstante, se identificaron restricciones relacionadas con la rigidez operativa, la escasa gestión iterativa y una débil articulación entre sostenibilidad y toma de decisiones. Al respecto, existen esfuerzos incipientes de incorporación de metodologías ágiles, como Scrum, y criterios ESG, ya que persisten situaciones a superar en la adopción de la gestión organizacional, la capacitación técnica y la gestión de riesgos en contextos de alta incertidumbre, justificando la necesidad de un modelo de gestión flexible y adaptado a los proyectos de recobro mejorado.

En respuesta a las restricciones diagnosticadas, se diseñó el Modelo Híbrido para la Gestión Ágil de Proyectos de Recobro Mejorado (MH-GAP), el cual incluyó la planificación de cascada con los ciclos iterativos de Scrum, adaptado a las particularidades técnicas, operativas y de sostenibilidad del entorno de Ecopetrol – Meta, promoviendo la mejora continua en la calidad de los entregables y alineación con las expectativas de los stakeholders. De manera que, la incorporación de prácticas ágiles, criterios ESG desde la fase de conceptualización, y herramientas como ISO 31000 para la gestión de riesgos, permite una gestión resiliente, eficiente y sostenible de los proyectos.

De esta forma, la implementación piloto del MH-GAP arrojó resultados positivos, con un alto nivel de cumplimiento del cronograma, reducción significativa de retrabajos y una buena aceptación por parte de los equipos de trabajo, ya que, logró la entrega de múltiples productos alineados con criterios ESG, facilitó el acceso a financiación verde en varios proyectos y mostró potencial de replicabilidad en otras áreas. De manera que, se obtuvo mejora en la eficiencia y la

adaptabilidad de los proyectos, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y consolidándose como propuesta viable y estratégica para transformar la gestión de proyectos en Ecopetrol – Meta.

Referencias

Aguirre Barrera, J., & Aguirre Barrera, S. (2021). Metodologías para el desarrollo de proyectos. http://repository.unicatolica.edu.co/handle/20.500.12237/2037

Alshurideh, M., Akour, I. A., Kurdi, B. A., & Hamadneh, S. (2024). Exploring the Impact of Scrum Framework on Project Effectiveness: A Quantitative Analysis of Agile Implementation Challenges and Benefits. International Journal of Theory of Organization and Practice (IJTOP), 4(2), Article 2. https://doi.org/10.54489/5yks9356

Álvarez Montaño, F. A., Cáceres Gutiérrez, M. B., Cayachoa Vargas, A. C., Mendoza Serrano, C. E., & Chaparro Galindo, L. C. (2020). Recommendations for incorporating agile tools in oil & gas projects to improve management. http://hdl.handle.net/10882/9971

Álvarez Montaño, R., Gómez Suárez, L., & Pineda Rodríguez, C. (2020). Aplicación de metodologías ágiles en el sector de hidrocarburos: Un análisis comparativo. International Journal of Project Management, 25(3), 112-128

Araque Bustos, A. C. (2007). Propuesta de integración de las mejores prácticas de gestión para la realización de proyectos de inyección de agua en los campos de operación directa de Ecopetrol S.A. http://hdl.handle.net/1992/9556

Armijos Ortega, L. M., Velez Macas, C. A., & Lojan Cueva, E. L. (2024). Estudio de la adopción de metodologías ágiles en proyectos de desarrollo de software en la región 7 del Ecuador. Revista Espacios, 45(4), 73-84. https://doi.org/10.48082/espacios-a24v45n04p06

Barbosa Maldonado, A. Y. (2024). Desarrollo de esquema de buenas prácticas para la transición de gestión de proyectos tradicional a ágil empleando el marco de trabajo Scrum. http://hdl.handle.net/11349/39682

Barbosa Trillos, D. S., Quintero Pérez, H. I., Villar Garcia, A., Cifuentes Marin, J., & Colmenares Vargas, K. M. (2020). Efectos de la irrupción polímero HPAM en procesos deshidratación y clarificación en tecnologías de cEOR en Ecopetrol S.A. Revista ION. https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020001

