

Propuesta de modelo ágil de gestión de proyectos basado en SCRUM para proyectos de monitoreo de gases en Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA

Silvia Juliana Hernández Roa

Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos

Director

John Alexander Cardozo Ramírez

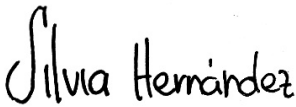
Magíster en Ingeniería

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Dirección de Ingenierías y Arquitectura

Maestría en Dirección y Gestión de proyectos

2026

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	Vº Bº POR:
 AUTOR <i>Silvia Juliana Hernandez Roa</i>	 Director <i>John Alexander Cardozo</i>	Comité de Trabajo de Grado

Dedicatoria

A mi madre, por ser mi guía incondicional, por estar siempre a mi lado en cada paso que doy y por ayudarme a cumplir cada uno de mis sueños con amor, paciencia y fortaleza. Y a mi padre, un hombre valiente, perseverante y luchador, que no se rinde ante las adversidades y me ha enseñado el valor del esfuerzo y la resiliencia. A ambos, los adoro con todo mi corazón. Este logro es tan suyo como mío.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA (SERMECOL) por brindarme su apoyo durante el desarrollo de este proyecto de grado. Su disposición para compartir su tiempo, experiencia y recursos fue fundamental para la realización de esta propuesta. Gracias también a todo el personal de la organización por su colaboración y por permitirme comprender, desde adentro, los retos reales de la gestión de proyectos en un entorno técnico e industrial tan exigente como el suyo.

Contenido

Propuesta de modelo ágil de gestión de proyectos basado en SCRUM para proyectos de monitoreo de gases en Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA.....	1
Introducción	13
1. Aspectos contextuales	15
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo general	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 Descripción institucional.....	19
2. Marco referencial	21
2.1 Marco teórico	21
2.2 Marco conceptual	22
2.2.1 Ciclo de vida de SCRUM.....	23
2.2.2 Uso de metodología ágil.....	24
2.2.3 Bases teóricas y conceptuales.....	25
2.4 Estado del arte	27
3. Equipo Scrum (Scrum Team)	28
3.1 Product Owner.....	29
3.2 Scrum Master	30
3.3 Development Team	31
4. Planeando el proyecto en SCRUM- <i>Product Planning</i>	32
4.1 Product Backlog.....	32

4.3 Definition of done	33
4.2 Estrategias de seguimiento y actualización del Backlog.....	35
5. Planeando el proyecto en SCRUM- <i>Sprint Planning</i> y <i>Daily Scrum</i>	36
5.1 Sprint Planning.....	37
5.2 Estructura del Sprint Backlog	37
5.3 Daily Scrum.....	38
6. Planeando el proyecto en SCRUM- Sprint Retrospective	39
6.1 Objetivo del Sprint Retrospective	39
6.2 Estrategia propuesta	40
6.3 Herramientas sugeridas	41
7. Resultados	41
7.1 Resultado objetivo 1. Analizar el estado actual de la gestión de proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón en SERMECOL.	41
7.2 Resultado objetivo 2. Identificar los elementos del marco SCRUM que podrían adaptarse al entorno operativo de SERMECOL.	42
7.3 Resultado objetivo 3. Diseñar una propuesta metodológica basada en SCRUM, ajustada al tipo de proyectos y estructura técnica de la organización.	43
8. Discusión.....	44
9. Conclusiones	45
Referencias.....	47

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Comparativo: Enfoque tradicional Vs. SCRUM</i>	25
Tabla 2. <i>Ejemplo product backlog</i>	33
Tabla 3. <i>Ejemplo DoD</i>	34
Tabla 4. <i>Ejemplo entregable Sprint</i>	37
Tabla 5. <i>Ejemplo Sprint Backlog</i>	38

Lista de figuras

Figura 1. <i>Árbol de problemas: Gestión de proyectos en SERMECOL.</i>	17
Figura 2. <i>Ciclo de vida SCRUM.</i>	23

Resumen

El presente trabajo surge a partir de la necesidad identificada en *Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA (SERMECOL)* relacionada con la ausencia de una metodología formal para la gestión de proyectos técnicos, especialmente aquellos vinculados al monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón. *Problema:* la falta de estructura ha generado dificultades en la planificación, baja visibilidad del estado de los proyectos, problemas de comunicación entre equipos y sobreasignación de recursos, afectando la eficiencia y la capacidad de adaptación frente a cambios. *Objetivo:* diseñar un modelo metodológico basado en SCRUM para proyectos de monitoreo de gases en SERMECOL, mediante el análisis de su gestión actual y la integración de enfoques ágiles, con el fin de entregar una herramienta estructurada y adaptable que pueda orientar futuras decisiones en la gestión de proyectos. *Método:* se realizó un estudio descriptivo con enfoque cualitativo, apoyado en la revisión documental, entrevistas semiestructuradas y análisis comparativo entre el estado actual de gestión de proyectos y los principios del marco SCRUM, lo que permitió contextualizar y adaptar las prácticas al entorno técnico y organizacional de la empresa. *Resultados:* como producto final se obtuvo un modelo metodológico estructurado y documentado, compuesto por roles, artefactos y eventos propuestos, diseñados específicamente para el contexto de proyectos de monitoreo de gases de SERMECOL, sin comprometer su implementación inmediata. *Discusión:* se concluye que la propuesta puede servir como base de referencia para futuros procesos de mejora y adopción de enfoques ágiles, aportando flexibilidad, visibilidad incremental y fortalecimiento de la colaboración entre áreas técnicas, sin imponer cambios abruptos en la estructura actual.

Palabras clave: gestión de proyectos, SCRUM, minería subterránea, monitoreo de gases, metodología ágil.

Abstract

This work arises from the need identified at *Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA (SERMECOL)* related to the lack of a formal methodology for managing technical projects, especially those related to gas monitoring in underground coal mines. *Problem:* The absence of a structured approach has led to difficulties in planning, low visibility of project status, communication problems among teams, and resource overallocation, affecting efficiency and the ability to adapt to changes. *Objective:* to design a methodological model based on SCRUM for gas monitoring projects at SERMECOL, through the analysis of its current project management practices and the integration of agile approaches, to provide a structured and adaptable tool that can guide future decisions in project management. *Method:* a descriptive study with a qualitative approach was carried out, supported by document review, semi-structured interviews, and a comparative analysis between the current project management practices and SCRUM principles, which allowed contextualization and adaptation to the technical and organizational environment of the company. *Results:* as a final product, a structured and documented methodological model was obtained, composed of proposed roles, artifacts, and events, specifically designed for the context of gas monitoring projects at SERMECOL, without committing to immediate implementation. *Discussion:* it is concluded that the proposed model can serve as a reference basis for future improvement processes and the adoption of agile approaches, providing flexibility, incremental visibility, and strengthening collaboration among technical areas, without imposing abrupt changes on the current structure.

Keywords: project management, SCRUM, underground mining, gas monitoring, agile methodology.

Glosario

Backlog (Product Backlog): lista priorizada de requisitos o funcionalidades necesarias para el proyecto, que pueden ser ajustadas y reorganizadas en función de las necesidades y prioridades del cliente o la organización.

Entregable: resultado tangible o intangible producido durante el desarrollo de un proyecto, que debe cumplir con criterios de aceptación definidos previamente.

Iteración: periodo corto y fijo dentro del marco ágil (en SCRUM llamado Sprint), durante el cual se desarrolla un conjunto de funcionalidades completas y revisables.

Metodología ágil: enfoque de gestión de proyectos caracterizado por su flexibilidad, capacidad de adaptación a cambios y orientación a la entrega incremental de valor (Project Management Institute [PMI], 2017).

Monitoreo de gases: proceso técnico de detección y medición continua de concentraciones de gases en ambientes industriales, especialmente en minas subterráneas, para prevenir riesgos de explosión o intoxicación.

SCRUM: marco de trabajo ágil utilizado para el desarrollo y gestión de proyectos complejos, basado en ciclos iterativos (Sprints), con roles, artefactos y eventos definidos para facilitar la colaboración y la entrega incremental.

SERMECOL: sigla utilizada para referirse a Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA, empresa colombiana dedicada a soluciones en automatización y seguridad industrial.

Sprint: Iteración fija en SCRUM, generalmente de 2 a 4 semanas, en la que se completa y revisa un conjunto específico de tareas y entregables.

