

**Universidad Católica de Santa María**

Escuela de Posgrado

Maestría en Gerencia de la Construcción



**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS ÁGILES PARA  
LA OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO MAYORES EN  
UNA PLANTA CONCENTRADORA DE COBRE DE 120 KTPD**

Tesis Presentada por el Bachiller

**Donayre Cahua, Jesús Manuel**

Para optar el grado académico de

**Maestro en Gerencia de la  
Construcción**

Asesor:

**PhD Alcázar Rojas, Hermann.**

Arequipa – Perú

2021

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS**

Arequipa, 08 de Noviembre del 2021

**Dictamen: 004729-C-EPG-2021**

Visto el borrador del expediente 004729, presentado por:

**2016001371 - DONAYRE CAHUA JESUS MANUEL**

Titulado:

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS ÁGILES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE  
PROYECTOS DE MANTENIMIENTO MAYORES EN UNA PLANTA CONCENTRADORA DE COBRE DE  
120 KTPD**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**1341 - TICSE VILLANUEVA EDWING JESUS  
DICTAMINADOR**



**1842 - PACHECO OVIEDO ABRAHAM ARTURO  
DICTAMINADOR**



**6948 - NIÑO HERNANDEZ JAIRO RENE  
DICTAMINADOR**





### **DEDICATORIA**

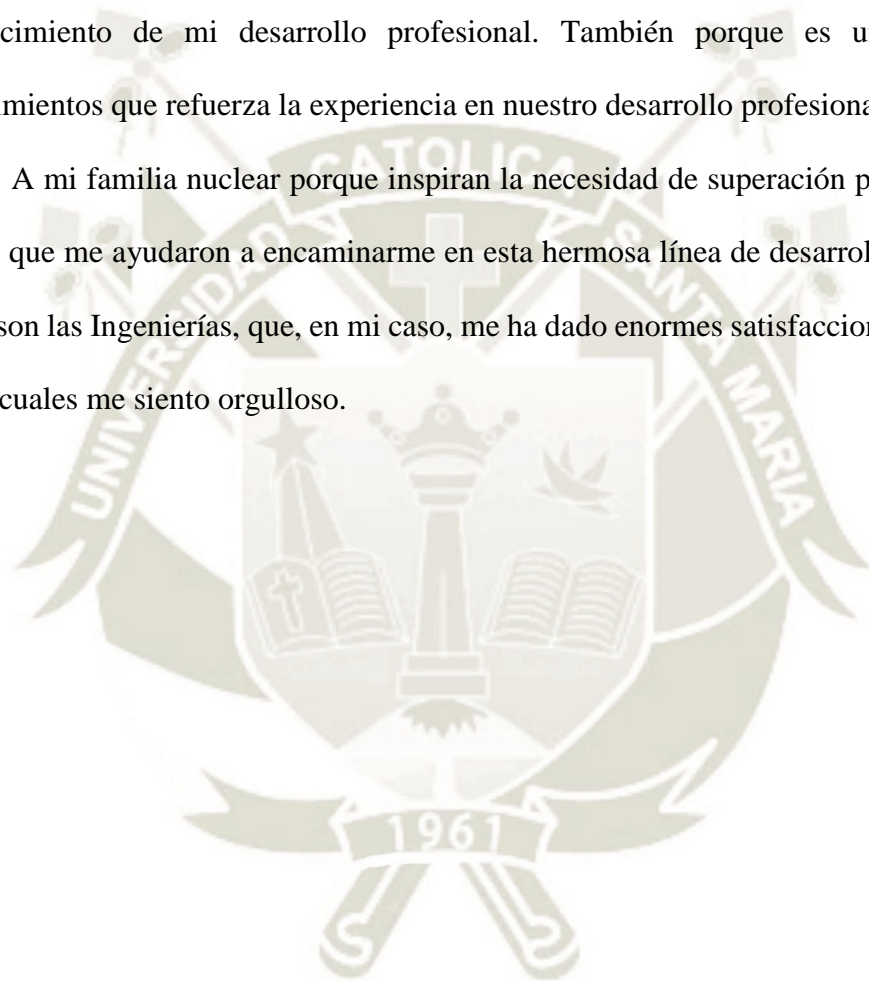
Dedico este trabajo con mucho cariño a Irvin Aron, Dajhana Mireya y Nordith Corali quienes son la razón y luz de cada uno de mis días. A mi esposa Carmela, de quien siempre tuve el apoyo y fortaleza para seguir adelante.

A Dios mi guía, fuerza y refugio.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a la Universidad Católica de Santa María, a su unidad de Posgrado, quienes siempre apoyaron a la realización del presente trabajo, así como el fortalecimiento de mi desarrollo profesional. También porque es una fuente de conocimientos que refuerza la experiencia en nuestro desarrollo profesional y personal.

A mi familia nuclear porque inspiran la necesidad de superación personal, a mis padres que me ayudaron a encaminarme en esta hermosa línea de desarrollo profesional como son las Ingenierías, que, en mi caso, me ha dado enormes satisfacciones personales de las cuales me siento orgulloso.



## RESUMEN

Esta investigación propone la aplicación de una metodología Ágil en proyectos de construcción dentro de una industria minera, específicamente en una tarea de mantenimiento mayor, la cual implica un alto impacto productivo y por ende económico, Para ello se ha considerado un estudio específico de cambio de sistema motriz en un espesador de relaves de 80m de diámetro, dentro de una planta concentradora de cobre de 120 KTPD ubicada en el Sur del Perú

Esta metodología Ágil, se adapta fácilmente a otras metodologías como son el PMI, Lean Construction, etc. Pero el enfoque está orientado a agilizar o destrabar restricciones a fin de lograr una óptima gestión de proyectos, de forma rápida y ágil. Para aplicar estas metodologías ágiles, se requiere la identificación de los interesados, para evaluar las mejores herramientas en funciona sus incidencias en el proyecto, además en estos grupos se incentiva la búsqueda de mejores soluciones con la aplicación de los mapas de empatía y Lean Canvas, luego su aplicación y seguimiento a través del Sprint Backlog.

Con la aplicación de estas metodologías se ha logrado una reducción en el tiempo de habilitación de recursos, así mismo una reducción significativa en el tiempo de ejecución y de recursos empleados, logrando un ahorro por lucro cesante específico en la intervención de este equipo de 1.95 millones de dólares.

**Palabras Clave:** Metodología Ágil, Scrum, Design Thinking, Lean Canvas.

## ABSTRACT

This research proposes the application of an Agile methodology in construction projects within a mining industry, specifically in a major maintenance task, which implies a high productive and therefore economic impact. drive system in an 80m diameter tailings thickener, within a 120 KTPD copper concentrator plant located in southern Peru

This Agile methodology is easily adapted to other methodologies such as PMI, Lean Construction, etc. But the approach is geared towards streamlining or unlocking constraints in order to achieve optimal project management, quickly and agilely. To apply these agile methodologies, the identification of the interested parties is required, to evaluate the best tools in which their incidents in the project work, also in these groups the search for better solutions is encouraged with the application of empathy maps and Lean Canvas, then its application and follow-up through the Sprint Backlog.

With the application of these methodologies, a reduction in the time for enabling resources has been achieved, as well as a significant reduction in execution time and resources used, achieving a specific loss of profit savings in the intervention of this team of 1.95 million of dollars.

**Keywords:** Agile Methodology, Scrum, Design Thinking, Lean Canvas.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	4
1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL .....	4
1.1. Título de la Investigación .....	4
1.2. Problema de Investigación.....	4
1.2.1. Enunciado del Problema.....	4
1.2.2. Descripción del Problema.....	7
1.2.3. Interrogante de Investigación .....	8
1.3. Justificación de la Investigación .....	8
1.4. Objetivos.....	9
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos.....	10
1.5. Hipótesis .....	10
1.6. Variables .....	10
1.6.1. Variable Dependiente.....	10
1.6.2. Variable Independiente.....	10
1.7. Tipo de Investigación.....	12
1.8. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	13
1.9. Métodos de Análisis de Datos .....	13
1.9.1. Método Deductivo.....	13
1.10. Método Descriptivo.....	14
1.11. Campo de Verificación.....	14
1.11.1. Ubicación Espacial .....	14
1.11.2. Ubicación Temporal.....	14

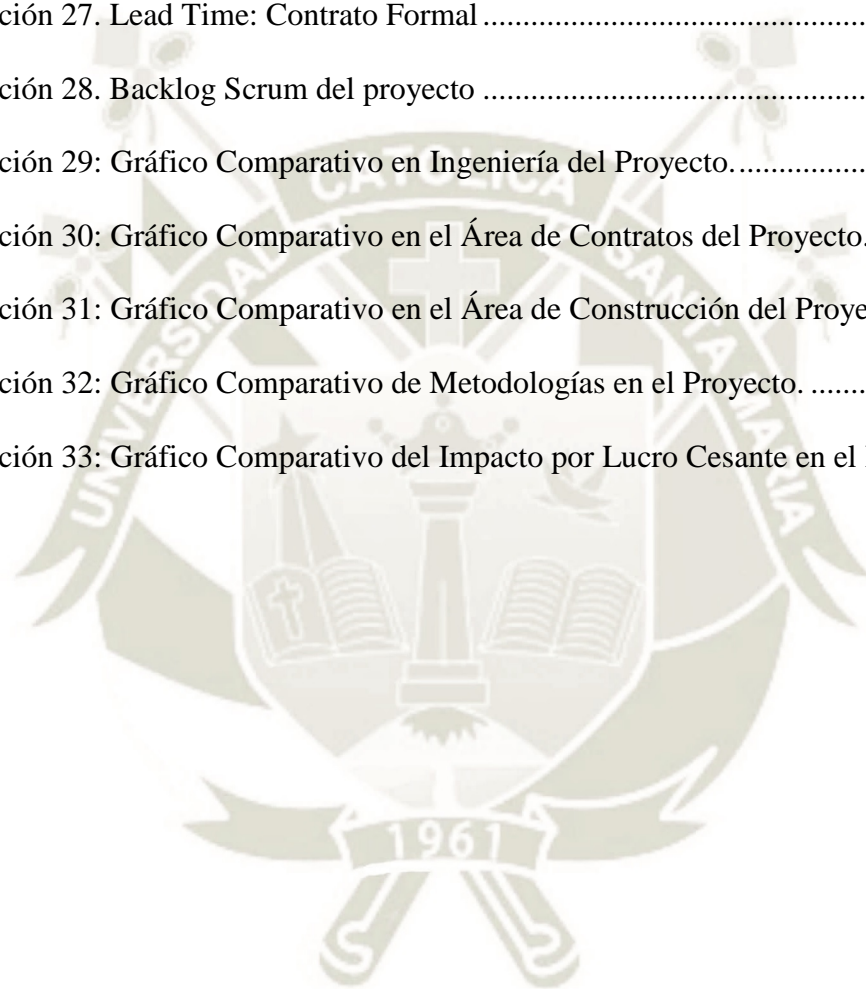
1.11.3. Unidades de Estudio.....	15
1.12. Estrategia de Recolección de Datos .....	15
1.12.1. Validación del Instrumento. ....	16
1.12.2. Criterios para Manejo de Resultados.....	16
1.12.2.1. Nivel Sistemático .....	16
1.12.2.2. Nivel de Estudio de datos.....	17
CAPITULO II.....	19
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	19
2.1. Análisis de antecedentes investigativos .....	19
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	20
2.2. Descripción del Proceso Productivo de una Planta Concentradora.....	22
2.2.1. Sistema de Gestión de Operación.....	25
2.2.2. Gestión de Mantenimientos Mayores.....	32
2.3. Introducción a las Metodologías Ágiles .....	32
2.3.1. Definición de Metodologías Ágiles.....	33
2.3.2. Origen de las Metodologías Ágiles .....	34
2.3.3. Diferencia entre Metodologías Ágiles y Metodologías Tradicionales .....	35
2.4. Ágile Alliance.....	36
2.4.1. Manifiesto Ágile.....	36
2.4.2. Ágilidad.....	36
2.5. Principales Metodologías Agiles.....	37
2.5.1. Metodología Scrum.....	38
2.5.2. Metodología Kanban.....	40
2.5.3. Metodología Lean.....	41
2.6. Design Thinking .....	42
CAPITULO III.....	45
3. PROPUESTA METODOLÓGICA.....	45
3.1. Metodología y Diseño.....	45
3.2. Identificación de Restricciones.....	49
3.3. Definición del equipo Scrum del Proyecto.....	50
3.4. Búsqueda de Soluciones innovadoras, mapa de empatía y Lean Canvas.....	53
3.5. Elaboración del Sprint Backlog del Proyecto.....	57