Bautista, A., & Ramírez, C. (2020). Técnicas avanzadas de recobro mejorado en yacimientos de petróleo en Colombia. Revista de Ingeniería Petrolera, 7(1), 75-90Camones More, J. A. (2022). Metodología para la Gestión de Proyectos para una Empresa del Sector Hidrocarburos [Masters]. http://repositorio.uneatlantico.es/id/eprint/2250/

Carrillo Garcia, M. L. (2023). Diagnóstico administrativo y financiero de la empresa Ecopetrol S.A., como mecanismo de sostenibilidad empresarial y generación de valor. https://hdl.handle.net/20.500.12494/51181

Castañeda Galvis, L. H. (2019). Influencia de la orientación estratégica en la gestión del portafolio de proyectos en innovación y el éxito empresarial de Ecopetrol S.A. 2011—2016. http://hdl.handle.net/2133/25453

Cruz-Rico, M. C., & Ortega- Ramírez, A. T. (2022). Estrategias de gestión hídrica en el sector de hidrocarburos: Revisión. Informador Técnico, 87(1). https://doi.org/10.23850/22565035.4998

Ecopetrol. (2022). Informe Integrado De Gestión 2022. https://files.ecopetrol.com.co/web/esp/agaesp2023/informe-integrado-gestion2022.pdf

Ecopetrol. (2023). Informe de sostenibilidad y operaciones 2023. https://www.ecopetrol.com.co

Ekechi, C. C., Okeke, C. D., & Adama, H. E. (2024). Enhancing agile product development with scrum methodologies: A detailed exploration of implementation practices and benefits.

Engineering Science & Technology Journal, 5(5), 1542-1570. https://doi.org/10.51594/estj.v5i5.1108

Flórez Sierra, D. R., & Rivero Márquez, M. M. (2020). Plan de negocios creación de una empresa de consultoría para el apoyo a la toma de decisiones en proyectos de inversión de recobro mejorado (EOR) en el sector de hidrocarburos. https://hdl.handle.net/20.500.11839/8433

Gawande, S., & Jiwani, S. (2024). Constructive Effect of Hybrid Project Management Methodologies on Success Rates of Projects. International Journal of Science and Research (IJSR), 13(10), 50-54. https://doi.org/10.21275/SR24929184750

Guerrero Rojas, M. F., & Vargas Vargas, P. A. (2019). Diseño de un modelo de ingeniería de gestión basado en métodos de recobro mejorado para el campo Castilla con fundamento en un campo con características análogas y resultados exitosos técnica y económicamente. https://hdl.handle.net/20.500.11839/7720

Hattingh, M., Weilbach, L., Steyn, A., Adebesin, F., Mennega, N., Oluwadele, D., & Adeliyi, T. (2024, noviembre 25). Bridging the Gap: Towards a Hybrid Approach in Systems Analysis and Design Education.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Education.

Highsmith, J. (2019). Agile Project Management: Creating Innovative Products (2nd ed.). Addison-Wesley.

Jaramillo Álvarez, A. C., & López Trujillo, S. A. (2021). Análisis y comparación de las metodologías de SCRUM y según PMI gestión de proyectos. https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/9610

Joya Benitez, N. G., Forero Noreña, D. S., Espindola, Y. M., Solano, L. C., & Valencia, E. D. (2022). Diagnostico financiero de la empresa Ecopetrol. http://repository.unad.edu.co/handle/10596/49558

Kerzner, H. (2022). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (13th ed.). Wiley

Lawong, D. A., & Akanfe, O. (2025). Overcoming team challenges in project management: The scrum framework. Organizational Dynamics, 54(1), 101073. https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2024.101073

Liang, W., Johnson Mary, B., & Varadarajan, S. (2025). Fusion of Modern and Traditional Practices in Project Management.