Stakeholder: parte interesada en un proyecto, que puede influir o verse afectada por el desarrollo y los resultados del mismo (PMI, 2017).

Trazabilidad: capacidad para hacer seguimiento y verificar el avance de tareas, requerimientos y entregables a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Visibilidad: grado de transparencia que se tiene sobre el estado actual del proyecto, incluyendo avances, obstáculos y recursos utilizados.

Roles en SCRUM: funciones específicas definidas en el marco SCRUM, Scrum Master (facilitador), Product Owner (responsable del producto), y Development Team (equipo de desarrollo).

Artefactos en SCRUM: documentos o herramientas principales utilizados en SCRUM para dar soporte y transparencia al trabajo: Product Backlog, Sprint Backlog y Incremento.

Eventos en SCRUM: reuniones y momentos clave que estructuran el ciclo iterativo: Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review y Sprint Retrospective.

Introducción

Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA (SERMECOL) es una empresa especializada en la automatización de seguridad industrial para el sector minero-energético, especialmente en proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón. Estos proyectos requieren de precisión técnica, cumplimiento de normas y capacidad de adaptación a condiciones operativas exigentes. Sin embargo, en la actualidad, la empresa no cuenta con una metodología formal para la gestión de proyectos, este escenario limita la capacidad de la organización para responder de manera ágil y eficiente a los cambios y necesidades de sus clientes. A nivel global, las metodologías ágiles, especialmente SCRUM, han demostrado ser herramientas efectivas para mejorar la gestión de proyectos en contextos complejos y dinámicos, promoviendo entregas incrementales, visibilidad constante y flexibilidad ante cambios. Estudios previos en entornos industriales y tecnológicos (Schwaber y Sutherland, 2020; Serrador y Pinto, 2015) muestran que la implementación de modelos ágiles puede contribuir a fortalecer la colaboración entre equipos, aumentar la satisfacción del cliente y mejorar el control de los proyectos. Sin embargo, la aplicación de metodologías ágiles en entornos industriales altamente regulados, como el minero-energético, sigue siendo un área poco explorada, especialmente en Latinoamérica y en empresas medianas que no cuentan con prácticas formales estandarizadas. En el caso de SERMECOL, no se había desarrollado ni adoptado un marco metodológico adaptable que sirviera de guía o referencia para gestionar sus proyectos técnicos.

Este trabajo de grado tiene como propósito diseñar un modelo metodológico basado en SCRUM para los proyectos de monitoreo de gases en SERMECOL, partiendo del análisis de su gestión actual, caracterizada por la ausencia de una metodología formal. La propuesta busca entregar una herramienta estructurada y adaptable que pueda servir como referencia para futuras

decisiones estratégicas y para posibles procesos de mejora en la gestión de proyectos. El diseño de un modelo metodológico basado en SCRUM se fundamenta en la necesidad de proporcionar a SERMECOL una alternativa técnica y estructurada, sin comprometer su implementación inmediata.

La propuesta de este modelo metodológico puede tener un impacto significativo tanto en el ámbito técnico como en el organizacional. En el área técnica, servirá como base para establecer procesos más estructurados y visibles, favoreciendo la coordinación entre equipos y la gestión de recursos. Social y empresarialmente, el modelo beneficia directamente a los colaboradores de SERMECOL al brindarles claridad en roles, tareas y responsabilidades, además de ofrecer un marco que podría facilitar la mejora de la calidad de servicio para los clientes. Asimismo, la propuesta contribuye al cuerpo académico al explorar la aplicación de SCRUM en un entorno industrial altamente especializado y regulado, donde tradicionalmente se utilizan métodos predictivos.

Este documento está organizado en capítulos que abordan de forma secuencial cada componente esencial del estudio. El primer capítulo presenta el planteamiento del problema, la pregunta de investigación, los objetivos y la justificación detallada. El segundo capítulo desarrolla el marco teórico, abordando los conceptos fundamentales sobre SCRUM, metodologías ágiles y gestión de proyectos en el contexto minero-energético. El tercer capítulo describe la metodología utilizada, detallando el enfoque, las técnicas de recolección de información y el análisis realizado. El cuarto capítulo presenta el diseño del modelo propuesto, incluyendo su estructura, roles, artefactos y eventos adaptados. Finalmente, el documento concluye con las conclusiones, recomendaciones y posibles líneas futuras de investigación y validación.

1. Aspectos contextuales

En este primer capítulo se presenta el contexto general del proyecto, describiendo el problema identificado en SERMECOL, una empresa especializada en la automatización de seguridad industrial para el sector minero-energético. Se exponen el planteamiento del problema, los objetivos general y específicos, así como la justificación que respalda la propuesta. Finalmente, se incluye la descripción organizacional de SERMECOL, abordando su estructura, servicios y principales características operativas que motivan la necesidad de proponer un modelo metodológico basado en SCRUM para la gestión de proyectos de monitoreo de gases.

1.1 Planteamiento del problema

La gestión de proyectos ha evolucionado en las últimas décadas para adaptarse a entornos dinámicos, competitivos y altamente regulados. A nivel mundial, las organizaciones se enfrentan cada vez más a la necesidad de adoptar enfoques flexibles y colaborativos, capaces de responder de manera rápida y eficiente a los cambios en los requisitos y expectativas del cliente (PMI, 2017). En este contexto, las metodologías ágiles, y en particular SCRUM, se han consolidado como herramientas eficaces en sectores tecnológicos y de desarrollo de software, y comienzan a explorarse en ámbitos industriales y productivos (Serrador y Pinto, 2015).

En el sector minero-energético, la implementación de proyectos se caracteriza por una alta exigencia técnica, estrictos estándares de seguridad y cumplimiento normativo, así como la necesidad de asegurar precisión y confiabilidad en cada entrega. Sin embargo, la mayoría de las empresas de este sector siguen utilizando enfoques tradicionales, lineales o sin metodología formal, lo que puede limitar la capacidad de respuesta ante cambios y reducir la visibilidad y control sobre los procesos (Sánchez, 2019).

SERMECOL, empresa especializada en soluciones de automatización para seguridad industrial, se dedica principalmente a la ejecución de proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón. Estas iniciativas son fundamentales para garantizar la seguridad de los trabajadores y el cumplimiento normativo, pero enfrentan desafíos importantes debido a la ausencia de una metodología formal que guíe su planificación, seguimiento y control. Actualmente, los proyectos se gestionan de manera empírica, sin un marco estructurado que permita priorizar tareas, asignar recursos de forma balanceada, mantener trazabilidad de avances y gestionar cambios de forma controlada. El planteamiento del problema surge de una delimitación de la necesidad, ausencia o dificultad que exista en una organización, empresa, sector social, colectivo, entre otros; que logre delimitar de forma precisa y bien argumentada.

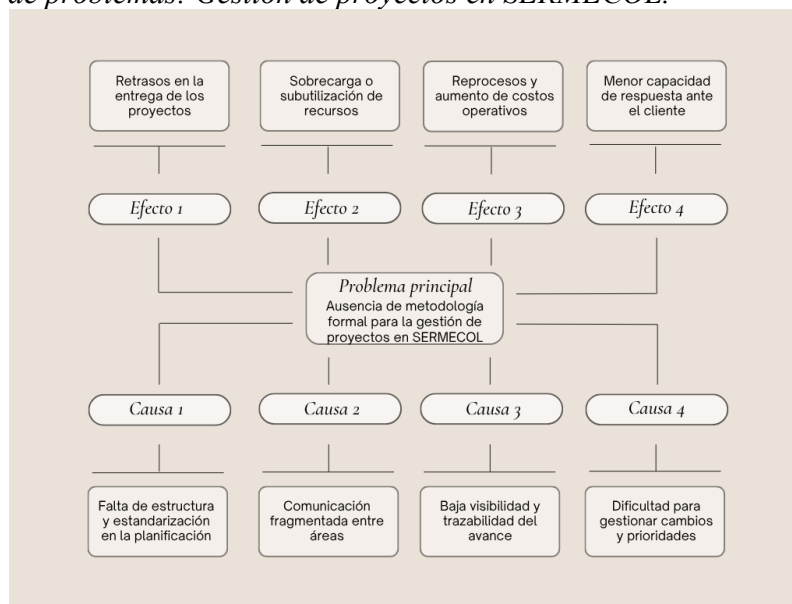
Esta carencia metodológica ha derivado en problemas concretos: retrasos en la entrega de proyectos, dificultad para adaptarse a cambios en los requerimientos, sobrecarga de trabajo en determinados equipos y baja visibilidad para la toma de decisiones estratégicas. Además, la comunicación fragmentada entre los diferentes actores técnicos y administrativos agrava la situación, generando reprocesos y falta de claridad sobre el estado real de los proyectos.