CAPITULO IV .....	59
4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA .....	59
4.1. Resumen del Proyecto .....	59
4.2. Alcance del Proyecto .....	62
4.3. Método Tradicional del Proyecto.....	62
4.4. Esquema del Proyecto.....	63
4.5. Implementación de metodologías ágiles en el Proyecto .....	64
4.5.1. Definición del involucrados .....	64
4.5.2. Definición del equipo Scrum del Proyecto.....	66
4.5.3. Soluciones Innovadoras, Mapa de Empatía y Lean Canvas.....	68
4.5.4. Elaboración del Sprint Backlog del Proyecto.....	77
CAPITULO V. ....	80
5. PRESENTACION Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	80
5.1. Ejecución del proyecto Tradicional. ....	80
5.2. Aplicación de Metodologías Ágiles en el área de Ingeniería del Proyecto. ....	81
5.2.1. Método Tradicional de elaboración de Ingeniería del proyecto.....	81
5.2.2. Método Ágil de elaboración de Ingeniería del Proyecto. ....	83
5.3. Aplicación de Metodologías Ágiles en el área de Contratos.....	85
5.3.1. Método Tradicional de Gestión de Contratos.....	85
5.3.2. Método Ágil de Gestión de Contratos. ....	89
5.4. Aplicación de Metodologías Ágiles en el área de Construcción .....	91
5.4.1. Elaboración del Sprint Backlog del proyecto.....	92
5.5. Evaluación final de la aplicación de Metodología Ágil en el proyecto. ....	100
CONCLUSIONES.....	107
RECOMENDACIONES .....	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Proceso Productivo de una Empresa Minera de 120 KTPD.....	24
Ilustración 2. Concentradora de las Américas .....	25
Ilustración 3. Relación entre valores, principios y prácticas del manifiesto Ágil. ....	34
Ilustración 4. Ágil como término genérico para muchos enfoques. ....	37
Ilustración 5. Metodologías ágiles usadas .....	38
Ilustración 6. Diagrama de Conceptos.....	39
Ilustración 7. Pasos del Design Thinking .....	43
Ilustración 8. Procesos Previo a la ejecución de Proyectos - GPIC .....	47
Ilustración 9. Figura Causa efecto Ishikawa.....	49
Ilustración 10. Características deseadas de los roles centrales de Scrum.....	50
Ilustración 11. Resumen de las responsabilidades pertinentes a la organización.....	52
Ilustración 12. Mapa de empatía.....	54
Ilustración 13. Backlog del Sprint en Scrum.....	57
Ilustración 14. Vista panorámica de Espesador de Relaves vacío.....	59
Ilustración 15. Ubicación de Espesador de Relaves.....	60
Ilustración 16. Partes principales de Espesador de Relaves. ....	61
Ilustración 17. Análisis de involucrados Cambio Sistema motriz Espesador de Relaves.....	65
Ilustración 18. Mapa de empatía Área Contratos .....	71
Ilustración 19. Mapa de empatía Área Ingeniería.....	72
Ilustración 20. Mapa de empatía Área Proyectos de Construcción.....	73
Ilustración 21. Mapa de empatía Área Seguridad Industrial .....	74
Ilustración 22. Modelo Canvas Área Operaciones .....	75

Ilustración 23. Modelo Canvas Área Mantenimiento.....	75
Ilustración 24. Esquema de problemas a solucionar en proyecto de cambio de sistema motriz en el espesador de Relaves .....	76
Ilustración 25. Programación Ágil.....	79
Ilustración 26. Partes principales de Espesador de Relaves. ....	80
Ilustración 27. Lead Time: Contrato Formal .....	86
Ilustración 28. Backlog Scrum del proyecto .....	94
Ilustración 29: Gráfico Comparativo en Ingeniería del Proyecto.....	100
Ilustración 30: Gráfico Comparativo en el Área de Contratos del Proyecto. ....	101
Ilustración 31: Gráfico Comparativo en el Área de Construcción del Proyecto. ....	102
Ilustración 32: Gráfico Comparativo de Metodologías en el Proyecto. ....	103
Ilustración 33: Gráfico Comparativo del Impacto por Lucro Cesante en el Proyecto. .	105



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de diseño de Producción 2021 .....	5
Tabla 2. Evaluación de Costos de Producción 2021 .....	6
Tabla 3. Operacionalización de Variables .....	11
Tabla 4. Matriz de consistencia para proyectos de Investigación .....	18
Tabla 5. Programa: Freeport Edge.....	29
Tabla 6. Diferencias entre Metodologías Tradicionales y Metodologías Ágiles .....	35
Tabla 7. Modelo Lean Canvas .....	56
Tabla 8. Cronograma original de desarrollo de Ingeniería. Proyecto: Cambio de sistema motriz del espesador de relaves. ....	82
Tabla 9. Cronograma Ágil de desarrollo de Ingeniería. - Proyecto: Cambio de sistema motriz del espesador de relaves. ....	84
Tabla 10. Tipos de Contratos.....	88
Tabla 11. Calendarización de actividades de Contratos.....	88
Tabla 12. Cronograma Tradicional del Proyecto: Cambio de Sistema Motriz del Espesador de Relaves.....	98
Tabla 13. Cronograma Ágil del Proyecto: Cambio de Sistema Motriz del Espesador de Relaves.....	99
Tabla 14. Evaluación Final de aplicación de Metodología Ágil en el Área de Ingeniería del Proyecto .....	100
Tabla 15. Evaluación Final de aplicación de Metodología Ágil en el Área de Contratos del Proyecto .....	101

Tabla 16 Evaluación Final de aplicación de Metodología Ágil en el Área de  
Construcción del Proyecto ..... 102

Tabla 17: Evaluación Final de aplicación de Metodología Ágil del Proyecto ..... 103

Tabla 18: Evaluación por Impacto del Lucro Cesante del Proyecto. .... 104



## INTRODUCCIÓN

Actualmente los proyectos en minería se desarrollan bajo el enfoque del PMI y Lean Construcción, en la industria en general, se usan metodologías tradicionales, para las cuales se requiere tener todas las entradas del proyecto definidos, es decir el alcance a partir del cual se establecen las diversas herramientas del PMI. Sin embargo, cuando se requiere la aplicación rápida y oportuna, fácilmente se pueden aplicar estas metodologías Agiles debido a su gran adaptabilidad a otras metodologías, rápida aplicación bajo un panorama ético de gestión de proyectos. Las herramientas Agiles se utilizan para viabilizar restricciones que se presentan en la ejecución de proyectos, además ayudan a la implementación de mejoras continuas dentro de la organización.

Estas metodologías Agiles, nacen en la industria de la informática, donde se encuentran cambios rápidos y adaptativos a las frecuentes actualizaciones de los mismos. Esta metodología fue llevada al rubro bancario y posteriormente se difunde mucho hacia la aplicación de los proyectos de construcción en general, para este caso en específico, a la industria minera.

El propósito de la presente investigación, es buscar su aplicabilidad de las metodologías Agiles en proyectos industriales, específicamente en la industria minera, para ello se ha buscado un problema real como es el Cambio de Sistema Motriz en el espesador de relaves en una Planta Concentradora de 120 KTPD. Donde se ha aplicado y

utilizado las herramientas de la metodología Ágil, demostrándose su rentabilidad en la reducción de horas y costos al haber utilizado de esta metodología.

Este trabajo de investigación se desarrolla en una planta concentradora de 120,000 toneladas de mineral de cobre procesado, ubicada en el Sur de nuestro país. En esta unidad de producción, nos permite la aplicación de esta metodología Ágil que facilite la ejecución rápida del proyecto, sobre todo cuando se gestiona proyectos con variables bastante frecuente, sin todo el alcance definido y además proyectos que requieran sean versátiles. Para aplicar estas herramientas, hemos enfocado este estudio, al cambio de sistema motriz de un espesador de relaves de 80 metros de diámetro dentro de esta minera, productora de concentrado de cobre.

Esta tesis se estructuro en cinco capítulos. En el primer capítulo I, se enfoca el Planteamiento Operacional, donde establecemos las características propias de la investigación y establecimiento de los objetivos que buscamos lograr.

En el capítulo II, presentamos los fundamentos teóricos que permiten orientar los enfoques y herramientas que permitan la fluencia de decisiones en el proyecto, y de esta manera agilizar la gestión propia del proyecto.

En el capítulo III, se plantea la propuesta metodológica a implementar, la utilización de las herramientas que nos indica estas metodologías. Para ello se realiza la evaluación de las áreas operativas involucradas, la definición y conformación del equipo Scrum que estará a cargo de la gestión del proyecto, así mismo, se ha utilizado herramientas como el mapa de empatía y el lienzo del Lean Canvas para facilitar las posibles soluciones innovadoras desde el punto de vista del usuario final.

En el capítulo IV, se aplica las herramientas propuestas en la metodología, con datos obtenidos de la empresa motivo del estudio. Estas herramientas se aplican a la necesidad propia del proyecto de cambio de sistema motriz en un espesador de relaves.

Para ello se aplica el mapa de empatía a las áreas externas a la operación de la planta, buscando colocarse en el lugar del cliente o usuario. Para las áreas usuarias, se aplicará el lean Canvas en búsqueda de solución ágiles del proyecto de cambio del sistema matriz de un espesador de relaves.

En el capítulo V, se presenta la evaluación de los resultados y las implicancias que se obtienen de aplicar la metodología Ágil al proyecto. Analizamos individualmente las áreas de Ingeniería, Contratos y Construcción. Así mismo un análisis de resultados del proyecto completo.

Por último, se presentan las Conclusiones y Recomendaciones de lo investigado, en ellas se compara el logro de los objetivos propuestos, con la aplicación de las metodologías ágiles en el presente proyecto. Esta evaluación es objetiva dentro de los parámetros establecidos como alcance de la investigación propuestas, además de este análisis comparativo, se dan recomendaciones que sirvan de base para futuras investigaciones relacionadas al rubro de las metodologías usadas en proyectos en la industria.

## CAPITULO I.

### 1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

#### 1.1. Título de la Investigación

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS ÁGILES PARA OPTIMIZACIÓN DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO MAYORES EN UNA PLANTA CONCENTRADORA DE COBRE DE 120 KTPD

#### 1.2. Problema de Investigación

##### 1.2.1. Enunciado del Problema

Actualmente los procesos establecidos en una empresa formal de la industria Minera consideran plazos muy amplios y de alguna manera engorroso, no aplicativo a situaciones urgentes y de exigentes requerimientos como son los mantenimientos mayores.

Los equipos de producción, considerados críticos y que afectan directamente el proceso productivo, requieren tener una estrategia predictiva bastante exhaustiva, pero en la realidad se pueden presentar algunos tipos de fallas que nos son muy comunes, lo cual implica tener una estrategia de atención Ágil y versátil para ser atendida.

En estos dos aspectos expuestos anteriormente, se puede aplicar metodologías ágiles, las cuales se centran en la necesidad del cliente directo, para ello se propone aplicar estas metodologías al problema de optimización de proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora, entendiendo como Mantenimiento mayor, aquellas tareas concernientes a restablecer operativamente un equipo de alto impacto en la producción.

Siendo el equipo analizado un Espesador de Relaves, que es el encargado de recuperar el agua para nuevamente ser utilizada en el proceso desde Molienda hasta flotación de mineral, por ello el impacto económico por lucro cesante de tener inoperativo este equipo es de alrededor de aproximadamente 48 millones de dólares que se vería impactado la empresa minera en la cual se desarrolla este proyecto.

Para analizar el impacto que se tiene en la producción de concentrado de cobre y molibdeno en la planta Concentradora de la empresa minera en mención, se tendrá el siguiente detalle. En ella se ha considerado la producción diaria afectada por la ley de concentrado, con lo cual obtenemos la cantidad de libras de mineral puro de cobre y Molibdeno.

*Tabla 1. Parámetros de diseño de Producción 2021*

Tipo de Concentrado	Ton /día	Libras /día	Ley Concentrado.	Lb mineral/día
Cobre	2418	5319600	22%	1170312
Molibdeno	24	52800	22%	1161.6

Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar el impacto en costo de producción, analizaremos la cantidad de mineral puro que se procesa diariamente en la planta, para ello se ha considerado el precio a la fecha de realización del presente estudio en dólares por cada libra de mineral puro, pero se ha descontado los costos que se incurre en la producción, obteniendo un ingreso previsto diariamente, siendo este de 2'527,524.30 de dolares por cada día de producción.

Tabla 2. Evaluación de Costos de Producción 2021

Tipo de Concentrado	Lb. min. /día	Precio venta USD / Libra	Costo producción USD / Libra	Ingreso previsto USD/día
Cobre	1'170,312.00	4.020	1.87	2'516,170.80
Molibdeno	1,161.60	13.24	3.45	11,353.50
Setiembre 2021				<b>2'527,524.30</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se describe en los procesos productivos en la planta concentradora motivo de estudio, incluida en el marco teórico del presente estudio, se cuenta con 04 Molinos de Bolas y 02 Espesadores de Relaves para la respectiva recuperación de agua, al tener 01 Espesador inoperativo afectaría el 50% de la producción total de la planta.

Entonces:

Lucro cesante Considerando dos molinos inoperativos:

**USD 1'263,762.10 / día.**

Para el modo de falla del espesador, los costos del rodamiento y sistema Drive, se encuentra en las instalaciones dado que fueron adquiridos como parte del proyecto. La mano de obra para este cambio se considera dentro del presupuesto operativo de mantenimiento, por lo que el lucro cesante a considerar, es lo que dejamos de producir por parada no programada. Para este caso al no tener las facilidades, un contrato para ejecución rápida y los

trabajos previos necesarios para el mantenimiento, se prevee un tiempo de parada de 38 días de este equipo, evaluado por el área de mantenimiento.

Por 38 días **48'022,961.30 Dólares Americanos.**

Ante esta problemática, de incertidumbre por tener todas las facilidades y fabricaciones necesarias, procedimiento de cambio de Sistema motriz, por ser la primera vez que se realizaria despues de quince años de operación en la referida planta concentradora y el alto impacto economico por lucro cesante, es que se solicita la intervencion del equipo de Proyectos para liderar un equipo multidisciplinario y buscar la mejor opcion para enfrentar este problema. Es por ello, el motivo a presentar el presente estudio por ser un caso referencial en la mineria en el Perú.

El equipo y la metodología propuesta a usar no debe trasgredir las normativas ni procedimientos de contratos ni de Seguridad y medio ambiente de la empresa minera. Sino por el contrario, adecuarlos a las necesidades centradas en el usuario final que, en este caso es el área de operaciones concentradora.