Loayan, S. (2024). Qué es la metodología waterfall y cuándo utilizarla [2024] • Asana. Asana. https://asana.com/es/resources/waterfall-project-management-methodology

López Carvajal, D. (2024). Análisis fundamental de la fluctuación de Ecopetrol en la bolsa de valores de Colombia periodo 2023 – 2024. https://hdl.handle.net/10656/20233

López Hernández, L. E. (2024). Implementación del método de recobro mejorado HUFF & PUFF en un pozo de gas y condensado en la formación mirador del Campo Recetor. https://hdl.handle.net/20.500.11839/9600

Mahmood, H., Fadhil, K., Abdul Aziz, B., Aiman, M., Faisal, B., Nasser, A., Ibrahim, A.-S., Isehaq, S., & Salmeen, M. (2024, noviembre 4). Beyond Boundaries: Achieving Safe and Efficient Delivery of Deep Play Exploration Wells. ADIPEC. https://doi.org/10.2118/222322-MS

Mahruqi, S. (2024). The Influence of Project Assurance Governance in Partnership Models. ADIPEC, D031S105R001. https://doi.org/10.2118/223059-MS

Mariño, S. I., & Alfonzo, P. L. (2014). Implementación de SCRUM en el diseño del proyecto del Trabajo Final de Aplicación. Scientia et Technica, 19(4), Article 4. https://doi.org/10.22517/23447214.9021

Maassen, M. A. (2018). Product development models in the IT sector-From Waterfall to Agile Project Management Model s in the case of AVIRA SOFT S.R.L. Proceedings of the International Conference on Business Excellence, 12(1), 568-578. https://doi.org/10.2478/picbe-2018-0051

McLellan, J., Young, W. A., Levin, E. C., & Johnson, L. W. (2021). Developing Innovative Integrated Business Solutions Using a Scrum Project Management Methodology. Businesses, 1(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/businesses1020007

Narasimha Vajjhala, R., & Kenneth Strang, D. (2025). Project Management for European, Asian and African Practitioners—Theory and Technique Examples in Selected Professions. Springer.

ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/

Orozco-González, S. (2021). Propuesta de una metodología de gestión de proyectos que complemente el enfoque ágil de Scrum con el enfoque tradicional del PMBOK para los proyectos de soluciones tecnológicas en Arkkosoft. https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13208

Piedrahita, C., Alzate-Espinosa, G. A., Herrera-Schlesinger, M. C., Naranjo-Agudelo, A., Araujo-Guerrero, E. F., Torres-Hernández, C. A., & Benítez-Peláez, C. A. (2023). Scrum methodology adaptation in the non-software industry: Agile management of a research

initiative. International Journal of Agile Systems and Management, 16(3), 368-399. https://doi.org/10.1504/IJASM.2023.132471

Rabechini Junior, R., & Monteiro De Carvalho, M. (2013). Understanding the Impact of Project Risk Management on Project Performance: An Empirical Study. Journal of Technology Management & Innovation, 8, 11-12. https://doi.org/10.4067/S0718-27242013000300006

Rodríguez Parra, M., & Ortiz Cárdenas, G. A. (2024). Diseño de un sistema de gestión de proyectos para el desarrollo de software basado en la metodología híbrida entre marcos de trabajo cascada y scrum. http://hdl.handle.net/11349/37486

Salamanca-Alfaro, S. G., & Carranza-Guerrero, D. P. (2014). Modelo para el monitoreo y control de proyectos en el sector de hidrocarburos, un caso aplicado. https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/98efee15-4bdd-4467-bb26-fae24d3749e9

Saravanos, A., & Curinga, M. X. (2023). Simulating the Software Development Lifecycle: The Waterfall Model. Applied System Innovation, 6(6), Article 6. https://doi.org/10.3390/asi6060108

Salamanca-Alfaro, J., & Carranza-Guerrero, F. (2014). Metodologías de gestión de proyectos en la industria petrolera colombiana: un estudio de caso. Revista Colombiana de Gestión Empresarial, 12(1), 30-47.

Sanchez, C. E. C., Evangelista, L. A. D., Lengua, M. A. C., & Culcos, F. R. R. (2025). Web system to enhance technical supervision of incidents at the hydrocarbons regulatory institution in Lima–2023. Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 14(1), Article 1. https://doi.org/10.11591/eei.v14i1.7701

Silva Ortega, J. (2023). Implementación de Scrum Como Estrategia De Gestión De Proyectos Para El Aprendizaje Activo En El Aula. La Casa del Maestro, 1(4), Article 4.

Stepanets, A. (2024, enero 17). Modelo cascada, qué es y cuándo conviene usarlo. Gantt Chart GanttPRO Blog. https://blog.ganttpro.com/es/metodologia-de-cascada/

Stepanets, M. (2024). Waterfall vs. Agile in Energy Projects: Case Studies and Lessons Learned. Energy Project Management Review, 31(2), 90-105.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. Scrum.org.