En la literatura revisada, se observa que la aplicación de metodologías ágiles en sectores industriales sigue siendo limitada y poco documentada, especialmente en Latinoamérica. La mayoría de los estudios se concentran en el ámbito tecnológico y de software (VersionOne, 2019), dejando un vacío de conocimiento sobre la adaptabilidad de estas metodologías en proyectos industriales críticos, como los que realiza SERMECOL. Esto representa una oportunidad para aportar nuevos conocimientos y proponer aplicaciones metodológicas no contempladas anteriormente, abriendo la posibilidad de explorar enfoques más flexibles en un entorno tradicionalmente rígido.

En este sentido, diseñar un modelo metodológico basado en SCRUM para SERMECOL no implica su implementación inmediata, sino que busca ofrecer una herramienta estructurada y adaptable que sirva como referencia para futuros procesos de mejora. Este modelo permitiría identificar prácticas potencialmente aplicables, clarificar roles y responsabilidades, y establecer mecanismos de entrega incremental y retroalimentación continua, aspectos que podrían fortalecer la capacidad organizativa en el mediano y largo plazo.

Con esta propuesta, se pretende contribuir tanto al ámbito práctico, brindando una herramienta que puede ser considerada por la empresa, como al campo académico, ampliando el conocimiento sobre la aplicación de metodologías ágiles en entornos industriales complejos.⁷

Figura 1. *Árbol de problemas: Gestión de proyectos en SERMECOL.*



- *Pregunta de investigación:* ¿cómo podría contribuir un modelo metodológico basado en SCRUM a fortalecer la gestión de proyectos de monitoreo de gases en Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA, en un contexto donde actualmente no se aplica una metodología formal?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta metodológica basada en SCRUM para proyectos de monitoreo de gases en SERMECOL, mediante el análisis de su gestión actual de proyectos y la integración de prácticas ágiles, con el fin de proporcionar una herramienta estructurada y adaptable que sirva como una posible mejora en las futuras decisiones en la gestión de proyectos.

1.2.2 Objetivos específicos

Diagnosticar el estado actual de la gestión de proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón en SERMECOL, mediante la revisión documental, entrevistas y análisis de procesos internos, con el fin de que se identifique las debilidades, prácticas informales y vacíos metodológicos existentes.

Seleccionar los elementos del marco SCRUM que podrían adaptarse al entorno operativo de SERMECOL, a través del análisis comparativo entre los principios de SCRUM y las condiciones técnicas y organizativas de la empresa, con el propósito de que se determine cuáles prácticas podrían integrarse en un modelo aplicable al contexto de la organización.

Estructurar un modelo metodológico basado en SCRUM, ajustado a las características de los proyectos de monitoreo de gases en SERMECOL, empleando los insumos obtenidos en el diagnóstico y la selección previa, con el fin de proporcionar una herramienta de referencia práctica y adaptable para una eventual implementación futura.

1.3 Descripción institucional

Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA (SERMECOL) es una empresa colombiana fundada en 2009, dedicada a brindar soluciones avanzadas en automatización industrial, seguridad industrial, energía renovable, tecnologías de comunicación y detección de gas y fuego. Desde sus inicios, la empresa se ha caracterizado por desarrollar tecnologías de vanguardia y ofrecer servicios de alta calidad orientados a proteger vidas y propiedades, mientras impulsa la eficiencia y seguridad en procesos industriales.

Misión: en nuestra empresa, nos dedicamos a proporcionar soluciones avanzadas en automatización industrial, seguridad industrial, energía renovable, tecnologías de comunicación y detección de gas y fuego para proteger vidas y propiedades. Desde nuestro inicio en 2009, nos hemos comprometido a desarrollar tecnologías de vanguardia y ofrecer servicios de alta calidad que ayuden a prevenir y mitigar los riesgos, mientras impulsamos la eficiencia y la seguridad en los procesos industriales. Nos comprometemos a proporcionar servicios y productos de la más alta calidad, adaptándonos meticulosamente a las necesidades específicas de cada cliente. A través de nuestra experiencia y conocimiento especializado, no solo buscamos satisfacer, sino superar las expectativas del mercado, contribuyendo al desarrollo sostenible de la industria. (Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA, s.f.)

Visión: en el año 2030, Servicio Mecatrónico de Colombia Ltda se consolidará como un referente líder en el campo de la ingeniería mecatrónica a nivel nacional e internacional. Nos destacamos como una empresa de renombre, reconocida por ofrecer soluciones innovadoras y especializadas en automatización industrial, seguridad industrial, energía renovable y tecnologías de comunicación. Nuestra visión es ser el motor del progreso y la eficiencia en diversos sectores industriales, proporcionando servicios y productos de la más alta calidad y confiabilidad. Nos

comprometemos a mantenernos a la vanguardia, siendo pioneros en la implementación de nuevas tecnologías, como la detección de gases en proyectos industriales y mineros, el desarrollo de sistemas de energía renovable, y la implementación de sistemas de comunicación alámbricos, inalámbricos, seguros y eficaces en entornos subterráneos y áreas clasificadas. (Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA, s.f.)

Estructura organizacional: SERMECOL cuenta con un equipo técnico especializado compuesto por aproximadamente 15 colaboradores, incluyendo ingenieros, técnicos y personal administrativo. La estructura organizativa se caracteriza por su flexibilidad y orientación a proyectos, lo que le permite adaptarse a los diversos requerimientos de cada cliente y a la dinámica cambiante del sector minero-energético. Las áreas principales incluyen ingeniería y proyectos, mantenimiento y soporte técnico, ventas y atención al cliente, y administración y finanzas. (Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA, s.f.)

Principales servicios y productos: En cuanto a productos, la empresa se destaca en la venta de detectores de gases fijos y portátiles, instrumentación a prueba de explosión (como luminarias, bocinas y teléfonos), y equipos eléctricos para áreas clasificadas. Dentro de sus servicios, ofrece soluciones integrales para la automatización y seguridad industrial, abarcando el diseño, programación e implementación de proyectos de automatización, provisión de sistemas avanzados de seguridad industrial, asesorías y capacitaciones, mantenimiento y soporte técnico especializado. También incluye detección portátil y nuevas tecnologías, y sistemas de comunicación inalámbricos para áreas clasificadas y entornos subterráneos. (Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA, s.f.)

Ubicación y alcance: La sede principal de SERMECOL se encuentra en la ciudad de Bogotá, desde donde opera a nivel nacional, con especial presencia en diferentes regiones mineras

del país. Su alcance operativo y la diversidad de clientes consolidan a la empresa como un actor relevante en la industria de la automatización y la seguridad industrial en Colombia.

Con este perfil organizacional, SERMECOL enfrenta el reto de gestionar múltiples proyectos críticos de manera simultánea, lo que resalta la importancia de contar con herramientas metodológicas estructuradas que le permitan fortalecer su capacidad técnica y operativa. (Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA, s.f.)

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

La presente investigación surge de una necesidad concreta en Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA (SERMECOL), una empresa del sector minero-energético que actualmente no cuenta con una metodología formal para gestionar sus proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón. En este contexto, se realizó una revisión de literatura con el propósito de identificar investigaciones recientes (últimos cinco años) relacionadas con el uso de metodologías ágiles, en particular SCRUM, aplicadas a entornos industriales y altamente regulados.

La búsqueda bibliográfica se enfocó en bases de datos académicas como Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore y Google Scholar, considerando publicaciones entre 2018 y 2023. Las palabras clave utilizadas incluyeron: “SCRUM”, “metodologías ágiles”, “gestión de proyectos industriales”, “SCRUM en minería”, “automatización industrial”, y “monitoreo de gases”.

Uno de los hallazgos más relevantes de la revisión es la escasez de estudios aplicados específicamente a la minería subterránea de carbón, y en particular a proyectos técnicos como los de monitoreo de gases. Esta brecha es especialmente crítica en el caso colombiano, donde existen

múltiples desafíos operativos, normativos y logísticos que dificultan la estandarización de metodologías de gestión. Aunque se reconoce un crecimiento progresivo en la adopción de prácticas ágiles en sectores industriales, su implementación en empresas medianas con procesos técnicos complejos, como SERMECOL, sigue siendo limitada.