### **1.2.2. Descripción del Problema**

Las demoras propias de los procesos comunes de licitación en las empresas mineras formales, que conlleva a tener la definición del alcance, desarrollo de ingeniería y la gestión propia de la licitación, y definición de empresa contratista que llevara a cabo el proyecto normalmente toma alrededor de 6 a 9 meses por ser tareas en serie. En este tiempo puede quedar expuesto a falla este Espesador de Relaves y con ello la productividad de la

planta concentradora. Es por eso, que se requiere actuar de forma inmediata y ágil para afrontar este problema.

Por esta razón, se propone un modelo de implementación de metodologías Agiles para la optimización de proyectos de mantenimiento mayores en la planta concentradora de 120,000 toneladas de procesamiento por día.

Para asegurar esta implementación, se requiere la rápida reacción para afrontar este problema por parte de las diversas áreas involucradas. Esto es importante para tomar acciones correctas a fin de asegurar el óptimo desarrollo del proyecto de optimización del mantenimiento mayor de la reparación del Espesador de Relaves. Para ello se encarga al área de proyectos, quienes serán los articuladores de los diversos interesados para asegurar este proyecto. Se tiene la necesidad de afrontar este problema con un equipo multidisciplinario, donde intervenga personas de Mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico e instrumentación, operaciones, Seguridad e Higiene industrial, Control de Contratos.

### **1.2.3. Interrogante de Investigación**

¿Cómo optimizar proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora de 120 KTPD en una minera del sur del Perú mediante la implementación de metodologías ágiles?

### **1.3. Justificación de la Investigación**

De acuerdo a la disposición de equipos que se tiene en la planta concentradora motivo del presente estudio, se tiene que, de la zona de minado, se lleva el mineral a la Chancadora Primaria, luego pasa por chancado secundario y terciario, luego

este material pasa a través de cuatro (4) molinos de bolas con lo cual se disemina el mineral derivado a las celdas de Flotación. De esta área el mineral recuperado pasa a la zona de filtros y posterior despacho, y la otra parte es llevado a los espesadores de relaves, los cuales están encargados de recuperar el agua que será enviada nuevamente a Molinos para que el mineral sea molido en los molinos de Bolas.

Esta planta Concentradora, cuenta con 04 molinos de Bolas y 02 espesadores de Relaves de 80 m de diámetro. Es decir, 01 espesador restringirá el uso de 02 Molinos de Bolas, con lo cual el impacto productivo la parada por mantenimiento prolongado y no planificado de un Espesador de Relaves, sería del 50% por aproximadamente 38 días que demoraría restablecer la línea dentro de un proceso normal de ejecución, como está establecido actualmente. Esto significaría una pérdida aproximada de 48 millones de dólares.

Ante esta necesidad, se requiere actuar de manera Ágil para ejecutar de manera eficiente los proyectos de esta característica. Por lo cual, el presente estudio sirve para demostrar la aplicabilidad y optimización de proyectos con la aplicación de metodologías Agiles, siendo la interrogante a responder: ¿Cómo optimizar proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora de una minera del sur del Perú mediante la implementación de metodologías ágiles?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Proponer y desarrollar la implementación de metodologías ágiles para asegurar la optimización de proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora de 120 KTPD.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Definir los procesos adaptados a las metodologías ágiles aplicados a proyectos de mantenimiento mayor en la planta concentradora de 120 KTPD.
- b. Identificar y asignar responsabilidades al equipo multidisciplinario responsable de la gestión de la optimización de mantenimiento mayor en la planta concentradora de 120 KTPD.
- c. Implementar y evaluar la metodología propuesta que optimiza el proyecto de mantenimiento mayor.

#### **1.5. Hipótesis**

Implementar las metodologías ágiles optimiza los proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora de 120 KTPD una minera del sur del Perú.

#### **1.6. Variables**

##### **1.6.1. Variable Dependiente**

Optimización de los proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora de una minera.

##### **1.6.2. Variable Independiente**

Implementación las metodologías Ágiles.

Tabla 3. Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumentos
<b>Independiente.</b> Implementación las metodologías Agiles.	Las metodologías Agiles, Son un conjunto de técnicas adaptativas y flexibles que permiten reducir tiempos e incluso costos en un proceso	Scrum (tareas completadas)	Porcentaje de tareas completadas	Sprint Backlog de tareas	Informes de cumplimiento semanal.
		Design Thinking	Definición de soluciones planteadas	Mapa de Empatía - Canvas	Informe de productividad
<b>Dependiente.</b> Optimización de proyectos de mantenimiento mayores.	Se define Optimización de Proyectos de Mantenimiento Mayor es a la gestión de completar de forma oportuna a tiempo, costo y con la calidad que asegure la confiabilidad del equipo.	Gestión del Tiempo	Porcentaje de Valor Ganado	Spent vs planeado	Informe de Cumplimiento
		Gestión de Costos	Cumplimiento CPI	Spent vs planeado	Informe de control de costos

Fuente: Elaboración propia

### 1.7. Tipo de Investigación

Según la problemática expuesta, la presente investigación se considera como No experimental, Aplicada y Descriptiva.

El tipo de investigación para el presente proyecto de investigación es NO experimental. Esto porque se realizará sin manipulación de las variables asignadas y se utilizará la observación de fenómenos aplicados en un contexto de desarrollo de los proyectos, para ser analizados posteriormente. Así mismo esta investigación es Aplicada ya que es realizado sobre un problema que requiere intervención y solución mejorando y asegurando los entregables requeridos para el mismo. Se inicia con una descripción detallada y sistemática de la situación problemática, para la cual se buscará una sustentación teórica aplicada de donde se extraen conceptos actualizados y pertinentes, los cuales servirán de base para plantear soluciones pragmáticas a nuestro problema.

De lo descrito, se nota que la presente investigación también se considera como Descriptiva. Toda vez que se utilizará las técnicas de observación y recolección practica de datos e información de fuentes primarias, como las características situacionales que el motivo del presente estudio y la recolección de datos, mediante métodos cuantitativos y cualitativos. Para esto también será necesaria el respaldo de información secundaria extraída de bibliografía especializada.

Debemos señalar los conceptos de Diseño Correlacional: esta describe las relaciones entre dos o más categorías. Conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la causa – efecto (Hernández, 2010), con la aplicación de este concepto, la presente investigación obtendrá toda la información requerida y seleccionada para aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

## 1.8. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

El análisis de documentos será el instrumento principalmente usado para desarrollar del presente proyecto de investigación, esto con la finalidad de obtener información relevante sobre las aplicaciones de las metodologías ágiles y su implementación en los proyectos de mantenimiento mayores en plantas concentradoras mineras, a fin de garantizar la optimación de los mismos.

Este análisis de documentos, permitirá la recolección oportuna de información que será evaluada sobre las aplicaciones óptimas de las metodologías ágiles en proyectos de envergadura en planta concentradoras, específicamente para la aplicación de mantenimiento mayores de equipos críticos.

## 1.9. Métodos de Análisis de Datos

Para el desarrollo de la presente investigación, se hará uso de métodos Deductivos y Descriptivos, los cuales detallaremos a continuación.

### 1.9.1. Método Deductivo

Para este proyecto, el enlace de juicio de expertos y principios se aplican a casos particulares, usando la deducción como método de investigación.

- A partir de eventos conocidos, se busca deducir aplicaciones a situaciones desconocidas.
- Se evaluará las consecuencias establecidas a partir de eventos conocidos, para ser replicados a eventos desconocidos.
- Este método será aplicado al uso de las metodologías ágiles las cuales podemos deducir sus consecuencias en los problemas encontrados, para ello es importante

evaluar sus ventajas y desventajas de acuerdo a la problemática para ser implementados.

### **1.10. Método Descriptivo**

Para el desarrollo del presente proyecto, se utilizará la recolección de buenas prácticas y procedimientos aplicados a hechos reales y actualizados que sirvan de base para tener la referencia correcta para ser usada en la presente investigación.

Si bien el método sugerido en la hipótesis, que es la utilización de metodologías Agiles, se inicia en la industria del software, existen varios ejemplos de aplicabilidad en proyectos de índole de construcción y que fácilmente se puede adecuar a la industria minera, todos ellos con buenos resultados ya implementados, que servirán de base para la presente investigación.

### **1.11. Campo de Verificación**

#### **1.11.1. Ubicación Espacial**

La investigación se llevará a cabo en la Región Arequipa, específicamente en una Planta Concentradora de 120 KTPD de procesamiento de mineral de cobre.

#### **1.11.2. Ubicación Temporal**

La presente investigación tiene carácter coyuntural, ya que se está realizando en el presente año 2021. El levantamiento de información se está realizando en paralelo a la aprobación del presente proyecto, se tiene un estimado de 4 meses para la ejecución de la presente investigación.

### 1.11.3. Unidades de Estudio

La unidad de estudio para la presente investigación es el proyecto denominado: Cambio de sistema motriz del Espesador de relaves en una planta concentradora. Es en este proyecto, donde se tomarán todos los datos y muestras dentro del proceso constructivo de los trabajos del proyecto de mantenimiento del Espesador de relaves señalado.

### 1.12. Estrategia de Recolección de Datos

Para la presente investigación, se ha indicado que se usará las técnicas de “Análisis de Documentos” los cuales se caracterizan por recopilar una serie de documentos como son los tableros Kanban, formación del equipo del proyecto bajo el enfoque Ágil, Control de Tareas en el Sprint Backlog. Estos documentos analizados permitirán diseñar los procesos a fin de optimizar las tareas propias del proyecto.

Para ello se soportará la investigación en los siguientes procesos:

- Realizar una evaluación exhaustiva a los procesos actuales que se aplican en la empresa motivo del estudio.
- Analizar las principales restricciones o cuellos de botellas que restringirían el correcto desarrollo del proyecto propuesto.
- Realizar un meta análisis sobre las referencias teóricas de la metodología Ágil, y definir las estrategias de esta metodología que se podrían aplicar de la mejor manera y fin de lograr la optimización de este proyecto.
- Plantear una propuesta de mejora y optimización a los procesos actuales que permita agilizar los procesos productivos y de construcción del presente proyecto.

- Evaluar la propuesta planteada y su aplicabilidad en otros proyectos similares que se ejecutan en la unidad minera motivo del presente estudio.
- Presentar, las recomendaciones y conclusiones sobre los impactos estratégicos, económicos y productivos de la propuesta planteada al presente proyecto.

### **1.12.1. Validación del Instrumento**

La validación del instrumento se realizará sobre los mapas de Empatía y lienzo canvas en la búsqueda de soluciones. Y para el control sobre los documentos del tablero de revisión de tareas diarias denominado Sprint Backlog Estos instrumentos serán implementados a las estrategias y herramientas ya utilizadas por el área de proyectos de la empresa motivo del presente estudio. Nos apoyaremos es herramientas estadísticas y pruebas matemáticas de desviación utilizadas en proyectos bajo el enfoque del PMI y su flexibilidad con las metodologías Agiles.

### **1.12.2. Criterios para Manejo de Resultados**

#### **1.12.2.1. Nivel Sistemático**

Iniciaremos la investigación realizando un análisis de los procesos actuales en la empresa motivo del presente estudio, y determinar las restricciones y sobre todo cuellos de botella para la gestión del proyecto que se requiere con urgencia por la disponibilidad productiva del equipo en referencia del presente proyecto.

### 1.12.2.2. Nivel de Estudio de datos

Se procederá a recolectar los datos de duraciones promedios de las tareas requeridas para el proyecto en estudio, y como se puede optimizar a través de la aplicación de las metodologías Agiles. Estos datos, además, serán evaluados para verificar el impacto positivo en duración y económico para la empresa minera motivo del presente estudio.



Tabla 4. Matriz de consistencia para proyectos de Investigación

MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN					
TITULO Propuesta de implementación de metodologías ágiles para optimización de proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora de 120 KTPD, una minera del sur del Perú – 2021”.					
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES y = f(x)	INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
<b>PROBLEMA GENERAL</b>  Que incidencia tiene la implementación de herramientas de las metodologías Ágiles para la optimización de proyectos de Mantenimiento mayores en Plantas Concentradoras.	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>  Proponer y desarrollar la implementación de metodologías ágiles para asegurar la optimización de proyectos de mantenimiento mayores en la planta concentradora C1 de la empresa Sociedad Minera Cerro Verde.	<b>HIPOTESIS PRINCIPAL:</b>  Es factible implementar las metodologías ágiles para optimizar los proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora de una minera del sur del Perú.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE (v):</b>  Optimización de los proyectos de mantenimiento mayores en una planta concentradora de una minera.	Porcentaje de Valor Ganado  Cumplimiento Spent	No experimental, Aplicada y Descriptiva.
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>  ¿cómo diseñar una metodología del entorno Ágil, aplicado a proyectos de mantenimiento mayor?  ¿Qué personas serán las responsables de llevar a cabo la gestión de implementación de la metodología Ágil en el proyecto de mantenimiento mayor?  ¿En qué medida se optimiza los proyectos de mantenimiento mayor al implementar metodologías Ágil?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>  a) Definir los procesos adaptados a las metodologías ágiles aplicados a proyectos de mantenimiento mayor en la planta concentradora C1 SMCV.  b) Identificar y asignar responsabilidades al equipo multidisciplinario responsable de la gestión de la optimización de mantenimiento mayor en la planta concentradora C1 SMCV.  c) Implementar y evaluar la metodología propuesta que optimiza el proyecto de mantenimiento mayor.	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICAS:</b>  Los procesos adaptados a la metodología Ágil son aplicables a proyectos de mantenimiento en empresas mineras.  El personal que será responsable de llevar a cabo la gestión influye directamente en la optimización de los proyectos de mantenimiento mayores  La implementación de herramientas Ágiles influye directamente en la optimización de costos de proyectos.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE(x):</b>  Implementación las metodologías Ágiles.  <b>VARIABLE INTERVINIENTE:</b>  Empresas mineras	Backlog de tareas  Porcentaje de Plan cumplido.	