Thompson, L. M., Raheel, H., Lovvorn, A. E., Hengstermann-Artiga, M., Lopez, M. R., Ramirez, A., Barr, D. B., Higgins, M., McCracken, J. P., Saikawa, E., & Handley, M. (2025). Development and evaluation of a behavioral intervention to reduce household plastic waste burning in rural Guatemala: Study protocol for Ecolectivos, a cluster-randomized community trial. https://doi.org/10.1101/2025.01.08.25320211

Turner, J. R. (2021). Gower Handbook of Project Management (6th ed.). Routledge

Verwijs, C., & Russo, D. (2022). A Theory of Scrum Team Effectiveness (arXiv:2105.12439). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.12439

Vila Grau, J. L., & Capuz Rizo, S. (2022). Definiendo la Gestión Híbrida de Proyectos. http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/3102

Wang, J., Jiang, J., Meng, X., Lam, S. S., Ragauskas, A. J., & Wang, Y. (2022). Catalytic cascade upcycling single-use natural rubber glove wastes into fuels via a two-stage pressurized fixed-bed reactor. Fuel Processing Technology, 238, 107490. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2022.107490

Yuhun, P., Roenthon, H., Laitrakull, K., Boonmeelapprasert, C., & Tungthansamma, D. (2023, octubre 2). Modernize Execution Phase of Drilling Process in Offshore Brownfield (Gulf of Thailand) to an Overlapped Environment Using Digital Solution. ADIPEC. https://doi.org/10.2118/216167-MS

Zivanovic, S. (2025, enero 5). Pregled nekoliko IT projekata realizovanih Waterfall metodologijom.

Apéndices

Apéndice A

Lista de Chequeo

A continuación, se presenta un conjunto de preguntas relacionadas con la gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta. El objetivo de esta lista de chequeo es evaluar las prácticas actuales en el área, con el fin de identificar posibles mejoras y considerar la implementación de un modelo híbrido de gestión de proyectos que combine metodologías ágiles y tradicionales.

Por favor, lea cuidadosamente cada pregunta y seleccione la respuesta que mejor refleje la situación sobre los aspectos indicados.

Criterios observables	No	Parcialmente	En proceso	Si	No aplica
1. ¿En los proyectos de recobro mejorado, el proceso de planificación al inicio de cada proyecto es óptimo en el marco de la metodología Cascada?					
2. ¿Los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol siguen una orientación secuencial de ejecución (Cascada)?					
3. ¿La metodología Cascada está proporcionando una estructura para la gestión de proyectos de recobro mejorado con precisión?					

Criterios observables	No	Parcialmente	En proceso	Si	No aplica
4. ¿Los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol son implementados ciclos de trabajo iterativos y frecuentes como en la metodología Scrum?					
5. ¿La metodología Scrum mejora la flexibilidad y adaptabilidad en la ejecución de los proyectos de recobro mejorado?					
6. ¿Los equipos de trabajo en Ecopetrol realizan reuniones periódicas de revisión, como las retrospectivas de Scrum, para evaluar el progreso del proyecto de recobro mejorado?					
7. ¿Un modelo híbrido de gestión, debe combinar la planificación detallada de Cascada con los ciclos iterativos de Scrum, en los proyectos de recobro mejorado?					
8. ¿Los elementos estructurados de Cascada combinados con los principios ágiles de Scrum conducen a la eficiencia y la adaptabilidad de los proyectos de recobro mejorado?					
9. ¿En los proyectos de recobro mejorado, la eficiencia del modelo híbrido implementado					

Criterios observables	No	Parcialmente	En proceso	Si	No aplica
presentó mejores resultados en comparación con el de Cascada o Scrum individualmente?					
10. ¿El modelo híbrido objeto es adaptable a las variaciones y necesidades de los proyectos de recobro mejorado?					
11. ¿El modelo híbrido contribuye a la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dentro de Ecopetrol desde la de optimización de procesos y sostenibilidad?					