Este vacío justifica la importancia del presente trabajo de grado, al proponer un modelo metodológico basado en SCRUM contextualizado a la operación real de SERMECOL. La propuesta busca entregar una herramienta útil, adaptable y técnicamente viable, capaz de responder a las necesidades de flexibilidad, cumplimiento normativo y visibilidad en proyectos de alta exigencia técnica.

2.2 Marco conceptual

El concepto de metodología ágil hace referencia a un conjunto de principios y prácticas destinadas a mejorar la capacidad de respuesta de los equipos de trabajo, favoreciendo la entrega temprana y continua de valor (Project Management Institute [PMI], 2017). Dentro de este marco, SCRUM se define como un marco de trabajo ágil ligero y adaptable, diseñado para maximizar el valor entregado mediante ciclos cortos y repetitivos. Este marco se apoya en tres pilares fundamentales: transparencia, inspección y adaptación (Schwaber y Sutherland, 2020).

Los Sprints son iteraciones breves, generalmente de dos a cuatro semanas, en las que se completa un incremento potencialmente entregable. Los artefactos principales en SCRUM incluyen el Product Backlog, el Sprint Backlog y el Incremento; los eventos clave comprenden la planificación del sprint (Sprint Planning), las reuniones diarias (Daily Scrum), la revisión del sprint (Sprint Review) y la retrospectiva del sprint (Sprint Retrospective).

Por otro lado, el monitoreo de gases en minas subterráneas consiste en la detección y medición continua de gases peligrosos para prevenir explosiones o intoxicaciones. Este proceso exige alta confiabilidad técnica, sistemas avanzados de detección y un riguroso cumplimiento de estándares internacionales de seguridad (International Labour Organization [OIT], 2021).

2.2.1 Ciclo de vida de SCRUM

A continuación, se presenta el esquema general del ciclo de vida de SCRUM, el cual describe las principales fases, eventos y artefactos que conforman este marco de trabajo ágil. Este esquema permite visualizar de manera resumida cómo se organizan las actividades y cómo interactúan los elementos clave, destacando el rol central del Scrum Team como responsable de planificar, ejecutar y revisar cada iteración (Sprint).

Figura 2. Ciclo de vida SCRUM.



2.2.2 Uso de metodología ágil

La elección de una metodología ágil, en particular SCRUM, como base para la propuesta de solución al problema identificado en SERMECOL se fundamenta en la necesidad de brindar un marco estructurado, flexible y adaptable para la gestión de proyectos técnicos en entornos dinámicos y altamente regulados.

El problema central en SERMECOL radica en la ausencia de una metodología formal que permita planificar, coordinar y monitorear proyectos de monitoreo de gases de manera eficiente. La naturaleza de estos proyectos implica constantes cambios en los requisitos, ajustes técnicos inesperados y una alta dependencia de la coordinación entre distintas áreas y perfiles técnicos. Frente a este contexto, los enfoques tradicionales de gestión, lineales y rígidos, no resultan adecuados, ya que limitan la capacidad de respuesta y dificultan la integración de cambios sin afectar plazos ni calidad.

Las metodologías ágiles, y en particular SCRUM, se fundamentan en valores como la adaptación, la colaboración, la entrega temprana de valor y la transparencia (Schwaber y Sutherland, 2020). Este marco promueve ciclos cortos e iterativos (sprints), donde se revisan y ajustan las prioridades de manera continua, alineando el trabajo del equipo con las necesidades del cliente y los objetivos estratégicos.

SCRUM también fomenta la autoorganización y la participación del equipo (Scrum Team), lo que resulta especialmente relevante para SERMECOL, donde el conocimiento especializado y la experiencia técnica son determinantes para el éxito de cada proyecto. Además, la metodología contribuye a mejorar la visibilidad y la trazabilidad, elementos identificados como limitaciones críticas en el análisis del estado actual de la empresa.

La selección de SCRUM sobre otras metodologías ágiles, como Kanban o XP (Extreme Programming), se justifica en su estructura formal y en la claridad de sus roles, artefactos y eventos definidos, los cuales se alinean con la necesidad de ofrecer una propuesta metodológica comprensible, documentada y adaptable a proyectos industriales.

De esta manera, SCRUM se articula como una opción coherente y viable para SERMECOL, ofreciendo un modelo que no compromete su adopción inmediata, pero que sienta las bases para fortalecer la gestión de proyectos en un entorno técnico y regulado, con potencial de ser una herramienta de referencia para futuras decisiones estratégicas.

Tabla 1. *Comparativo: Enfoque tradicional Vs. SCRUM*

Enfoque tradicional	SCRUM
Planificación rígida y lineal	Iteraciones cortas y flexibles (Sprint)
Difícil adaptación a cambios	Alta capacidad de adaptación a cambios
Visibilidad limitada del avance	Transparencia y visibilidad constante
Menor participación del equipo	Fomenta la autoorganización y colaboración
Entrega final única	Entrega incremental y continua

2.2.3 Bases teóricas y conceptuales

Las bases teóricas y conceptuales de este trabajo se fundamentan en la gestión de proyectos, el agilismo y el marco SCRUM, articulados al contexto de los proyectos de monitoreo de gases en ambientes industriales complejos como el minero-energético.

Gestión de proyectos: la gestión de proyectos se define como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para ejecutar actividades que permitan cumplir con los requisitos de un proyecto (PMI, 2017). Tradicionalmente, esta disciplina se ha abordado con metodologías predictivas y lineales (enfoque en cascada), adecuadas para proyectos con requisitos fijos y entornos estables. Sin embargo, en contextos donde los requerimientos son

cambiantes o se exige mayor flexibilidad, este enfoque presenta limitaciones, tales como baja capacidad de adaptación y visibilidad reducida del avance (Kerzner, 2018).

El concepto de metodologías ágiles surge como respuesta a la rigidez de los enfoques tradicionales, promoviendo valores como la flexibilidad, la entrega temprana de valor, la colaboración constante y la adaptabilidad ante cambios (Beck et al., 2001). Las metodologías ágiles están diseñadas para permitir ajustes continuos, integrando retroalimentación frecuente y mejorando la capacidad de respuesta de los equipos ante nuevas necesidades.

SCRUM es uno de los marcos de trabajo ágiles más utilizados a nivel mundial. Se basa en ciclos breves denominados Sprints, durante los cuales se desarrolla un incremento funcional del producto o proyecto (Schwaber y Sutherland, 2020). SCRUM promueve la autoorganización del equipo (Scrum Team), la transparencia, la inspección y la adaptación como pilares fundamentales. Los artefactos clave incluyen el Product Backlog, el Sprint Backlog y el Incremento, mientras que los eventos principales son el Sprint Planning, el Daily Scrum, el Sprint Review y el Sprint Retrospective. Este marco no solo busca entregar resultados más rápidamente, sino también fomentar la colaboración activa entre los miembros del equipo y los stakeholders, elevando la visibilidad y la calidad del producto final.

El monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón constituye una actividad crítica para la seguridad de los trabajadores y la continuidad operacional. Este proceso exige equipos de detección confiables, sistemas de alerta temprana y una gestión técnica rigurosa (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2021). En Colombia, el Decreto 1886 de 2015 establece el Reglamento de Seguridad en Labores Subterráneas de Minería, que define lineamientos para sistemas de ventilación, detección de gases y equipos de monitoreo.

En el caso de SERMECOL, el desafío radica en la ausencia de una metodología formal que permita coordinar estos proyectos de monitoreo de gases de forma estructurada y flexible. La base teórica del agilismo y del marco SCRUM proporciona un soporte conceptual para diseñar una propuesta metodológica que se adapte al entorno técnico, operativo y normativo de la empresa. Este enfoque permitirá considerar entregas incrementales, revisiones continuas y mejora progresiva de aspectos fundamentales en un contexto de alta exigencia y variabilidad como el sector minero-energético.