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO II.

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Análisis de antecedentes investigativos

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según un artículo realizado por Walter Barrios, María Godoy, Mirta Fernández, Fernando Martín Ferreira, Sonia Mariño y César Tomás Zarrabeitia, en Argentina, se buscó la manera de analizar la adaptación e implementación de SCRUM, como una metodología para la eficiencia en el desarrollo de un software del Nordeste Argentino. Este software presenta un enfoque de administración estratégica aplicada en microempresas. Como resultado, se obtuvo un proyecto exitoso, demostrando la aplicabilidad de herramientas ágiles como SCRUM para el incremento de la eficiencia productiva, optimización de costos y el dinamismo del software para adaptarse a los requerimientos solicitados. (Barrios, Godoy, Fernandez, & Mariño, 2011)

En Nicaragua, en un estudio realizado por Marco Antonio Fonseca Vargas, Engels Ismael Obregón Hernández y Leonte Derwing Espinoza Jaen, se asegura que el uso de la metodología de programación extrema (XP) en la gestión de presupuestos, permitió al equipo investigador, llevar un trabajo ordenado y satisfacer las necesidades del cliente. Además, posibilitó la entrega rápida del proyecto al mostrarse un alto nivel de adaptabilidad y facilidad en la aplicación, logrando finalmente, reducir costos de implementación. Cabe mencionar que, en este trabajo aplicativo, se considera que las aplicaciones de estas técnicas se deberían desarrollar siempre y cuando el equipo se encuentre en comunicación constante. (Fonseca Vargas, Obregón Hernández, & Espinoza Jaen, 2014)

Diana Isabel Barón Maldonado y Leonardo Rivera Cadavid, quienes desarrollaron un trabajo de investigación en Colombia, buscan demostrar la agilidad, flexibilidad y generación de valor agregado en la producción de una microempresa aplicando Lean. A partir de esta investigación se obtuvieron los siguientes resultados: En primer lugar, aumentar la agilidad al responder las necesidades y requerimientos del mercado, reduciendo el tiempo del ciclo productivo de 3 meses a 20 días. En segundo lugar, se incrementó la flexibilidad, permitiendo que la empresa se adapte fácilmente a las necesidades del cliente gracias a que pueden recibir una retroalimentación constante de este. En tercer lugar, mejoró la capacidad de generar valor al incluir estudios que permiten obtener una lista de expectativas, necesidades y requerimientos de los clientes. Además, se redujo en 50% la adquisición de insumos (telas). Asimismo, se alcanzó mejorar la calidad de información y el proceso de selección de proveedores. (Barón Maldonado & Rivera Cadavid, 2014)

Thomas Teichelmann Gutierrez, en su tesis para optar el grado de Magister en Gestión y Dirección de empresas, titulado “ Propuesta de optimización en la gestión de proyectos de tecnología para procesos productivos de la minería”, afirma que para generar la optimización de los recursos y procesos dentro de la minera de cobre estudiada, es importante implementar proyectos de manera rápida y efectiva, para lo que las metodologías ágiles asegurarían el éxito de esta implementación, sobre todo en proyectos con altos componentes de softwares o incluso aquellos que son altamente dependientes del cliente final. (Teichelmann Gutierrez, 2018)

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Se realizó un estudio en la Universidad San Ignacio de Loyola en la ciudad de Lima, por José Eduardo Pita Marchena, quien la presentó como tesis para optar el

título profesional de ingeniero Informático y de Sistemas. En esta investigación se logró aplicar metodologías ágiles como soporte en la gestión de proyectos con el fin de optimizar el proceso en una agencia de marketing y publicidad digital. También, se demuestra que el proceso inicial obviaba ciertas actividades, afectando la eficiencia de la empresa. Es por eso que, al implementar las metodologías ágiles, el proceso se incrementó a 12 actividades, las cuales, al estar integradas y relacionadas, permiten responder a los cambios, reduce los cuellos de botella y evita la sobrecarga de trabajo; repercutiendo en la disminución del uso de recursos y tiempos para el proceso productivo. (Pita Marchena, 2014)

En Lima, se desarrolló un estudio de aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de un proyecto de construcción por Abner Guzmán Tejada para obtener el título profesional como Ingeniero civil por la Pontificia Universidad Católica del Perú. En este trabajo se utilizaron 9 herramientas de la metodología Lean, dentro de ellas, el last planner system, el cual incluye 5 herramientas usadas en el control de producción; y el first run studies, para la ejecución. Es importante mencionar que, la implementación de la metodología Lean ha dado resultados positivos en el proyecto, incrementando la productividad y optimizando procesos, como es el de vaciado de concreto, donde se redujo la necesidad de 7 a 6 trabajadores y en el caso del encofrado, de 8 a 7 personas. (Guzmán Tejada, 2014)

Alfredo Che y Jordi Clavijo desarrollaron un trabajo de investigación para obtener su título profesional de ingeniero de computación y sistemas, el cual consta del desarrollo de un software basándose en los principios de Lean Software Development y Scrum, donde su implementación en la gestión de empleabilidad de trabajadores se alcanzó una significativa reducción de 79.6 horas, en el tiempo de

contratación de la empresa minera. Por lo que, a su vez, incremento el porcentaje de personal contratado a un 32%. (Che Esquerre & Clavijo Colona, 2020)

## 2.2. Descripción del Proceso Productivo de una Planta Concentradora

El proceso productivo de la empresa minera en estudio, desarrolla sus actividades dentro del distrito de Uchumayo, provincia de Arequipa, región Arequipa. Está orientado a la producción de cátodos de cobre, concentrado de cobre y concentrado de molibdeno. Para ello cuenta dentro de sus instalaciones con 02 plantas Concentradoras siendo el complejo de concentrado de cobre más grande del mundo, y una planta de Hidrometalurgia para la producción de cátodos.

La planta concentradora inicia sus operaciones en el año 2006, inicialmente fue diseñada para tratar un promedio de 108,000 t/d y con ampliaciones desarrolladas, actualmente puede llegar a procesar 120,000 t/d. De este mineral tratado se obtiene concentrados de sulfuros de cobre y molibdeno por separado, como se describe en la Ilustración 1. Aquí se puede apreciar que el mineral extraído de mina es acarreado desde mina en camiones hasta descargarlo en la chancadora primaria del tipo giratorio 60"x113", aquí se disminuye su granulometría hasta 6" como máximo tamaño de piedra. Luego es enviado a través de fajas transportadoras a un stock pile de 50 toneladas vivas que permite que las siguientes etapas de Chancado secundario y terciario sigan operando mientras la chancadora primaria pueda estar fuera de servicio. Del chancado terciario se obtiene granulometrías menores a 6 mm (1/4 pulgadas). Para el chancado secundario se utilizan Chancadoras del tipo cónico, mientras que para la chancadora terciaria se utilizan HPGR que son rodillos de alta presión, los cuales ejercen una presión muy elevada sobre el mineral que pasa a través de ellas generando una elevada cantidad de finos. Este mineral es transferido mediante fajas transportadoras a una tolva intermedia de finos. De esta tolva se

alimenta mineral independientemente a ocho zarandas las cuales seleccionan el mineral grueso que regresa al chancado terciario, y los finos que son descargados a un cajón de transferencia. Es aquí donde inicia la zona húmeda ya que a este cajón se le agrega agua de proceso, de allí la importancia en la recuperación del agua en los espesadores. La pulpa del cajón de transferencia es bombeada a una batería de hidrociclones independientes, un nido de hidrociclones por cada molino de bolas, en estos hidrociclones se selecciona los finos que se direcciona a las celdas de flotación y los gruesos hacia los molinos de bolas, los cuales descargan el mineral molido al cajón de transferencia creando un circuito cerrado. En el caso de la concentradora, motivo del presente estudio, consta de cuatro (04) molinos de bolas.

El overflow o fino del hidrociclón, es enviado a las celdas de flotación Rougher, scavenger y cleaner para obtener por rebose el concentrado rico en minerales y lo que se asienta en las celdas son los relaves. Para el funcionamiento de estas celdas también se requiere agua de proceso. El concentrado rico en mineral se envía a los filtros y luego se embarca a puerto Matarani. Los relaves son enviados a 02 espesadores de relaves de los cuales se recupera el agua para el proceso tanto de molienda como para la flotación. Un molino de bolas no puede operar si su sección rougher correspondiente de flotación no funciona. En ambas líneas de equipos es importante tener agua de proceso para su funcionamiento. Este flujo del proceso en una planta concentradora se muestra en la Ilustración 1.

En la planta Concentradora motivo del presente estudio, cuenta con cuatro molinos, cuatro líneas de flotación y dos espesadores de relaves. Al quedar inoperativo un espesador vería afectado a 02 molinos de bolas y su correspondiente línea de flotación, afectando la productividad de concentrado de Cobre y Molibdeno en la planta a un 50% de su producción normal.



### 2.2.1. Sistema de Gestión de Operación

Desde el año 2020, Los accionistas mayoritarios y operadora de la empresa minera, motivo del presente estudio. Ha establecido la implementación de “La Concentradora de las Américas” a través del aumento de producción de todas sus unidades operativas en América como son Minera Bagdad, Minera Chino, Minera Sierrita, Minera Morenci y Sociedad Minera Cerro Verde. Para las cuales se están implementando estrategias de optimización con ayuda de nuevas tecnologías con visión al futuro. La suma de esta producción adicional que pertenece a cada mina, constituye la nueva Concentradora de las Américas, que se muestra en la Ilustración 2, y que producirá 112500 tmpd equivalente a una concentradora real.

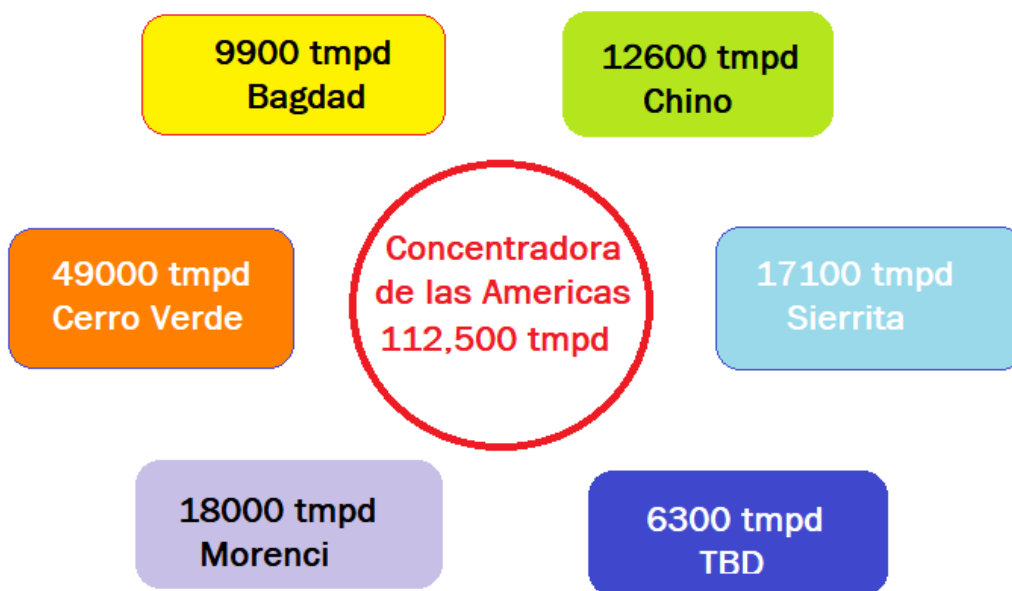


Ilustración 2. Concentradora de las Américas

Fuente: One Drive Freeport McMoran Inc. (2020)

Para alcanzar este desafío. La empresa minera motivo del presente estudio, plantea usar dos herramientas muy valiosas: la vasta experiencia e innovación de todos los integrantes de la Corporación y el combo triple A. Ágil, el Análisis informático de datos e Inteligencia Artificial.

Ágil, es una forma diferente de pensar, es una filosofía de trabajo que consiste principalmente en trabajar juntos, como un gran equipo buscando con agilidad y de manera segura, aprovechando oportunidades de mejora y eficiencia en los procesos. Es una herramienta que bien puede considerarse para potenciar la cultura de alto rendimiento promovida dentro de la corporación.

Esta filosofía tiene algunas características que nos ayudan a fortalecer aún más el trabajo en equipo, la interacción entre personas y la entrega de valor o resultados de manera temprana, maximizando el potencial y minimizando los riesgos dado que el avance y la entrega de resultados son incrementales.

La indicada empresa minera, ya cuenta con tecnología que permite recolectar millones de puntos de información, sensores en camiones y palas, chancadoras y molinos entre otros. El Big Data, permite analizar grandes cantidades de información de forma sencilla y rápida. Esto ayuda a tener la posibilidad de tomar decisiones en tiempo real. La inteligencia artificial en conjunto con el Big Data puede crear modelos que sugieran cambios a la forma que se está operando la mina o las plantas basados en la experiencia y conocimiento de las mismas. Ambas tecnologías unidas permiten generar respuesta en tiempo real mejorando los procesos, desde la planificación hasta el momento en que se embarca el concentrado en puerto.

La aplicación de Ágil se basa en cuatro valores fundamentales.