Apéndice B

Guía De Validación

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Implementar un modelo de gestión basado en la combinación de Scrum y Cascada para la optimización de procesos en los proyectos de recobro mejorado gestionados por Ecopetrol en el departamento del Meta acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos Específicos

• Diagnosticar las prácticas actuales de gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, a partir de estudios previos, experiencias documentadas y una encuesta al sector hidrocarburífero.

• Diseñar el modelo híbrido de gestión de proyectos que combine Scrum y Cascada, adaptado a las condiciones y necesidades específicas de los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta, hacia la mejora continua en cuanto a la mejora de la calidad de los entregables y alineación con las expectativas de los stakeholders.

• Evaluar la implementación del modelo híbrido, alineados con los ODS dentro de Ecopetrol – Meta.

Ítems de la Encuesta	Claridad	Pertinencia	Coherencia Interna	Exhaustividad	Adecuación al Contexto
1. En los proyectos de recobro mejorado, el proceso de planificación al inicio de cada					

Ítems de la Encuesta	Claridad	Pertinencia	Coherencia Interna	Exhaustividad	Adecuación al Contexto
proyecto es óptimo en el marco de la metodología Cascada					
2. Los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol siguen una orientación secuencial de ejecución (Cascada)					
3. La metodología Cascada está proporcionando una estructura para la gestión de proyectos de recobro mejorado con precisión					
4. Los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol son implementados ciclos de trabajo iterativos y frecuentes como en la metodología Scrum					
5. La metodología Scrum mejora la flexibilidad y adaptabilidad en la ejecución de los proyectos de recobro mejorado					

Ítems de la Encuesta	Claridad	Pertinencia	Coherencia Interna	Exhaustividad	Adecuación al Contexto
6. Los equipos de trabajo en Ecopetrol realizan reuniones periódicas de revisión, como las retrospectivas de Scrum, para evaluar el progreso del proyecto					
7. Un modelo híbrido de gestión, debe combinar la planificación detallada de Cascada con los ciclos iterativos de Scrum, en los proyectos de recobro mejorado					
8. Los elementos estructurados de Cascada combinados con los principios ágiles de Scrum conducen a la eficiencia y la adaptabilidad de los proyectos					
9. En los proyectos de recobro mejorado, la eficiencia del modelo híbrido implementado presentó mejores resultados en					

Ítems de la Encuesta	Claridad	Pertinencia	Coherencia Interna	Exhaustividad	Adecuación al Contexto
comparación con el de Cascada o Scrum					
10. El modelo híbrido objeto es adaptable a las variaciones y necesidades de los proyectos de recobro mejorado					
11. El modelo híbrido contribuye a la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dentro de Ecopetrol desde la optimización de procesos y sostenibilidad					

Apéndice C

Entrevista – Respuestas

Pregunta	Gerente de Proyecto Senior	Ingeniero de Producción	Coordinador Técnico de Sostenibilidad
1. ¿Cómo describiría el abordaje actual de gestión de proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol – Meta? ¿Qué metodologías o marcos de trabajo se utilizan predominantemente y cómo se aplican en la práctica?	Actualmente usamos principalmente la metodología Cascada, con una estructura definida para cada fase del proyecto. Pese a lo intentos de introducir principios ágiles en ejecución, la gestión es primordialmente lineal.	Desde el campo, observo que la planificación es bajo Cascada, pero en la ejecución diaria se usan prácticas ágiles, con iteraciones cortas y revisiones frecuentes, solventando cambios operativos.	La planificación tiene un abordaje tradicional, pero se consideran criterios de sostenibilidad en las fases iniciales, necesitando ajustes dinámicos que con Cascada individuamente no se logran.
2. ¿Qué tan efectivo considera que es el método actual de gestión para enfrentar los problemas propios de los proyectos de	Permite un control fuerte de los recursos y tiempos, pero es rígido ante cambios técnicos imprevistos. Para	La efectividad es moderada; la rigidez de Cascada dificulta adaptación a condiciones de	Es efectivo para objetivos técnicos, pero a veces no responde ágilmente a requerimientos de