2.4 Estado del arte

El presente Estado del Arte tiene como propósito analizar el uso de metodologías ágiles, particularmente SCRUM, en contextos industriales y altamente regulados, con énfasis en su aplicabilidad a proyectos como los que desarrolla SERMECOL en el sector minero-energético. La revisión de literatura se enfocó en identificar estudios recientes (2018–2024) que abordaran los beneficios, desafíos y adaptaciones requeridas para implementar SCRUM fuera del ámbito del desarrollo de software, especialmente en industrias como la manufactura, automatización y minería técnica.

Uno de los hallazgos más significativos es la escasez de investigaciones que vinculen directamente metodologías ágiles con minería subterránea de carbón y, más aún, con proyectos técnicos como el monitoreo de gases. Si bien existen aportes relevantes en contextos industriales generales, se evidencia una necesidad urgente de adaptar estos modelos al entorno regulado, técnico y dinámico que caracteriza a empresas como SERMECOL.

Ndou, Ingrosso y Di Girolamo (2024), proponen un marco de transformación ágil centrado en el cambio cultural, estructural y de competencias, como base para la adopción de prácticas

ágiles en organizaciones tradicionales. Esta visión resulta particularmente útil para SERMECOL, dado que la implementación de SCRUM en la organización requerirá no solo ajustes metodológicos, sino también una transformación cultural progresiva.

Por su parte, Marnada et al. (2022), realizaron una revisión sistemática sobre los desafíos que enfrentan las organizaciones al manejar el alcance y los cambios bajo metodologías ágiles. Este estudio refuerza la necesidad de contar con mecanismos de priorización y refinamiento continuo del backlog, algo indispensable en proyectos de monitoreo de gases donde las condiciones de campo pueden variar con rapidez.

En la misma línea, Rahmah et al. (2024), analizan la efectividad de SCRUM en industrias manufactureras, concluyendo que, si bien se requiere una adaptación a los tiempos y entregables físicos, la metodología permite una mayor visibilidad, trazabilidad y colaboración en equipos multidisciplinarios. Estos beneficios son altamente extrapolables a SERMECOL, cuyos proyectos combinan diseño técnico, instalación en campo, cumplimiento normativo y coordinación interfuncional.

En resumen, aunque la literatura académica sobre SCRUM en minería subterránea es escasa, existen aportes teóricos y prácticos en entornos industriales análogos que sirven como base para el diseño de un modelo adaptado. El vacío existente refuerza la relevancia del presente trabajo, que busca diseñar una propuesta metodológica contextualizada, útil y viable para los proyectos críticos de monitoreo de gases en minas subterráneas que ejecuta SERMECOL.

3. Equipo Scrum (Scrum Team)

En el marco de la implementación metodológica basada en SCRUM propuesta en este trabajo, se contempla la estructuración de un equipo SCRUM multifuncional, adaptado a las necesidades operativas, técnicas y organizacionales de SERMECOL. Este equipo será responsable

de liderar y ejecutar las fases del proceso ágil, asegurando una coordinación efectiva, entrega incremental de valor y una comunicación constante entre los actores involucrados.

SCRUM plantea tres roles fundamentales: Product Owner, Scrum Master y Development Team, los cuales, junto con algunos roles de soporte identificados en la organización, conforman el equipo completo para la ejecución ágil de proyectos técnicos, en este caso, enfocados en monitoreo de gases.

3.1 Product Owner

En SERMECOL, el Product Owner es la figura responsable de representar las necesidades de los clientes mineros y de garantizar que el desarrollo del sistema de monitoreo de gases cumpla con los requerimientos técnicos, normativos y operativos del sector. Su principal función es maximizar el valor del proyecto para el cliente final y para la organización, priorizando los elementos del Product Backlog conforme a criterios de criticidad, normatividad minera y funcionalidad en campo.

Se propone un perfil de ingeniero senior del área de proyectos o automatización industrial con experiencia directa en la ejecución de proyectos de detección de gases en minas subterráneas. Debe conocer a fondo la Resolución 90309 de 2014 y el Decreto 1886 de 2015, además de comprender los desafíos logísticos y técnicos del trabajo en campo. Es fundamental que tenga habilidades de comunicación con clientes mineros, capacidad de toma de decisiones técnicas y conocimiento de normativas de seguridad subterránea. Tendrá las siguientes funciones principales: establecer la visión del sistema de monitoreo según cada cliente (mina) y adaptarla a las condiciones operativas del terreno, recoger requerimientos de normativas, clientes y usuarios finales para integrarlos al Product Backlog, priorizar funcionalidades que impacten la seguridad,

trazabilidad, continuidad operativa y cumplimiento regulatorio, estar en contacto constante con equipos de mantenimiento, instalación, y soporte técnico para validar necesidades reales, asegurar que el incremento entregado en cada Sprint refleje un avance útil para proyectos activos o preventivos en mina.

3.2 Scrum Master

En SERMECOL, el Scrum Master es el facilitador del proceso ágil, pero también actúa como puente entre los requerimientos normativos del sector minero-energético y la ejecución técnica en campo. Dado el entorno altamente técnico y regulado, su rol incluye también la mediación entre exigencias operativas y las capacidades del equipo, promoviendo una cultura de mejora continua.

Se propone un perfil de profesional con formación en ingeniería industrial, automatización o gestión de proyectos, con experiencia en metodologías ágiles y conocimiento de entornos de alto riesgo como la minería subterránea. Debe contar con habilidades para gestionar equipos técnicos y operativos, así como experiencia práctica en entornos colaborativos. Entre las funciones principales son: facilitar la aplicación del marco SCRUM en función de los flujos operativos reales de los proyectos (por ejemplo: instalación de sensores en minas con acceso restringido), traducir las ceremonias ágiles (Daily, Retrospective, Planning) en dinámicas adaptadas a equipos que trabajan parcialmente en campo, gestionar impedimentos técnicos u organizativos: falta de recursos, entregas demoradas por proveedores, riesgos eléctricos o mecánicos en sitio, alinear el flujo del Sprint con las validaciones de ingeniería, calidad y normativas exigidas por la legislación minera, velar porque el equipo técnico no pierda trazabilidad ni documentación técnica durante los

Sprints, promover una cultura ágil práctica, basada en entregas concretas, retroalimentación útil y priorización según criticidad de fallos.

3.3 Development Team

El equipo de desarrollo está compuesto por los perfiles técnicos directamente involucrados en el diseño, implementación, instalación y validación de los sistemas de monitoreo de gases. Este equipo es responsable de entregar productos funcionales y verificables al final de cada Sprint, cumpliendo con las exigencias técnicas y normativas del sector. Se proponen los siguientes perfiles:

Ingeniero en Automatización: responsable de la programación de PLC, integración de sensores de gas y validación técnica de campo. También elabora manuales, instructivos y protocolos de instalación.

Ingeniero de Instrumentación: selecciona sensores y dispositivos de campo según condiciones de cada mina, y diseña los esquemas de instalación.

Técnico de campo: ejecuta la instalación física de equipos y realiza pruebas de funcionamiento.

Ingeniero de calidad / soporte: valida que cada entrega cumpla con normas del Reglamento de Seguridad en Minas Subterráneas, y realiza pruebas de validación con protocolos.

Las funciones principales que tendrían estos roles serían: participar activamente en las reuniones de Sprint Planning y definir los entregables semanales en función de la mina o cliente atendido, ejecutar tareas técnicas asignadas en terreno o laboratorio, ajustándose a condiciones reales, generar entregables listos para validación en campo, con documentación técnica adjunta, proponer mejoras continuas basadas en retroalimentación de clientes o situaciones observadas en

campo, asegurar la trazabilidad y verificación de cada equipo instalado mediante checklists validados por ingeniería.

4. Planeando el proyecto en SCRUM- *Product Planning*

En el contexto operativo de SERMECOL, la planificación de proyectos de monitoreo de gases requiere un enfoque riguroso y flexible que permita responder a las condiciones cambiantes del entorno minero subterráneo. La metodología SCRUM ofrece una estructura adaptable que, aplicada correctamente, puede mejorar la trazabilidad, la priorización técnica y la entrega incremental de soluciones de automatización y seguridad industrial.

El proceso de planificación en SCRUM comienza con la construcción del Product Backlog, un artefacto central que agrupa de forma ordenada y priorizada todos los requerimientos funcionales y no funcionales asociados al sistema a implementar. En el caso de SERMECOL, el “producto” no es software, sino un sistema funcional de monitoreo de gases que integra sensores fijos, detectores portátiles, elementos de comunicación, protocolos de seguridad y documentación técnica, todo ajustado a las regulaciones vigentes del sector minero-energético colombiano.