**Individuos & Interacciones:** Prioriza el capital humano y sus interacciones por encima de cualquier herramienta o proceso. El trabajador es el activo más importante y el relacionamiento directo de sus compañeros es finalmente el factor que aporta a la creatividad y capacidad de innovación.

**Producto funcionando:** Los documentos deben ser el soporte del proceso, mas no barreras en el equipo de trabajo.

**Colaboración con el cliente:** Todos formamos parte del mismo equipo y colaboramos entre nosotros a través de una comunicación constante.

**Respuesta ante el cambio:** Debemos estar preparados para responder rápidamente al cambio. Anticipándonos y adaptando a través de una buena planificación.

En la empresa minera motivo del presente estudio, bajo este enfoque de promocionar la aplicación de Ágil cuenta actualmente con los siguientes equipos Ágiles, los cuales tienen un enfoque a mediano y largo plazo.

**Dakota:** Enfocado en aumentar la producción de cobre con soluciones en los sistemas de Dispatch (mina) y Chancadoras primarias. Este fue creado para ver la oportunidad de incrementar el movimiento total del material minado hasta un 8% y la alimentación a la chancadora primaria en un 7%.

**Eagle:** Enfocado en recopilar todas las iniciativas brindadas por las áreas de mina en Cerro Verde con el propósito de revisar su viabilidad y puesta en práctica.




**Ramp:** El proceso de monitoreo activo remoto RAMP por sus siglas en inglés, tiene como objetivo la identificación temprana y gestión oportuna de las condiciones de operación o mantenimiento que limitan el aprovechamiento de toda la capacidad instalada de los activos del proceso.


**Fox:** Enfocado en valorizar e implementar las iniciativas de innovación creadas y propuestas por los trabajadores de procesos de Cerro Verde.



**Swat:** Se encarga de ver aquellas partes de la planta que nos están afectando con fuerza, concentrando esfuerzos de todo el equipo de procesos según sea necesario para superar problemas puntuales rápidamente.

Adicional al incentivo permanente para agilizar las propuestas de valor en la empresa minera, como eje transversal de desarrollo en la Corporación, se tiene el programa Freeport Edge, que busca en sus colaboradores gestionar en ellos el trabajo en equipo con un comportamiento de una cultura de alto rendimiento operacional, que garantice acciones de alto valor para el desarrollo personal y de la compañía. Para ello se hace mención a los lineamientos propuestos para el Freeport Edge, que se detallan a continuación.

Tabla 5. Programa: Freeport Edge

	<b>Freeport Edge. Comportamientos de una cultura de alto rendimiento</b>	
	<p><b>Apuntar Alto</b></p>	<p><b>Constantemente nos desafiamos a establecer y alcanzar, de manera segura, objetivos ambiciosos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Nos apasiona establecer objetivos audaces</li> <li>•Somos transparentes en cuanto al desempeño, enfatizamos el buen trabajo y somos sinceros a la hora de buscar oportunidades de mejora.</li> <li>•Con nuestros valores y objetivos en mente, revisamos nuestro progreso frecuentemente y nos adaptamos de manera rápida.</li> <li>•Asumimos la responsabilidad de nuestro trabajo, de forma personal, siendo conscientes de cómo nuestras acciones afectan a nuestros trabajadores, al medio ambiente y a las comunidades.</li> </ul>
	<p><b>Buscar Valor</b></p>	<p><b>Es la expectativa que todos desafieemos el status quo, probemos y aprendamos para mejorar y evolucionar (conocido como “MVP”</b></p>

		<p>o Producto mínimo viable por sus siglas en ingles)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Tenemos apertura y valoramos las oportunidades de mejora compartidas por nuestros compañeros de trabajo, líderes, clientes y otras partes interesadas.</li> <li>•Buscamos constantemente soluciones creativas y eliminamos las barreras para entregar valor de forma segura y oportuna.</li> <li>•Presentamos ideas de manera temprana y frecuentemente para obtener retroalimentación y poder mejorar.</li> <li>•Miramos hacia afuera para aprender de los éxitos y fracasos de otros</li> </ul>
	<p><b>Colaborar como un solo equipo</b></p> <p><b>Freeport</b></p>	<p><b>Obtenemos mejores resultados innovando como un equipo y compartiendo conocimientos y adoptando los cambios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Valoramos construir relaciones, interactuar con personas y la colaboración continua.</li> <li>•Somos inclusivos y valoramos la diversidad de habilidades, experiencias, perspectivas e historias.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Buscamos comprender los puntos de vista de los demás antes de actuar o responder.</li> <li>•Compartimos ideas con el resto de la compañía con orgullo.</li> </ul>
	<p><b>Empoderados para Actuar</b></p>	<p><b>Nuestra gente comprende la visión de la compañía y sienten confianza al realizar acciones para alcanzar nuestros ambiciosos objetivos de manera segura.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Entiendo cómo las funciones que realizo se conectan con el negocio y sé con quién trabajar para hacer que las cosas sucedan.</li> <li>•Tengo confianza al tomar decisiones; mis líderes me respaldan y se enfocan en eliminar las barreras.</li> <li>•Se me anima a innovar y se espera que colabore para resolver problemas de forma creativa</li> </ul>
	<p><b>Desarrollar y dar Coaching a nuestra gente</b></p>	<p><b>Damos coaching y hacemos seguimiento de manera intencional a nuestros trabajadores, fortaleciendo y desarrollando habilidades para hoy y mañana; nuestro éxito depende de liberar el potencial de cada uno de nosotros.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Nuestros líderes inspiran, enmarcan y dan forma, en lugar de mandar y dirigir.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Lideramos desafiando, reconociendo y celebrando los éxitos y fracasos de nuestra gente.</li> <li>•Nuestros líderes fomentan la creatividad, apoyan la toma de iniciativas y brindan retroalimentación frecuentemente</li> </ul>
--	--	---

Fuente: One Drive Freeport McMoran Inc. (2020)

### 2.2.2. Gestión de Mantenimientos Mayores

Se considera un mantenimiento mayor cuando el impacto en tiempo y costo por lucro cesante sea mayor a 5 días. Los programas de mantenimiento programados consideran los trabajos críticos y su duración. En el caso de la planta concentradora, los trabajos más críticos se considera el cambio completo de linner de los molinos de bolas con una duración de 48 horas, el cambio de cóncavos y main shaft en la chancadora primario con una duración de 86 horas, los cambios de fajas en los conveyor de mayor longitud con una duración de 106 horas. Todos aquellos trabajos con duración mayor a los críticos se consideran mayores como es el caso de la reparación o cambio de sistema motriz del espesador que está prevista una duración de 38 días efectivos, con un impacto por lucro cesante de 48 millones de dólares

### 2.3. Introducción a las Metodologías Ágiles

A lo largo del tiempo se ha buscado la manera de optimizar procesos, ya sea reduciendo tiempos o costos, siendo muchas de estas pérdidas ocasionadas por demoras relacionadas a la toma de decisiones, falta de comunicación o incluso al procedimiento que tendría que seguir los diversos trámites para la ejecución de proyectos.

En el rubro de minería, muchos proyectos están sujetos a cambios constantes debido a que algunos de estos se realizan durante situaciones de emergencias ocasionadas en paradas de plantas. Es entonces el motivo por el que se busca la gestión ordenada, integrada y efectiva, con el fin de evitar incumplimientos en los plazos de entregas, variación en presupuestos, tiempos extras de trabajos u otros inconvenientes.

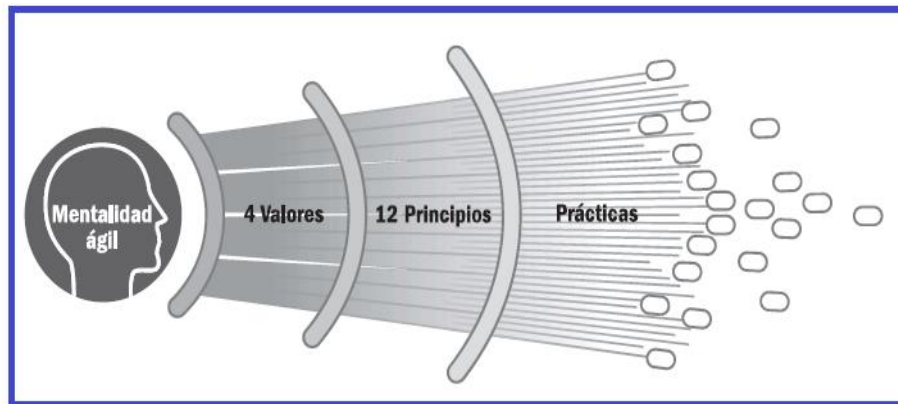
Es así como se llega a las metodologías ágiles, las cuales al ser implementadas en diversos proyectos han demostrado éxitos, acelerando el tiempo de entrega, generando una mejor visibilidad de los proyectos realizados y, por lo tanto, el incremento la productividad de estos.

### **2.3.1. Definición de Metodologías Ágiles**

Son un conjunto de técnicas adaptativas y flexibles que permiten reducir tiempos e incluso costos en un proceso, es por eso que muchas empresas se han preocupado en implementarlas (Hernández, Ortega, Edgar, & Cuauhtémoc, 2014).

Las metodologías ágiles nacen con el desarrollo vertiginoso del software y la industria asociada a ella, pero, sin embargo, en la actualidad, se ha expandido a otras industrias como manufactura, educación, salud, construcción y otros sectores que se están volviendo ágiles por necesidad a diferentes niveles.

Ágil, es una metodología basada en la aplicación de valores, guiada por principios y que se practica bajo diferentes enfoques que agregan valor y están centradas en el cliente o usuario, y se desarrollan de acuerdo a sus necesidades. Esto se esquematiza en la ilustración 3.



*Ilustración 3. Relación entre valores, principios y prácticas del manifiesto Ágil.*

Fuente: Project Management Institute (2017)

### 2.3.2. Origen de las Metodologías Ágiles

En el año 2001, un conjunto de 17 profesionales expertos en el desarrollo de softwares, intercambian ideas llegando a ofrecer una alternativa diferente a las técnicas tradicionales (Alaimo), las cuales se caracterizan por ser rígidas, difíciles de adaptar a los cambios y con documentación extensa (Navarro Cadavid, Fernández Martínez, & Morales Vélez, 2013). Esta nueva alternativa, buscó la manera de desarrollar softwares rápidamente y adecuarse a los cambios de un determinado proyecto (Alaimo).

Cabe mencionar que la razón de estas metodologías se remonta en el año 1968, cuando se encontraban retrasos, costos excesivos y calidad deficiente en los procesos, llamándose a estas pérdidas como “Crisis del Software”, siendo el principal inconveniente, que la gestión de proyectos no se podía ejecutar en situaciones cambiantes e inestables. (Vargas, Hernandez, & Jaen, 2014) Es justamente en este año que Hirotaka Takeuchi e Ikujiro Nonaka publicaron su artículo titulado “The New Product Development Game”, donde se explica la importancia de alcanzar un proceso

rápido y flexible dando un enfoque holístico, el cual cuenta con 6 características: inestabilidad incorporada, equipos de proyecto autoorganizados, fases de desarrollo superpuestas, multiaprendizaje, control sutil y transferencia organizativa del aprendizaje. (Hirota & Ikujiro, 1986) Además, se mencionaban ejemplos de empresas que estaban adaptando metodologías que iban en contra de la manera de gestionar proyectos en esos tiempos, alcanzando resultados satisfactorios (Vargas, Hernandez, & Jaen, 2014).

### 2.3.3. Diferencia entre Metodologías Ágiles y Metodologías Tradicionales

Durante los últimos años se ha buscado aligerar procesos con el fin de acelerar la capacidad de respuesta, dejando muchas veces de lado las metodologías tradicionales. En la tabla 6, se muestra la comparación de ambas metodologías.

*Tabla 6. Diferencias entre Metodologías Tradicionales y Metodologías Ágiles*

<b>Metodologías Tradicionales</b>	<b>Metodologías Ágiles</b>
Predictivas	Adaptativas
Dirigido a los procesos	Dirigido al personal
Proceso rígido	Proceso flexible
Un solo proyecto	Un proyecto se divide en pequeños proyectos
Comunicación limitada con el cliente	Constante comunicación con el cliente
Entrega única de software al finalizar	Entrega constante de softwares
Documentación extensa	Documentación concisa

Fuente: Vargas, Hernandez, & Jaen (2014)

## 2.4. Ágile Alliance

Es una organización no lucrativa, creada con el fin de promover ciertos valores y principios determinados por la filosofía Ágil para de esta manera ayudar a diversas empresas a adoptar estos conceptos (G. Bioul, 2010), (González, 2004).

### 2.4.1. Manifiesto Ágil

Es un documento que comprende los valores y principios en los que las metodologías ágiles se basan (Menéndez, 2016), (Vargas, Hernandez, & Jaen, 2014).

A continuación, se mencionan los cuatro valores desarrollados en el Manifiesto Ágil:

- Incentiva el valor por los integrantes del equipo y sus relaciones con el proyecto por encima de los procesos y las herramientas.
- Valora por encima del seguimiento a un plan establecido, a la respuesta al cambio que da valor al proyecto.
- Prioriza la estrecha relación y colaboración con el usuario final o cliente por la negociación contractual.
- Da valor al uso de software que da valor agregado al proyecto, más que a la documentación exhaustiva.