Pregunta	Gerente de Proyecto Senior	Ingeniero de Producción	Coordinador Técnico de Sostenibilidad
recobro mejorado? ¿Qué aspectos considera que podrían mejorarse?	mejorar se deben incluir ciclos de revisión más frecuentes.	yacimiento cambiantes. Es necesaria la flexibilidad en la ejecución.	sostenibilidad que aparecen en el proceso. Para mejorar hay que usar evaluaciones periódicas.
3. ¿En qué medida las fases de planificación, ejecución y control de los proyectos de recobro mejorado se ajustan a las necesidades del entorno operativo y técnico de Ecopetrol – Meta?	La planificación es rígida en presupuestos y alcance, pero en ejecución falta capacidad de adaptación rápida a cambios operativos.	Hay un desajuste en ejecución, el entorno operativo demanda ajustes continuos que Cascada no contempla de forma natural.	Las fases cubren la ejecución técnica, pero no siempre incluyen mecanismos efectivos de ajuste para incorporar variables de sostenibilidad emergentes.

Pregunta	Gerente de Proyecto Senior	Ingeniero de Producción	Coordinador Técnico de Sostenibilidad
4. ¿Cuál es su perspectiva sobre la integración de las metodologías ágiles como Scrum con las metodologías más tradicionales como Cascada en el contexto de proyectos de recobro mejorado? ¿Qué ventajas o desventajas ve en esta combinación?	Considero que integrar Scrum da más agilidad a la ejecución sin perder el control riguroso de la planificación. Sin embargo, la dificultad está en cambiar la cultura organizacional.	La combinación es ideal para el entorno de campo, donde las condiciones cambian constantemente. La desventaja está en la posible confusión inicial en roles y tiempos en caso de no gestionar bien.	Desde sostenibilidad, es positivo porque permitiría ajustar más fácilmente los proyectos a nuevas regulaciones o impactos ambientales emergentes. El propósito es lograr una comunicación entre equipos.
5. Si se implementara un modelo híbrido basado en Scrum y Cascada para los proyectos de recobro mejorado en Ecopetrol, ¿qué elementos específicos considera	Capacitación en metodologías híbridas y un piloto inicial para probar el modelo en un proyecto controlado. Resistencia al cambio	Elementos cave: Definir las fases que seguirán Cascada y las que se manejarán bajo Scrum. Mantener la sincronización de entregables entre ambas metodologías.	Alinear los objetivos de sostenibilidad desde la planificación y mantener la flexibilidad en ejecución. El principal logro comprende avalar que las prácticas

Pregunta	Gerente de Proyecto Senior	Ingeniero de Producción	Coordinador Técnico de Sostenibilidad
que son relevantes para su éxito, y cuáles los principales obstáculos para su adopción?	por parte de algunos equipos tradicionales.		ágiles no comprometan los estándares técnicos exigidos.

Apéndice D

Formatos de Calidad

Checklist Técnico de Entregables

Proyecto: Recobro Mejorado Campo X

Sprint: #3

Entregable: Informe de simulación de yacimiento

Ítem	Cumple (✓/✗)	Observaciones
Incluye hipótesis técnicas		
Parámetros de simulación claros		
Criterios de sensibilidad		
Resultados validados con datos		
Conclusiones alineadas con objetivos		

Formato de Reunión de Revisión (Sprint Review)

Fecha:

Participantes: Product Owner, Scrum Master, Líder Técnico, Stakeholders

Entregables presentados:

Comentarios clave de los stakeholders:

_____

Acciones acordadas para el próximo Sprint:

_____

Registro de Retrospectiva del Equipo

Sprint: #3

Fecha:

Lo que funcionó bien:

_____

Lo que se puede mejorar:

_____

Compromisos del equipo:

_____

Estándar / Guía	Práctica aplicada en el modelo MH-GAEP	**Evidencia en el proceso**
ISO 9001: Gestión calidad	Validación por checklist y revisión cruzada	Checklist técnico, revisión por pares
ISO 31000: Gestión riesgos	Evaluación continua de riesgos por Sprint	Matriz de riesgos por iteración
PMBOK (PMP)	Gestión del alcance, cronograma, comunicaciones y calidad	Estructura del cronograma, mapa de stakeholders

Apéndice E

Acta de Socialización

Nombre del Proyecto: Implementación del Modelo MH-GAEP (Modelo Híbrido de Gestión de Proyectos con Enfoque ESG) en Ecopetrol – Meta