4.1 Product Backlog

En SERMECOL, la construcción y mantenimiento del Product Backlog es responsabilidad directa del Product Owner, quien actúa como enlace entre los requerimientos del cliente minero, los lineamientos técnicos del proyecto, y la visión estratégica de la empresa. Este rol se apoya en el Scrum Master y en el Development Team, especialmente para descomponer las funcionalidades en tareas viables desde la perspectiva técnica, operativa y normativa.

A continuación, se presenta una versión simulada del Product Backlog inicial para un proyecto de monitoreo de gases en una mina subterránea, utilizando historias de usuario en su forma básica:

Tabla 2. *Ejemplo product backlog*

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Criterios de aceptación
PB-01	Como ingeniero de seguridad, quiero conocer los puntos críticos de detección en la mina, para garantizar cobertura adecuada de los sensores.	Alta	Se define el mapa de riesgo con puntos de instalación validados por norma.
PB-02	Como técnico instalador, quiero contar con planos eléctricos y de red para la instalación de sensores, para evitar errores de conexión.	Alta	Planos disponibles y validados antes de iniciar la instalación.
PB-03	Como supervisor de mina, quiero acceder a una interfaz centralizada para visualizar en tiempo real los niveles de gases, para tomar decisiones de evacuación.	Alta	Plataforma instalada, en línea y funcional en tiempo real.
PB-04	Como cliente, quiero recibir informes semanales de avance y pruebas funcionales, para hacer seguimiento del cumplimiento del proyecto.	Media	Informes entregados vía correo y validados por el cliente.
PB-05	Como equipo técnico, queremos realizar pruebas de calibración y simulación de fugas, para verificar que las alertas funcionen correctamente.	Alta	Registro de pruebas con firma del cliente y equipo técnico.
PB-06	Como ingeniero de calidad, quiero validar que los equipos cumplen norma ATEX, para evitar sanciones en auditorías.	Alta	Certificados de cumplimiento cargados y auditados en informe final.
PB-07	Como jefe de mantenimiento, quiero recibir un plan de mantenimiento preventivo para los detectores, para garantizar su vida útil.	Media	Documento entregado, validado y firmado por cliente.

4.3 Definition of done

La Definition of Done representa un acuerdo común entre todos los miembros del equipo SCRUM (Product Owner, Scrum Master y Development Team) sobre qué significa que una tarea,

historia de usuario o incremento esté completamente terminado. En los proyectos de monitoreo de gases, una tarea no puede considerarse “hecha” únicamente por haber sido instalada o implementada, sino hasta que ha sido probada, documentada, certificada y validada técnica y normativamente. La DoD se convierte, así, en un elemento estructural para la mejora continua y la formalización de buenas prácticas de gestión dentro de la organización.

La siguiente DoD será utilizada por el equipo SCRUM de SERMECOL como criterio común para validar que una historia de usuario o incremento está completamente finalizada, considerando los requerimientos técnicos, normativos y operativos de la organización.

Tabla 3. *Ejemplo DoD*

Categoría	Criterios de “Hecho” (Done)
Diseño técnico completado	Diagramas eléctricos y de control aprobados internamente. Cumple con normas de seguridad y requisitos del cliente.
Construcción de tableros finalizada	Tableros de control/potencia ensamblados y cableados. Equipos integrados con marcado ATEX/IECEx (si aplica). Pruebas funcionales realizadas en taller.
Documentación técnica generada	Manuales de operación e instalación actualizados. Certificados de conformidad cargados en la plataforma documental. Planos y hojas técnicas firmadas por ingeniería.
Instalación en campo realizada	Sensores y equipos montados según planos aprobados. Tendido de cables verificado y etiquetado. Integración exitosa con sistema SCADA del cliente.
Validación normativa y funcional completada	Pruebas de funcionamiento documentadas y con resultados válidos. Cumplimiento de Resolución 90309 de 2014 y Decreto 1886 de 2015.
Entrega validada por el cliente	Acta de entrega o informe de instalación firmado. Revisión del cliente o área de calidad sin observaciones críticas.
Historia cerrada	Checklist 100% completado. Comentarios o bloqueos resueltos y documentados. Historial actualizado y trazabilidad asegurada.

4.2 Estrategias de seguimiento y actualización del Backlog.

En SERMECOL, dada la naturaleza crítica de los proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas, el Product Backlog no puede ser un listado estático. Tal como lo propone SCRUM, este artefacto debe entenderse como un elemento vivo y en evolución, el cual se refina, prioriza y ajusta continuamente con base en nuevas condiciones técnicas, cambios normativos, solicitudes del cliente o hallazgos en campo.

Para este proyecto, el equipo Scrum establece las siguientes estrategias de seguimiento y actualización:

Reuniones quincenales de refinamiento del Backlog: Se programan sesiones cada dos semanas entre el Product Owner, el Scrum Master y el Development Team, donde se revisan las historias de usuario vigentes, se ajustan estimaciones y se priorizan funcionalidades según los requerimientos del cliente minero.

Canal de comunicación directa con cliente operativo: El Product Owner mantiene contacto permanente con el jefe de seguridad industrial del cliente, permitiendo que solicitudes urgentes (por ejemplo, modificar el umbral de una alarma) puedan reflejarse rápidamente como nuevas historias o modificaciones del Backlog.

Retroalimentación técnica desde campo: Los técnicos de instalación y mantenimiento de SERMECOL pueden proponer mejoras o advertir restricciones directamente desde la mina. Estos aportes se sistematizan en un formulario interno digital y son revisados en el siguiente refinamiento.

Criterios de aceptación y definición de “hecho” actualizados: Cada historia de usuario se acompaña de criterios de aceptación claros y contextualizados, incluyendo normas mineras locales

(como el Decreto 1886 de 2015), requisitos de trazabilidad de sensores, y condiciones específicas del lugar (profundidad, ventilación, atmósferas explosivas).

Uso de herramientas colaborativas para gestión del Backlog: Se plantea utilizar plataformas como Jira o ClickUp, configuradas para entornos técnicos, donde el equipo pueda visualizar en tiempo real el estado del Backlog, registrar cambios y documentar comentarios técnicos.

Refinamiento vinculado al desempeño de sprints anteriores: En cada Sprint Retrospective, el equipo analiza qué tareas fueron complejas, demoradas o bloqueadas, y a partir de esta información se ajustan o fragmentan las historias de usuario en el Backlog.

5. Planeando el proyecto en SCRUM- *Sprint Planning* y *Daily Scrum*

La planificación del proyecto bajo el enfoque SCRUM en SERMECOL se adapta a los ciclos operativos reales de sus proyectos técnicos, en particular aquellos centrados en el diseño, construcción e implementación de sistemas de monitoreo de gases. Estos proyectos, desarrollados en minas subterráneas de carbón, combinan actividades de oficina (diseño e ingeniería) con labores de campo (instalación, calibración, puesta en marcha), lo que obliga a segmentar adecuadamente las etapas de trabajo en Sprints con duraciones distintas y objetivos concretos.

En este marco, SERMECOL adopta una estrategia mixta de planificación por Sprints que reconoce dos ritmos operativos: sprints de 2 semanas para fases de ingeniería de detalle y construcción de tableros y sprints de 1 semana para actividades de instalación en mina, pruebas de funcionamiento y SCADA

5.1 Sprint Planning

La reunión de planificación del Sprint en SERMECOL tiene como objetivo establecer el Sprint Backlog con base en: el avance técnico acumulado, la disponibilidad de materiales y personal, el cronograma contractual con el cliente, las condiciones de acceso y operación en mina.

Durante esta reunión se definen los entregables específicos del Sprint y se responde a: ¿Qué entregables tangibles (planos, tableros, sensores, pruebas) podemos desarrollar esta semana/periodo?, ¿Cómo vamos a lograrlo, con qué personal, en qué turnos, y considerando qué riesgos técnicos o logísticos?