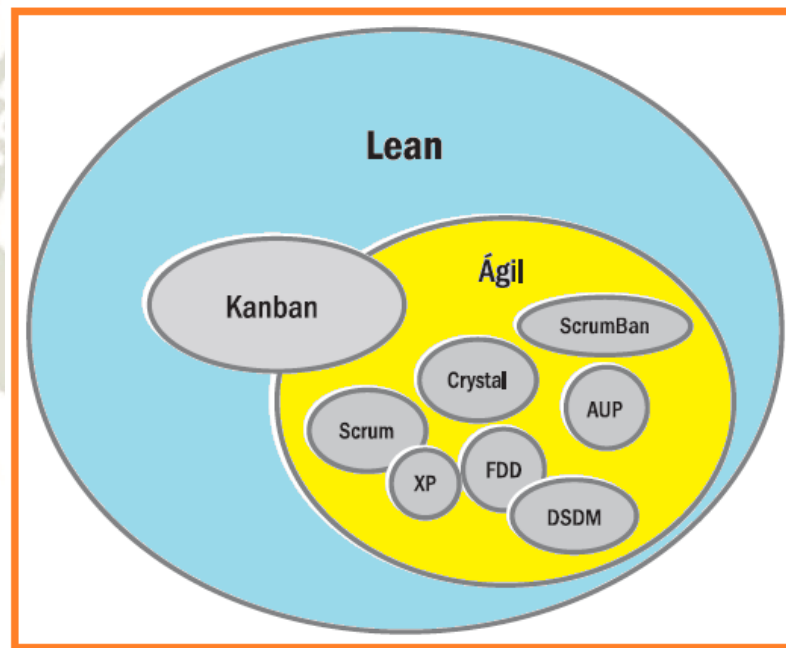
### 2.4.2. Ágilidad

Según la Real Academia Española, la palabra agilidad está estrechamente relacionada con rapidez, habilidad y prontitud (Real Academia Española, 2020). Entonces, la implementación de las metodologías ágiles están enfocadas a reducir o

eliminar ciertas tareas que no son necesarias o que su aporte al producto o sistema es insignificativo, dentro de ellas las administrativo-burocráticas (Palacio, 2020).

## 2.5. Principales Metodologías Ágiles

Los enfoques de la metodología Ágil, son un amplio espectro de términos genéricos y métodos que se complementan con otras metodologías como el Lean, en ambas se centran en el cliente para generar valor, eliminando residuos improductivos, esto se muestra en la ilustración 4.



*Ilustración 4. Ágil como término genérico para muchos enfoques.*

Fuente: Project Management Institute (2017)

Actualmente existen diferentes metodologías ágiles, dentro de las cuales, las siguientes se consideran como las más usadas:

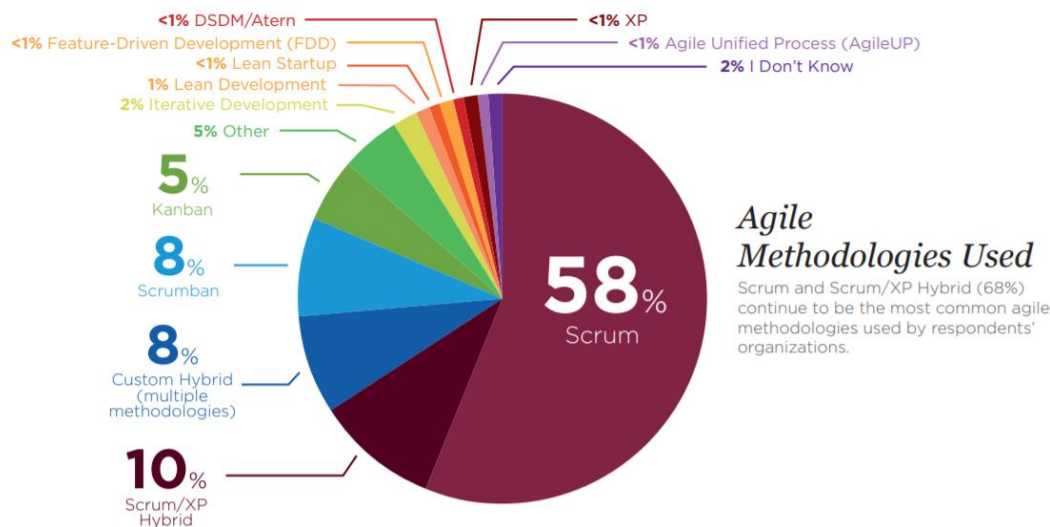


Ilustración 5. Metodologías ágiles usadas

Fuente: Version One Agile Made Easier (2017)

En la Ilustración 5, se muestra que la metodología Scrum es la más usada, representada por un 58%, seguidamente se tiene la metodología XP Hybrid, Custom Hybrid, Scrumban y Kanban con un 10%, 8%, 8% y 5% respectivamente (Version One Agile Made Easier, 2017).

### 2.5.1. Metodología Scrum

Scrum es una metodología que se caracteriza por equipos de trabajo autónomos y auto-organizados que dan a conocer sus conocimientos de manera abierta. Además, utiliza una estrategia de desarrollo incremental. También, espera un resultado debido al conocimiento y creatividad que se supone que las personas de un equipo de trabajo poseen. Finalmente, evita que las fases se realicen de manera secuencial, buscando la manera de solaparlas. (Palacio, 2020)

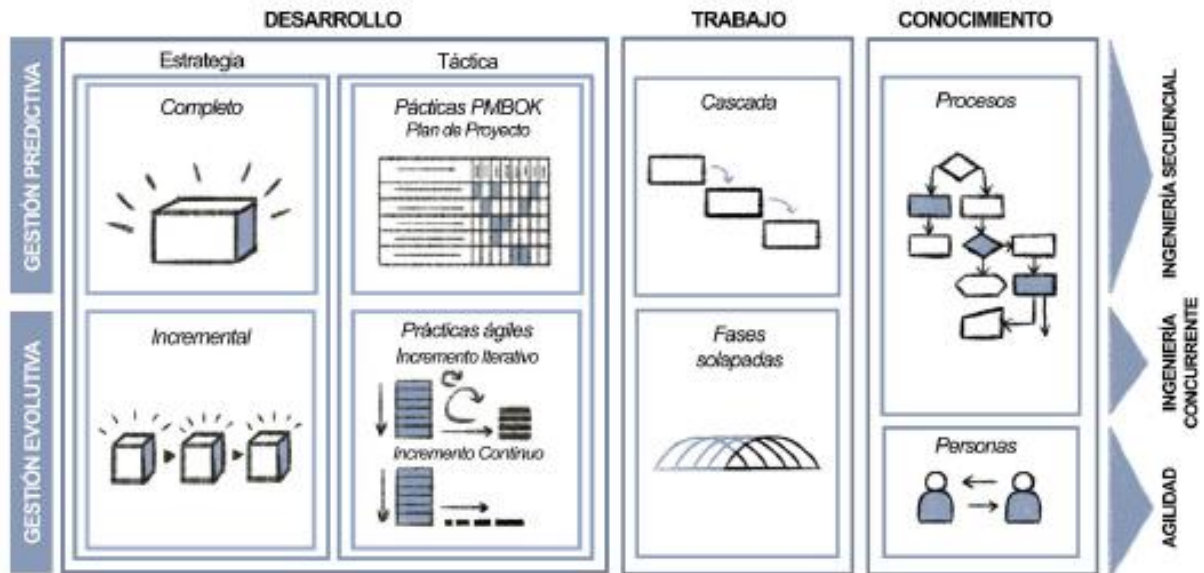


Ilustración 6. Diagrama de Conceptos

Fuente: Palacio (2020)

Según la Ilustración 6, el desarrollo se puede realizar de dos maneras diferentes:

a. Desarrollo completo:

En este caso, al principio del proyecto se describe a detalle y de manera completa lo que se desea obtener. Entonces, se requiere un plan inicial donde se disponen las tareas y recursos necesarios. Además, durante la ejecución del proyecto se busca alcanzar lo esperado. (Palacio, 2020)

b. Desarrollo incremental:

A diferencia del desarrollo completo, aquí no se obtiene la toda la información de la descripción del proyecto, esta se va complementando y evolucionando durante el desarrollo del proyecto (Palacio, 2020).

### 2.5.2. Metodología Kanban

El método Kanban, se inició en los años 2000 como una alternativa a otros métodos ágiles que en ese momento se iniciaban en desarrollo. Está fundamentado en el Lean Manufacturing. Específicamente se inició en la aplicación de Toyota Production System (TPS) y es aplicado especialmente para trabajos relacionados con el conocimiento, es decir se fundamenta en la necesidad del cliente y no en la forma tradicional de producir productos e intentar insertarlos al mercado. Es la forma original del sistema “just in time” (justo a tiempo). El objetivo principal es crear más valor para el cliente sin generar más gastos. (Toledano De Diego, Mañes Sierra, & García, 2009)

Kanban deriva de una palabra compuesta de origen japonés que significa lo siguiente: Kan (visual) y Ban (Tarjeta), es por ello que este método usa tarjetas visuales de fácil uso por el equipo Ágil, pudiendo actualizarse y redefinir las prioridades que serán asumidas por el equipo del proyecto Ágil. (Gilibets, 2020)

Para la aplicación de este método, se hace uso de imágenes o tarjetas muy llamativas, que describen un flujo visual de tareas a desarrollar y su estado actual, es decir si están pendientes (To Do), en proceso (Doing), en evaluación (Testing) o finalmente ya entregadas (Done), de esta manera se visualiza las restricciones o cuello de botellas, que originan retraso o acumulación de tareas y que son estas las que limitan la calidad y tiempo de ejecución y entrega del producto. Identificadas estos cuellos de botellas, el equipo asume la priorización de estos pendientes a fin de agilizar la ejecución y entrega oportuna del producto.

### 2.5.3. Metodología Lean

Fue creada por el ingeniero Taiichi Ohno, de la transnacional Toyota, por años 80, como una filosofía de gestión de empresas. Está centrada en buscar los más altos estándares de eficiencia disminuyendo principalmente todo tipo de desperdicios ya fuese de materiales o de tiempos de producción, reduciendo procesos innecesarios, así como la identificación las tareas que hacen lento el proceso, por el contrario, buscando actividades que realmente den valor al proceso productivo. Para la aplicación de este método se deben identificar los siguientes siete desperdicios: Movimientos relacionados a la ergonomía, desplazamientos de equipos y movimientos de las personas, sobreproducción generando stock no requerido por el cliente, espera que no aportan valor, transporte o movimientos innecesarios de materiales, sobre proceso cuando hay demasiados procesos o innecesarios, corrección de productos defectuoso, e inventario o almacenaje correctos.

De este modo, se utilizan menos recursos, menos esfuerzo y menor tiempo. maximizando la eficiencia. Nace en la industria automovilística pero rápidamente se expande a las otras industrias como las de manufactura (Lean Manufacturing en 2011) y Lean Construction en la industria de la construcción.

Las ventajas demostradas en la aplicación industrial de este método son los siguientes:

- Reducción significativa de costos, al optimizar los procesos productivos y eliminar los costos innecesarios.

- Satisfacción del cliente, entregando productos en el momento adecuado y cumpliendo con las expectativas de calidad requerida por el cliente.
- Minimiza el riesgo, disminuyendo la posibilidad de error, orientado al equipo a la toma de decisiones mejor fundamentadas.
- Reducción de tareas que no agregan valor, implica disponibilidad de productos reduciendo artículos defectuosos o tiempo de inactividad. Permitiendo optimizar la administración del inventario.
- Trabajo en equipo, todos los empleados se sienten parte del proceso, motivándolos y por lo tanto elevando su productividad, además mejora el ambiente laboral.

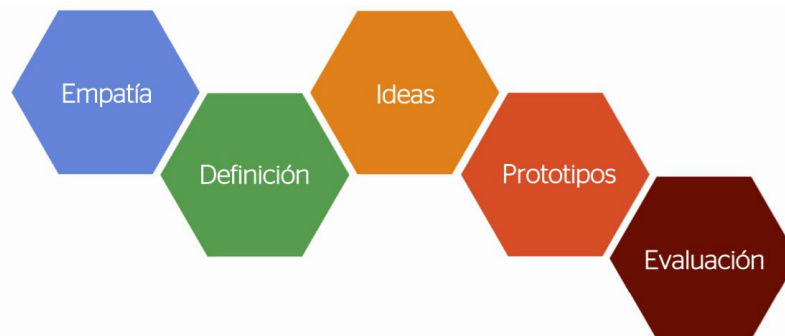
## 2.6. Design Thinking

Es una metodología que ha sido diseñada para buscar soluciones a diversas problemáticas. Es por eso que esta técnica se utiliza mucho en la creación de nuevos productos, servicios o incluso para generar ideas de mejora o ideas atractivas para los clientes. (Rosas Madrigal, Ruíz González, Martínez Hernández, Cantú Rodríguez, & Enríquez de León, 2018)

La principal característica de esta técnica se basa en la innovación para así crear un impacto positivo en las personas o clientes cubriendo las necesidades que no son atendidas (Rosas Madrigal, Ruíz González, Martínez Hernández, Cantú Rodríguez, & Enríquez de León, 2018) , (Lugo Muñoz & Villegas Ramos, 2021).

### Pasos para elaborar un Design Thinking

El Design Thinking consta de 5 pasos importantes, los cuales se muestran en la Ilustración 7.