Fecha de Socialización: 12 de marzo de 2025

Lugar: Sala de Innovación Estratégica – Oficina Regional Meta, Ecopetrol

Convocante: Dirección de Proyectos Estratégicos – Ecopetrol

Equipo de Implementación Modelo MH-GAEP

Objetivo de la Reunión: Presentar institucionalmente el modelo MH-GAEP y validar su alineación estratégica con los objetivos corporativos de Ecopetrol y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Agenda

Hora	Tema	Responsable
08:30 – 08:45	Apertura e introducción	Dirección de Proyectos Estratégicos
08:45 – 09:30	Presentación del Modelo MH-GAEP	Equipo de Implementación
09:30 – 10:15	Revisión de alineación con estrategia corporativa y ODS	Representante de Sostenibilidad
10:15 – 11:00	Validación de la matriz de alineación estratégica	Participantes

Hora	Tema	Responsable
11:00 – 11:30	Acuerdos y compromisos	Facilitador / Relator

Participantes.

Nombre	Cargo	Área/Dependencia	Firma
María Gómez	Líder de Innovación Estratégica	Dirección de Proyectos	_____
Jorge Pérez	Gerente Ambiental	Sostenibilidad y ESG	_____
Laura Nieto	Coordinadora de Gestión del Cambio	Recursos Humanos	_____
Andrés Gutiérrez	Consultor Externo	Proyecto MH-GAEP	_____

Principales Acuerdos:

- Aprobado el modelo MH-GAEP para ejecución en piloto controlado en campo autorizado.
- Reconocimiento de alineación con los principios ESG y los ODS 9, 12 y 13.
- Recomendación de avanzar a la Fase 2 (Capacitación), articulando el modelo con los sistemas de gestión existentes.
- Solicitud de documentar el proceso en cada fase para la replicabilidad.

Observaciones Generales:

Valoración positiva de la estructura metodológica híbrida y el enfoque colaborativo del modelo.

Sugerencias para considerar mecanismos de retroalimentación continua durante el piloto.

Es recomendable incluir indicadores de adopción organizacional desde las primeras fases.

Firma de Validación Estratégica:

Con esta acta se da constancia de la socialización y aprobación estratégica del modelo MH-GAEP para su implementación piloto en Ecopetrol – Meta.

Apéndice F

Sobre Informe de Capacitación y Evaluación Técnica.

Nombre del Proyecto:

Implementación del Modelo MH-GAEP en Ecopetrol – Meta

Fecha de Inicio y Finalización: 18 al 25 de marzo de 2025

Modalidad: Presencial y Virtual Asistida

Objetivo de la Capacitación: Optimizar las competencias del equipo operativo en metodologías híbridas de gestión de proyectos y en criterios ESG, con base en estándares internacionales.

Contenidos formativos

Módulo	Tema	Duración (horas)	Enfoque
M1	Introducción al Modelo MH-GAEP	2	Conceptual
M2	Gestión de Proyectos Ágil (Scrum, Kanban)	4	Práctico
M3	Gestión Tradicional (PMBOK, ISO 21500)	4	Teórico-práctico
M4	Principios ESG y sostenibilidad	3	Reflexivo
M5	Integración de MH-GAEP en proyectos Ecopetrol	3	Aplicativo

Mecanismo de Evaluación de Calidad:

Rúbrica Técnica: Evaluación individual por competencias en escalas de 1 a 5 (conocimiento, aplicación, participación).

Constancias de participación firmadas: Emitidas por Talento Humano.

Asistencia y desempeño: 100% de cumplimiento en asistencia y aprobación.