Tabla 4. *Ejemplo entregable Sprint*

Sprint	Duración	Entregable técnico principal	Observaciones
Sprint 1	2 semanas	Entrega de plano con la posible ubicación de sensores de gases en mina	Actividad realizada en oficina con cliente.
Sprint 2	2 semanas	Diseño eléctrico + armado de tableros de potencia y control	Actividad realizada en oficina técnica de Bogotá
Sprint 3	1 semana	Instalación de sensores fijos y portátiles en la galería minera	Incluye cableado, canaletas, conexiones IP66/EX
Sprint 4	1 semana	Integración con SCADA del cliente y puesta en marcha del sistema	Incluye pruebas funcionales, ajuste de parámetros, envío de señales
Sprint 5	1 semana	Documentación técnica y capacitación al cliente	Se entrega protocolo de instalación, planos, manuales y bitácoras

5.2 Estructura del Sprint Backlog

El Sprint Backlog en SERMECOL se deriva directamente del Product Backlog, y representa el conjunto de ítems priorizados y seleccionados para desarrollarse durante un Sprint específico. Cada ítem se desglosa en tareas técnicas concretas, que permiten asignar responsabilidades, prever tiempos y facilitar el seguimiento detallado del avance.

En el caso de un proyecto típico de monitoreo de gases en minas subterráneas, las tareas pueden ir desde la elaboración de planos eléctricos hasta la instalación de sensores certificados, pasando por pruebas en SCADA o capacitaciones al cliente. Cada tarea del Sprint Backlog incluirá los siguientes campos:

Tabla 5. *Ejemplo Sprint Backlog.*

Campo	Descripción Ejemplo (SERMECOL)
Descripción técnica	Instalación de detector portátil CO ₂ zona 3 mina La Jagua.
Responsable	Técnico de campo asignado (Ej: J. Rodríguez).
Tiempo estimado	6 horas (incluye conexión, calibración, validación de señal).
Criterios de aceptación	Señal recibida en SCADA cliente, verificación con equipo de calibración portátil.
Dependencias o bloqueos	Aprobación ingreso mina, disponibilidad tablero SCADA activo.

5.3 Daily Scrum

El Daily Scrum es una reunión operativa corta, diaria, que tiene como objetivo alinear rápidamente al equipo, identificar bloqueos y promover la colaboración. En SERMECOL, donde los equipos pueden estar repartidos entre oficina técnica (Bogotá) y mina (en distintas regiones del país), este espacio debe adaptarse tanto a la disponibilidad horaria como a los canales de comunicación reales.

Formato recomendado para SERMECOL: duración máximo 15 minutos, frecuencia diaria preferiblemente al inicio del turno laboral, formato híbrido presencial para equipos en campo / Videollamada para coordinación con oficina técnica.

Preguntas clave (SCRUM tradicional): ¿qué hice ayer que aportó al Sprint?, ¿qué haré hoy para avanzar?, ¿tengo algún impedimento técnico, logístico o normativo?

Adaptación sugerida para SERMECOL: ¿el tablero de control eléctrico del proyecto ya está listo?, ¿se instaló y calibró el sensor programado para hoy?, ¿hay problemas con el ingreso a mina, permisos, clima o señal SCADA?

Para SERMECOL, el Daily Scrum se recomienda realizarlo al inicio de la jornada laboral, promoviendo la cultura de sincronización constante, gestión visual del trabajo (tablero) y resolución temprana de problemas. El Scrum Master debe asegurar que se mantenga el enfoque, no se convierta en una sesión de reporte, y se promueva la autonomía del equipo.

6. Planeando el proyecto en SCRUM- Sprint Retrospective

La Sprint Retrospective es una de las ceremonias clave dentro del marco SCRUM. En el caso específico de SERMECOL, esta actividad se convierte en una instancia fundamental para identificar oportunidades de mejora en los procesos técnicos y operativos relacionados con proyectos complejos, como lo son las instalaciones de sistemas de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón.

A diferencia de las industrias de software, donde los cambios son digitales e inmediatos, en SERMECOL los ajustes impactan equipos físicos, instalaciones remotas, normativas de seguridad minera y condiciones geográficas particulares, lo que hace que esta ceremonia tenga un valor estratégico operativo para evitar reprocesos, sobrecostos y retrasos.

6.1 Objetivo del Sprint Retrospective

En el contexto organizacional de SERMECOL, donde los proyectos deben ejecutarse bajo alta exigencia normativa, plazos reducidos y coordinación entre oficina técnica y campo, la Sprint Retrospective tiene como objetivo: detectar fallos de coordinación entre ingenieros de

automatización, instrumentación y técnicos de instalación, identificar bloqueos logísticos frecuentes, como retrasos en el despacho de equipos, falta de permisos para ingreso a mina o errores en documentación de planos, revisar la calidad del servicio entregado al cliente y el cumplimiento con los estándares técnicos, mejorar la integración entre áreas técnicas y administrativas, como compras, soporte técnico o gestión documental, fomentar una cultura de aprendizaje continuo, sin culpabilización, orientada a la mejora real de los procesos.

6.2 Estrategia propuesta

La Retrospective se realizará al finalizar cada Sprint (estimado cada dos semanas), con una duración de aproximadamente 60 minutos, facilitada por el Scrum Master. Dado que los equipos pueden estar en campo o en Bogotá, se propone un formato híbrido: presencial para quienes estén en la sede, y virtual vía videollamada para los técnicos de campo.

Fases de la Retrospective en SERMECOL:

Apertura del espacio: el Scrum máster explica el propósito de la reunión.

Inspección del Sprint reciente: preguntas orientadoras adaptadas al contexto de SERMECOL: ¿qué salió bien en la instalación de equipos y pruebas SCADA?, ¿qué generó cuellos de botella en oficina técnica o en campo?, ¿hubo demoras por permisos de mina o validaciones de cliente?, ¿el tiempo estimado para el diseño del tablero fue adecuado?, ¿la coordinación con proveedores externos fue efectiva?

Identificación de mejoras concretas: el equipo prioriza de 1 a 3 acciones de mejora, ejemplo: estandarizar formato de validación previa antes del despacho a mina, planificar validación de señal en SCADA al menos 48h antes de instalación.

Las acciones deben ser medibles, responsables y viables dentro del siguiente Sprint.

Cierre y compromiso: se asigna un responsable para cada mejora, se documentan en un tablero compartido, el Scrum máster dará seguimiento en las próximas ceremonias y validará su cumplimiento.

6.3 Herramientas sugeridas

Retrospective Boards digitales: Miro, FunRetro, MetroRetro.

Encuestas anónimas breves previas a la sesión (para captar aspectos sensibles).

Registro acumulativo de lecciones aprendidas, como insumo para futuras retrospectivas y transferencia de conocimiento.

7. Resultados

Este apartado presenta los resultados obtenidos a partir del cumplimiento de los objetivos específicos del trabajo de grado. El estudio se desarrolló con un enfoque cualitativo-descriptivo, basado en revisión documental, análisis organizacional y adaptación metodológica, aplicados al caso de la empresa Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA (SERMECOL). A continuación, se relacionan los objetivos con los principales hallazgos:

7.1 Resultado objetivo 1. Analizar el estado actual de la gestión de proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón en SERMECOL.

Se identificó que SERMECOL no cuenta con una metodología formal para la gestión de sus proyectos. El análisis reveló cinco problemáticas recurrentes: retrasos por cambios de alcance no gestionados, baja visibilidad del estado de avance, dificultad para asignar tareas con claridad, comunicación poco estructurada entre equipos, sobreasignación de personal y falta de priorización.

7.2 Resultado objetivo 2. Identificar los elementos del marco SCRUM que podrían adaptarse al entorno operativo de SERMECOL.

En el marco del análisis contextual de SERMECOL, se realizó un ejercicio de mapeo entre las prácticas del marco SCRUM y las particularidades técnicas, normativas y logísticas de los proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón. Este análisis permitió identificar un conjunto de elementos del marco ágil que resultan altamente compatibles con el entorno operativo de la empresa.

Sprints cortos de dos semanas, los cuales permiten estructurar la ejecución por fases, dando lugar a entregables verificables al final de cada iteración.

Ejemplos de entregables verificables al finalizar un Sprint incluyen: tableros eléctricos diseñados y ensamblados en oficina, sensores fijos y portátiles configurados y probados en bancada, instalación completa en campo con verificación de funcionamiento, integración de señal de sensores a SCADA funcional, manuales de operación o protocolos técnicos aprobados.

Daily Scrums como mecanismo de sincronización entre oficina técnica y campo, orientados a detectar impedimentos tempranos (ej. retrasos logísticos, bloqueos normativos, ausencia de validaciones eléctricas o topográficas).