*Ilustración 7. Pasos del Design Thinking*

Fuente: BBVA Banco Continental (2017)

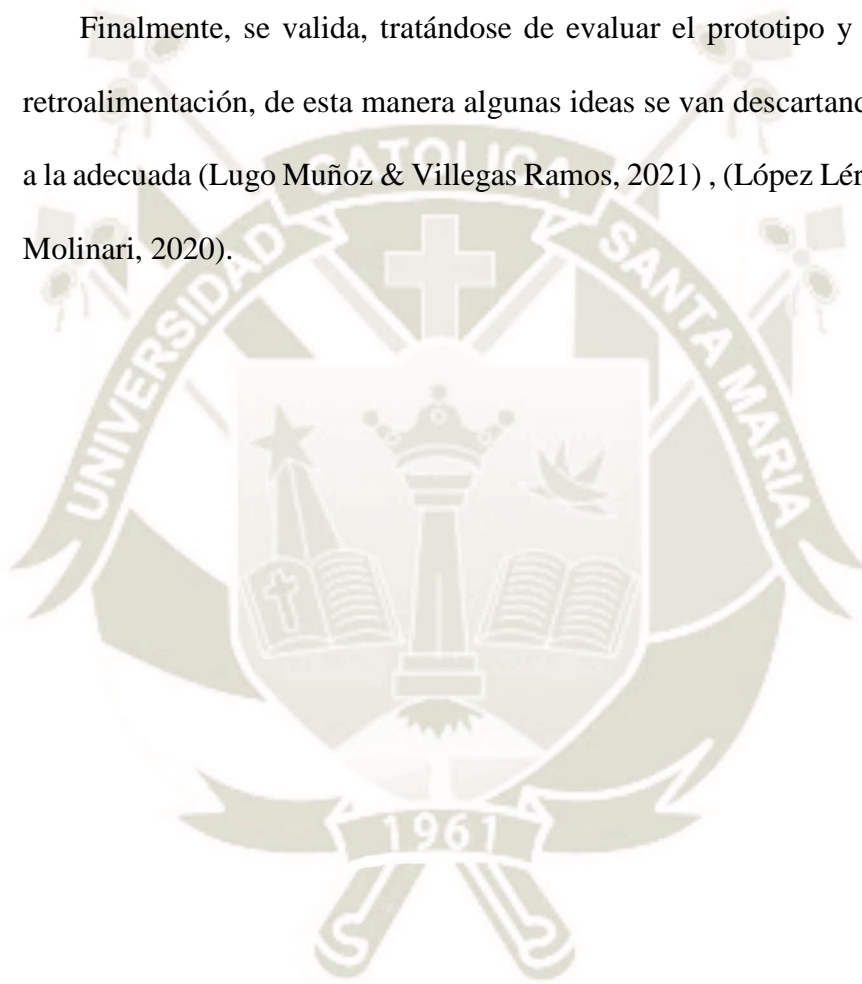
El primer paso es la empatía, el cual indica que se debe conocer al usuario, mostrarse empático con este para vivenciar y entender claramente la necesidad a atacar (Rosas Madrigal, Ruíz González, Martínez Hernández, Cantú Rodríguez, & Enríquez de León, 2018).

En segundo lugar, se define para tener claros los descubrimientos del paso anterior, aquí se debe plantear correctamente el problema y precisar la idea del proyecto, considerando las fortalezas y debilidades de esta (Lugo Muñoz & Villegas Ramos, 2021).

Luego, se idealiza, esta etapa consta de generar ideas claras de manera colectiva, crear soluciones innovadoras que podrían solucionar el problema definido. Generalmente se utilizan herramientas como croquis, mindmaps, prototipos y storyboards con el fin de explicar la propuesta de una manera adecuada y así facilitar el entendimiento del equipo de trabajo. (López Lériida & De León Molinari, 2020)

Después, se realiza un prototipo, generando elementos informáticos dentro de ellos se realizan dibujos, maquetas, artefactos y objetos entre otros, para interactuar con este y responder interrogantes que se acerquen a la solución final (Lugo Muñoz & Villegas Ramos, 2021).

Finalmente, se valida, tratándose de evaluar el prototipo y establecer una retroalimentación, de esta manera algunas ideas se van descartando, hasta llegar a la adecuada (Lugo Muñoz & Villegas Ramos, 2021) , (López Lériida & De León Molinari, 2020).



## CAPITULO III.

### 3. PROPUESTA METODOLÓGICA

#### 3.1. Metodología y Diseño

La finalidad de proponer el diseño que permita aplicar las metodologías ágiles específicas en problemas que requieren soluciones rápidas, oportunas y de calidad, como son los proyectos de Mantenimiento, se da con la finalidad de dar una visión más amplia que considere nuevos enfoques que no se aplican en el desarrollo de proyectos con orientación en el PMI actualmente en la empresa minera motivo del presente estudio. La presente propuesta busca agilizar los procesos de mantenimiento y con ello la productividad de Planta concentradora, que es el entorno en que se basa el presente estudio.

Los proyectos de Mantenimiento de Planta, se requieren sean ejecutados en el menor tiempo de parada del equipo, dado que esto está relacionado a la afectación de los indicadores de gestión y a la producción propia de la planta. Dentro de los indicadores de mantenimiento, se considera la disponibilidad la cual disminuye cuando más horas de parada tiene un equipo. Por esta razón y en función a las políticas de promoción de inventivas y agilización de solución de problemas dentro de la empresa minera motivo del presente estudio, es que se adecua a plantear soluciones como las propuestas en el presente estudio.

Los mantenimientos de Planta, ya sean rutinarios y preventivos, se tienen planificados o programados anualmente dentro de un programa que integre las plantas de Producción. En este programa se considera los diversos recursos como supervisión propia de la empresa minera, personal contratista que desarrolla las tareas

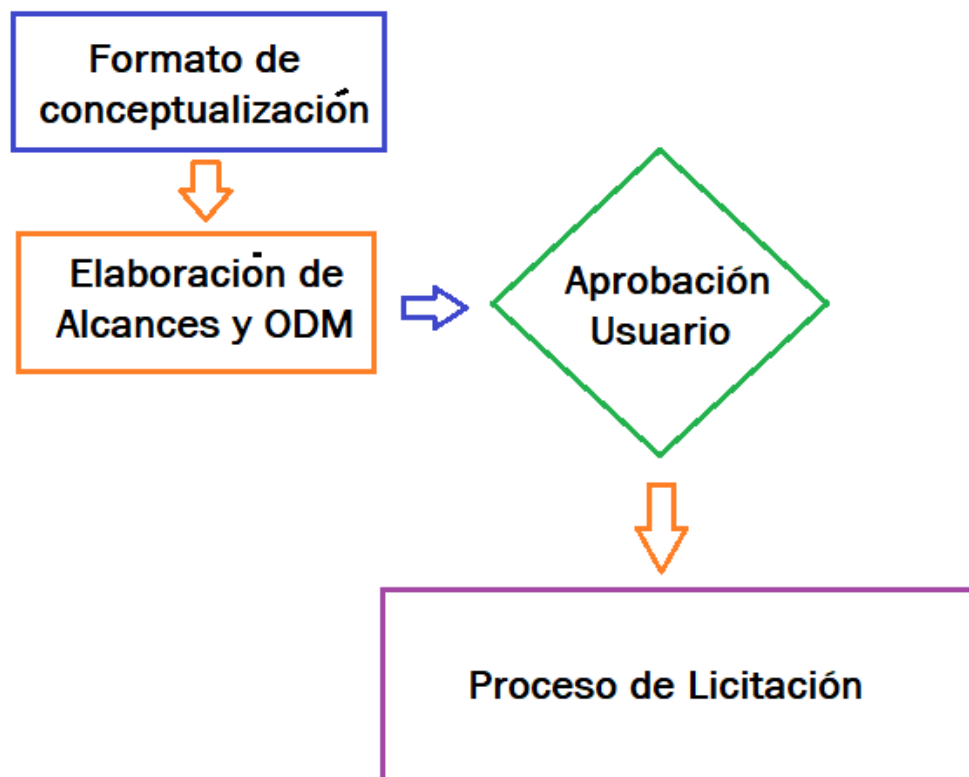
programadas y los repuestos. En este programa se considera y actualiza teniendo en cuenta las mediciones y pruebas predictivas que van dando soporte a lo programado, esto dentro del marco declarado de cantidad de horas, disponibilidad y producción contemplado en cada mes. Siendo un indicador de desempeño el cumplimiento de estas metas.

El problema que se analiza, considera la presencia de tareas de larga duración no previstas y no declaradas, que surgen como un deterioro imprevisto de algún componente que afecte el funcionamiento de un equipo, como es el espesador de Relaves que es motivo del presente estudio. Como se explicó en el marco teórico, éste equipo al salir de operación afecta un 50% de productividad y su reparación no está considerada en el programa de mantenimiento. En este contexto, la corporación, solicita la búsqueda de soluciones ágiles y de calidad que aseguren la no afectación de la operatividad, o en el peor de los casos, el impacto sea minimizado. En este entorno, es que se establece al equipo de proyectos, para que lidere este proyecto, a partir del cual, se establece a revisar las principales restricciones en un proceso normal de ejecución y buscar soluciones ágiles para viabilizar la ejecución del presente proyecto

Dentro de los procesos normales de ejecución de proyectos se realiza de la siguiente manera:

El área usuaria, en este caso Mantenimiento y Operaciones, solicita a través de un formato de conceptualización la intervención del equipo de proyectos. En este formato, se considera los aspectos significativos del problema, el centro de costo al cual se cargará los gastos que derive el presente proyecto y el coordinador del proyecto de parte del usuario, que es con quien se determina los entregables del

proyecto. El siguiente paso es la asignación del administrador del proyecto y del desarrollo de Ingeniería, quienes elaboran la Orden de Magnitud ODM, o presupuesto del servicio, el desarrollo de esto en promedio se define en un plazo de 30 días, de acuerdo a procedimiento de la Gerencia de Proyectos GPIC. En esta ODM, se explica el alcance del proyecto y el costo que este incurriría, el cual se envía al usuario para aprobación, esta aprobación pasa por las diversas gerencias usuaria teniendo un promedio de tiempo de 15 días. Con esta autorización y con un centro de costo aprobado, se desarrolla la ingeniería del proyecto con las memorias de cálculo y planos de Ingeniería Básica, que, para el caso de un proyecto de esta envergadura, se demora en promedio 45 días, esto se muestra en la ilustración 8.



*Ilustración 8. Procesos Previo a la ejecución de Proyectos - GPIC*

Fuente: Elaboración Propia

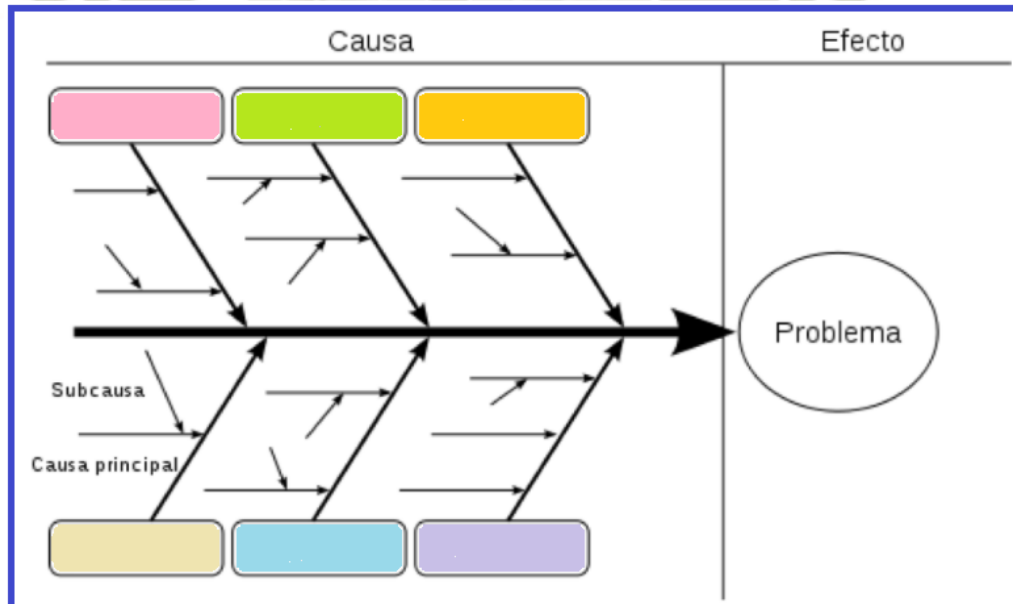
Una vez definido el alcance y los planos de Ingeniería Básica, el administrador del proyecto debe generar un requerimiento de Cotización CR, el cual es gestionado por el área de Contrataciones de la empresa. Este proceso desde la invitación de postores, visita técnica, absolución de consultas, presentación de propuestas, evaluación de propuestas, levantamiento de observaciones y reunión de inicio o Kick off Meeting con el postor ganador, toma aproximadamente 60 días. Una vez asignado el postor ganador, este debe acreditar a su personal en los diversos cursos obligatorios de Seguridad como son cursos de espacio confinado, trabajos en altura, bloqueo de energía, trabajos en caliente, etc, que son obligatorios por el DS024-2019 y de estricto cumplimiento de cualquier trabajador dentro de la propiedad minera. Este proceso toma un promedio de 30 días, siempre y cuando la empresa ganadora cuente con todo el personal asignado al proyecto. A la par, de estas acreditaciones, la empresa contratista debe hacer aprobar los procedimientos de trabajo POES requeridos para la ejecución de los trabajos dentro de mina. Esto significa que para tener habilitado un contratista para iniciar la reparación contemplado en este proyecto, promedio se demora 3 a 4 meses. Siendo esta la principal restricción, además de definir claramente los procesos a emplear en el proyecto como son los procedimientos de izaje y contratación de equipos requeridos para montaje, dado el diámetro del espesador, el cual es de 80 m de diámetro y salvar algunas restricciones de espacio en la zona de trabajo. En este entorno, se debe analizar como buscar soluciones a estas restricciones sin saltar procedimientos de contratos y de seguridad dentro de la propiedad.