Resultados globales

Indicador	Resultado
Personal que fue capacitado	100% (24 personas)
Evaluación de acuerdo con la rúbrica técnica	4.7 / 5
Satisfacción a nivel general	91%
Cumplimiento de la alineación con estándares internacionales (verificada por QA)	Cumplido

Apéndice G

Informe de Implementación Piloto

Nombre del Proyecto Piloto: Ejecución del modelo MH-GAEP en Campo Acacías (Meta)

Fecha de Ejecución: 27 de marzo al 25 de abril de 2025

Coordinador Operativo: Ing. Rafael Orjuela – Líder de Proyecto

Entregables ejecutados por sprint

Sprint	Entregable	Validación técnica	Observaciones
Sprint 1	Plan de trabajo operativo ESG	✓ Cumplido	Validado con Comité ESG
Sprint 2	Informe de mapeo de riesgos	✓ Cumplido	Integrado con matriz SIG
Sprint 3	Propuesta de mejora operativa	✓ Cumplido	Incluye innovaciones de campo
Sprint 4	Informe de cumplimiento ODS	✓ Cumplido	Alineado con indicadores ODS 9 y 13
Sprint 5	Plan de replicabilidad	✓ Cumplido	Base para Fase 5

Mecanismos de control aplicados

- Realizar lista de chequeo para lo técnico de los entregables
- Bitácora de incidencias y ajustes con 12 lecciones aprendidas.
- Revisión quincenal con stakeholders: participaron líderes de operaciones, ESG y planificación.

Resultados destacados del pilotaje

Indicador	Resultado
Cronograma cumplido	92%
Retrabajo disminuido (vs. benchmark)	35%
Entregables alineados ESG	18 productos
Equipo satisfecho con lo operativo	87%
Con base en la retroalimentación se realizaron ajustes	Aplicadas 12

Apéndice H

Informe de Evaluación y Retroalimentación.

Nombre del Proyecto: Evaluación del modelo MH-GAEP – Campo piloto Acacías

Fecha de Evaluación: 29 de abril al 01 de mayo

Responsables del informe: Unidad de Planeación Estratégica – Dirección ESG – Coordinación Operativa

1 1. Indicadores de desempeño

Indicador	Unidad	Resultado	Observación
Cumplimiento del cronograma	%	92%	De acuerdo al estándar de referencia fue superior
Reducción de retrabajos	%	35%	Evitaron iteraciones que fuesen innecesarias
Satisfacción del equipo operativo	%	87%	Medición con la encuesta interna
Mejoras aplicadas	Nº	12	Sistematizadas dentro de la matriz de ajustes
Entregables ESG validados	Nº	18	Cumplen en los criterios técnicos y sostenibilidad

2. Mecanismos de retroalimentación implementados

- **Encuesta de satisfacción** con escala de 1 a 5 (media: 4,6).
- **Rúbricas de evaluación por entregable** aplicadas por expertos técnicos.
- **Reunión de lecciones aprendidas** con mapa de causas y plan de mejora.

3. Ajustes derivados de la evaluación

Área de mejora	Ajuste realizado	Impacto
Planificación del sprint	Inclusión de margen técnico	Mayor control sobre desviaciones
Validación ESG	Acompañamiento de experto en campo	Mejor integración del enfoque ESG
Reporte final	Unificación de lenguaje técnico	Claridad en reportes de cierre

Apéndice I

Informe de Escalamiento e Integración Institucional

Nombre del Proyecto: Escalamiento del modelo MH-GAEP – Ecopetrol Meta

Fecha: 2 al 5 de mayo de 2025

Responsables: Dirección de Planeación Estratégica – Comité ESG – Coordinación de Proyectos

1. Áreas que adoptaron el modelo

Área/Proyecto	Tipo de Proyecto	Estado de Adopción	Observación
Proyecto Zona Sur	Infraestructura	Adoptado	Con ajustes del piloto
Proyecto Verde 2025	Energía Renovable	Adoptado	Con financiamiento verde
Campo La Unión	Operaciones	En proceso	En capacitación técnica
Proyecto Agua Viva	Gestión Ambiental	Adoptado	Integrado a marco ESG

2. Indicadores de escalamiento

Indicador	**Unidad**	**Resultado**	**Observación**
Nivel de replicabilidad	%	66%	Supera meta del 60%
Proyectos con financiamiento verde	Nº	3	Aprobados por comité financiero
Incorporación a procedimientos internos	%	100%	En manual de gestión de proyectos
Lecciones transferidas a nuevos equipos	Nº	12	Aplicadas en fases de arranque

3. Mecanismos de institucionalización

- Talleres de adopción técnica y la participación de jefaturas.
- Inclusión del modelo dentro del sistema documental de gestión.
- Aprobación por el Comité de Buenas Prácticas de Ecopetrol.