Product Backlog, estructurado por fases técnicas del proyecto: diseño de tableros, adquisición de equipos, instalación en mina, pruebas de comunicación, integración con SCADA, validación por parte del cliente e interventoría, y elaboración de documentación técnica. Este backlog se mantiene como un artefacto vivo y priorizado por el Product Owner con base en urgencias operativas y requerimientos del cliente.

Sprint Retrospectives, establecidas como una práctica clave para identificar fallos de coordinación entre áreas, problemas en el flujo de trabajo o en la logística de campo, y para

fomentar la mejora continua en la ejecución de proyectos técnicos bajo condiciones mineras exigentes.

7.3 Resultado objetivo 3. Diseñar una propuesta metodológica basada en SCRUM, ajustada al tipo de proyectos y estructura técnica de la organización.

Como resultado de la investigación y del análisis operativo y organizacional de SERMECOL, se diseñó una propuesta metodológica adaptada al marco SCRUM, la cual se ajusta a las condiciones reales bajo las que la empresa ejecuta sus proyectos de monitoreo de gases en minas subterráneas de carbón. Esta metodología considera la dimensión técnica, normativa, logística y humana propia del sector minero-energético, y responde al reto de estructurar procesos más ágiles y colaborativos, sin comprometer el cumplimiento regulatorio ni la seguridad operativa.

La propuesta metodológica se estructura a partir de la definición de roles específicos adaptados a la realidad operativa de SERMECOL. En primer lugar, *Product Owner* está representado por el ingeniero líder de proyecto, con experiencia técnica en sistemas de detección de gases y conocimiento normativo minero. Es quien define las prioridades técnicas del cliente y gestiona el Product Backlog.

Scrum Máster, por su parte, asume el rol un profesional de apoyo técnico-administrativo que promueve la implementación del marco metodológico, elimina impedimentos operativos y garantiza la fluidez en las actividades de planificación, ejecución y cierre de cada Sprint.

Por último, *Development Team* compuesto por ingenieros de automatización, técnicos de campo, diseñadores de tableros eléctricos, personal de pruebas, instrumentistas y redactores de documentación técnica. Es un equipo multifuncional y especializado.

Además de la definición de roles, la propuesta metodológica contempla la adaptación de los principales *artefactos SCRUM* a los proyectos tipo desarrollados por SERMECOL. *Product*

Backlog que contiene todos los requisitos técnicos y fases del proyecto: diseño y ensamblaje de tableros, instalación de sensores, conexión a SCADA, pruebas funcionales, documentación y validación con cliente.

A partir del Product Backlog, se construye el *Sprint Backlog* en función del alcance del Sprint, considerando restricciones logísticas y tiempos de campo.

Cada Sprint debe culminar con un *incremento verificable*, es decir, un entregable funcional y tangible. En el contexto de SERMECOL, se pueden incluir tableros ensamblados, sensores instalados y operativos, y manuales técnicos aprobados.

En cuanto a los eventos SCRUM, se definen de manera coherente con la dinámica operativa de la empresa. *Sprint Planning* se establece como la planificación colaborativa de actividades técnicas y logísticas por cada iteración. *Daily Scrum* es una reunión breve al inicio de cada jornada operativa para resolver bloqueos técnicos o logísticos. *Sprint Review* es el espacio para mostrar entregables al cliente o coordinador del proyecto y recoger retroalimentación. Por último, el *Sprint Retrospective* el cual contempla la revisión interna del equipo para analizar el rendimiento del Sprint, identificar oportunidades de mejora y ajustar prácticas futuras.

Se recomienda utilizar plataformas de gestión visual como Jira o Trello para mantener trazabilidad del Product Backlog, los avances por Sprint y los criterios de aceptación. Estas herramientas deben estar disponibles para todos los involucrados, fomentando transparencia y comunicación fluida.

8. Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que SCRUM, aunque originalmente desarrollado para proyectos de software, puede adaptarse efectivamente a entornos industriales como el de

SERMECOL, donde se gestionan proyectos técnicos de monitoreo de gases en minas subterráneas. El análisis mostró que incorporar prácticas como la planificación incremental, los Sprints y las retrospectivas permitiría estructurar mejor los procesos, mejorar la coordinación y reducir la incertidumbre operativa.

Desde el punto de vista teórico, se valida que los marcos ágiles pueden ser aplicables fuera del entorno tecnológico si se contextualizan adecuadamente. Sin embargo, es importante señalar que la propuesta no fue implementada operativamente dentro de la empresa, por lo que los resultados deben entenderse como una simulación fundamentada y no como una validación empírica. En ese sentido, la validez de las conclusiones radica en el rigor metodológico con el que se realizó el diagnóstico, el diseño del modelo y su alineación con buenas prácticas reconocidas en el marco ágil.

Finalmente, la discusión plantea que, si bien SCRUM no es una solución universal, su correcta adaptación puede representar una ventaja competitiva para empresas pequeñas o medianas que buscan profesionalizar su gestión sin incurrir en estructuras costosas o rígidas. La implementación del modelo propuesto podría ser considerada en futuras fases de mejora continua, a través de un plan piloto controlado y seguimiento de indicadores clave.

9. Conclusiones

La falta de una metodología formal de gestión de proyectos en SERMECOL ha generado problemas de coordinación, visibilidad, planificación y aprovechamiento de recursos, especialmente en proyectos técnicos complejos como los de monitoreo de gases en minas subterráneas.

El marco de trabajo SCRUM, con sus principios de iteración, entrega incremental, autoorganización y mejora continua, se muestra como una alternativa viable para responder a las necesidades específicas de este entorno industrial, siempre que sea adaptado al contexto organizacional.

A través del diagnóstico y análisis cualitativo, se identificaron los elementos de SCRUM que mejor se ajustan al tipo de proyectos desarrollados por SERMECOL, incluyendo la definición de roles, eventos y artefactos que permiten una gestión más ágil y estructurada.

La propuesta metodológica diseñada representa una herramienta estratégica de aplicación flexible, que puede ser implementada parcialmente o en su totalidad, según la madurez y capacidades de la organización, sirviendo como insumo para procesos de mejora o transición hacia marcos de trabajo más ágiles.

Si bien no se realizó una implementación práctica dentro de la empresa, los resultados del trabajo permiten concluir que es posible articular metodologías ágiles con proyectos industriales, siempre que se realice un análisis previo del entorno operativo y se promueva la apropiación organizacional del cambio.

Referencias

- Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. Consultado 10 de octubre del 2025. <https://agilemanifesto.org>
- Conforto, E. C., Salum, F., Amaral, D. C., da Silva, S. L., y de Almeida, L. F. M. (2016). Can agile project management be adopted by industries other than software development? *Project Management Journal*, 47(3), 21-34. Consultado 22 de octubre del 2025 <https://doi.org/10.1002/pmj.21536>
- Kerzner, H. (2018). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12.^a ed.). John Wiley y Sons.
- Marnada, P., Raharjo, T., Hardian, B., y Prasetyo, A. (2022). Agile project management challenge in handling scope and change: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 197, 290-300. Consultado 14 de noviembre del 2025 <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.143>
- Ndou, V., Ingrosso, A., y Di Girolamo, A. (2024). Framework for Agile Transformation: Guiding Organizations Through Cultural, Structural, and Competency Shifts in *Project Management. Administrative Sciences*, 14(11), 301. Consultado 28 de octubre del 2025 <https://doi.org/10.3390/admsci14110301>
- Organización Internacional del Trabajo. (OIT). (2021). *Seguridad y salud en las minas subterráneas*. Ginebra: OIT.
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (Guía PMBOK®) (6^a ed.).
- Rahmah, A. S., Pratama, N. R., y Kuswadi, S. A. (2024). The effectiveness of implementing agile project management: A pathway for tailoring agile project management into the

- manufacturing industry. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 33, 293-305. Consultado 23 de noviembre del 2025 <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.03.017>
- República de Colombia. (2015). *Decreto 1886*. Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas. Diario Oficial.
- Schwaber, K., y Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide™: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. Scrum.org.
- Serrador, P., y Pinto, J. K. (2015). Does agile work? A quantitative analysis of agile project success. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1040-1051. Consultado 15 de octubre del 2025 <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.11.006>
- Servicio Mecatrónico de Colombia LTDA. (s.f.). *Sobre nosotros*. Consultado el 17 de septiembre del 2025 <https://www.sermecol.com/sobre-nosotros>