Además de las restricciones indicadas, el hecho de parar intempestivamente este equipo, se ve seriamente reducido la recuperación de agua que se requiere en el proceso de molienda y flotación, es por ello que se establecen los siguientes pasos para el desarrollo de la solución

del presente estudio. El problema principal que se ha identificado en el espesor de relaves, es la falla del sistema motriz, para ellos se requiere el cambio y con esto la modificación estructural del puente, estudio de procedimientos de izajes, pruebas y puesta en marcha, y todas las actividades previas que se detallaran más adelante como parte de aplicación específica de agilizar los proyectos de mantenimiento.

### 3.2. Identificación de Restricciones

La evaluación de la situación problemática actual es el inicio de la implementación propuesta, este análisis se realizará considerando la solución final a resolver y se analizaran las causas que facilitarían este objetivo final, para ello utilizaremos representaciones graficas simples que relacionen las causas y su efecto, para ello el más conocido es el diagrama de Ishikawa o diagrama de causa efecto, como se muestra en la Ilustración 9.



*Ilustración 9. Figura Causa efecto Ishikawa*

Fuente: Gómez (2017)

### 3.3. Definición del equipo Scrum del Proyecto

Definida la problemática a afrontar, se podrá identificar el equipo requerido y las especialidades de los miembros de este equipo Scrum. Para ello de acuerdo a la metodología Ágil Scrum se debe definir los roles y se debe además identificar las responsabilidades que cada miembro del equipo va a asumir, según se muestra en la Ilustración 10.

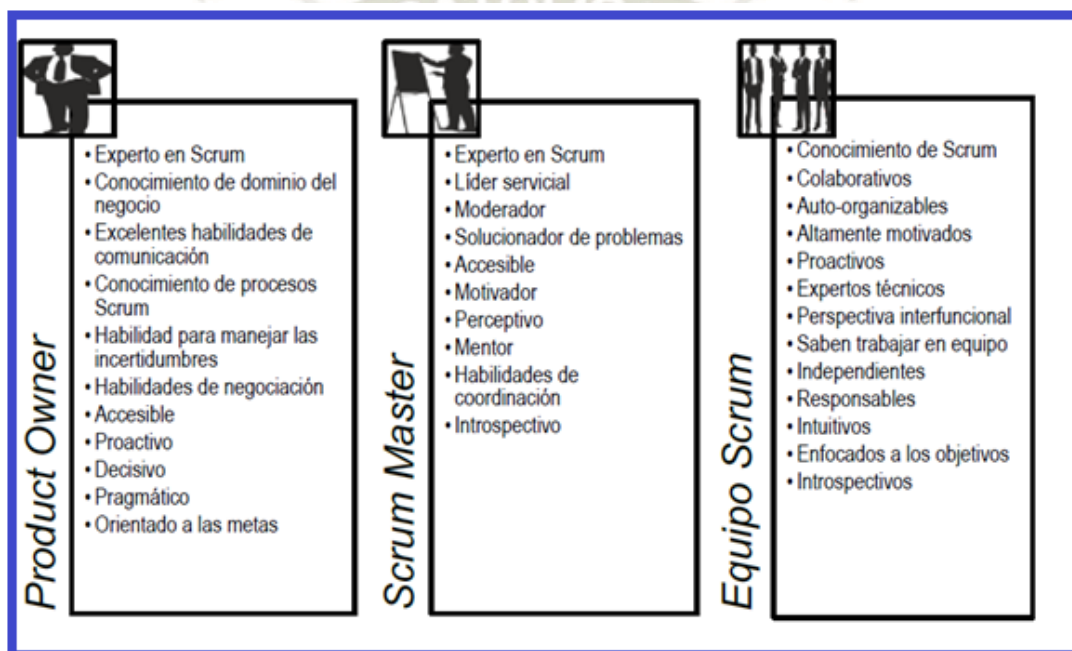


Ilustración 10. Características deseadas de los roles centrales de Scrum

Fuente: SCRUMstud (2017)

Estos roles incluyen:

- **El Product Owner** es la persona conocedora del negocio, y es responsable de obtener el máximo valor organizacional para el proyecto. Esta persona también es responsable de la adecuada articulación de requerimientos del cliente o usuario y de mantener el adecuado equilibrio de costo beneficio para el negocio con la

ejecución del proyecto. El Product Owner representa la voz del usuario que en este caso es el área Operativa.

- **El Scrum Master** es la persona con conocimientos mínimos de la metodología Scrum, cumple el rol de facilitador cuya función es asegurar que el Equipo Scrum cuente con un ambiente propicio para completar el proyecto con éxito. El Scrum Master es un guía, que facilita y capacita en las prácticas de Scrum a todos los involucrados en el proyecto; además es el encargado de eliminar los obstáculos o impedimentos que pueda tener el equipo y se asegura de que se estén siguiendo los adecuados procesos de Scrum.
- **El Equipo Scrum** o también llamado equipo de desarrollo es el grupo de personas responsables de trabajar en las historias de usuario en el Sprint Backlog para crear los entregables del proyecto o desarrollo del producto, en otras palabras, este grupo de personas deben entender los requerimientos mínimos especificados por el Product Owner y de crear los entregables del proyecto.

Los equipos Scrum son auto organizados y multifuncionales, ellos eligen la forma más óptima para llevar a cabo su trabajo dentro del proyecto, no necesitan ser dirigidos por personas externas al equipo Scrum. La metodología del equipo Scrum está diseñada para optimizar la creatividad, la flexibilidad y sobre todo la productividad.

Se debe considerar el tamaño óptimo del equipo Scrum, debe ser lo suficientemente pequeño como para agilizar el proyecto y lo suficientemente grande como para completar la cantidad de trabajo significativo, se recomienda un mínimo de

3, y generalmente el máximo puede variar entre 9 o 12 según la envergadura del proyecto, en la Ilustración 11 se muestra un resumen de las responsabilidades.

Rol	Responsabilidades
Equipo Scrum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asume la responsabilidad colectiva y garantiza que los entregables del proyecto sean elaborados según los requerimientos</li> <li>• Asegura al Product Owner y el Scrum Master que el trabajo asignado se está llevando a cabo según el plan</li> </ul>
Product Owner/ Chief Product Owner	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elabora los requerimientos generales iniciales del proyecto y arranca el proyecto</li> <li>• Nombra a las personas apropiadas en los roles de Scrum Master y Equipo Scrum</li> <li>• Ofrece los recursos económicos iniciales y constantes para el proyecto</li> <li>• Determina la visión del producto</li> <li>• Evalúa la viabilidad y asegura la entrega del producto o servicio</li> <li>• Asegura la transparencia y claridad de los elementos del Backlog Priorizado del Producto</li> <li>• Decide el contenido comercial mínimo que se puede presentar</li> <li>• Proporciona los criterios de aceptación de las historias de usuario a ser desarrolladas en un sprint</li> <li>• Inspecciona los entregables</li> <li>• Decide la duración del sprint</li> </ul>
Scrum Master/ Chief Scrum Master	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se asegura de que todos los miembros del equipo, incluyendo el Product Owner estén cumpliendo correctamente los procesos de Scrum</li> <li>• Se asegura de que el desarrollo del producto o servicio avance sin contratiempos y que los integrantes del Equipo Scrum cuenten con todas las herramientas necesarias para realizar el trabajo</li> <li>• Supervisa la reunión de planificación del lanzamiento y programa otras reuniones</li> </ul>
Program Product Owner	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define los objetivos estratégicos y las prioridades de los programas</li> </ul>
Program Scrum Master	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resuelve problemas y coordina reuniones para los programas</li> </ul>
Portfolio Product Owner	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Define los objetivos estratégicos y las prioridades de los portafolios</li> </ul>
Portfolio Scrum Master	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resuelve problemas y coordina reuniones para los portafolios</li> </ul>
Stakeholder(s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Término colectivo que incluye a clientes, usuarios y patrocinadores (<i>sponsors</i>).</li> <li>• Interactúa frecuentemente con el Product Owner, el Scrum Master y el Equipo Scrum para brindarles aportes y facilitar la creación de los entregables del proyecto</li> </ul>
Scrum Guidance Body	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establece las directrices generales y los parámetros para desarrollar la descripción de roles para los integrantes del Equipo Scrum</li> <li>• Funge como consultor de proyectos en toda la organización en distintos niveles</li> <li>• Entiende y define los niveles apropiados de agrupación, roles y reuniones para el proyecto Scrum</li> </ul>

*Ilustración 11. Resumen de las responsabilidades pertinentes a la organización*

Fuente: SCRUMstud (2017)

### 3.4. Búsqueda de Soluciones innovadoras, mapa de empatía y Lean Canvas

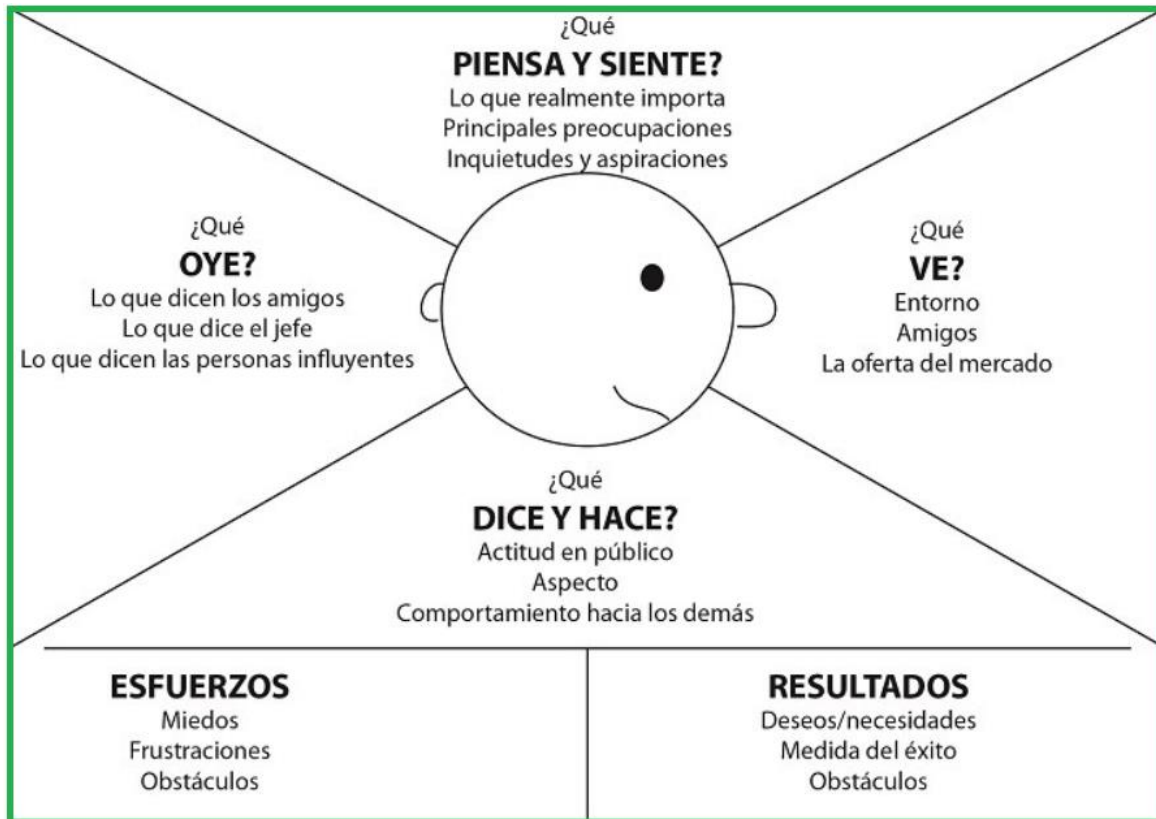
Dentro de la búsqueda de soluciones innovadoras, vamos a aplicar el mapa de empatía, sugerido por la metodología Design Thinking. Este mapa de empatía que se muestra en la Ilustración 12, se orienta a buscar la solución que el cliente realmente quiere obteniendo valor de ella, y se plantea colocándose en el lugar del cliente, tratando de entender desde su perspectiva que es lo que busca, para ello debemos seguir los siguientes pasos:

**Fase I: Segmentación:** De acuerdo a la problemática analizada en el diagrama causa efecto nos permitirá visualizar las áreas o sectores que son parte de la solución requerida, entre ellas se puede observar distintas áreas operativas que deben buscar soluciones individuales para obtener una solución integral y que de valor al negocio. Es decir, cada área operativa orientada por el Scrum Master, deberá buscar a los problemas individuales soluciones, con la participación del equipo

**Fase II: Personalización o Humanización:** Para empatizar se necesita personalizar el problema, para poder establecer empatía con esta persona se debe tener a quien queremos identificar, en este caso es a la persona encargado de la Operación de la Planta Concentradora, motivo del presente estudio, a quien vamos a identificar sus necesidades y ponernos en su posición para entender su problema y así tener la solución que este personaje requiera.

**Fase III: Empatizar:** En esta fase nos pondremos en la piel del cliente o usuario final de nuestro proyecto, para ello nos haremos diversas preguntas sobre sus

necesidades, como percibiría la solución que requiere. Para ello el mapa de empatía a utilizar nos propone las siguientes preguntas a resolver para cada problema específico.



*Ilustración 12. Mapa de empatía*

Fuente: Prim (2016)

¿Qué ve?: Cual, y como es su entorno, tenemos que conocer cómo es el entorno social de la persona a la cual estamos analizando.

¿Qué dice y qué hace?: como se expresa y como actúa, debemos verificar si existe coherencia entre lo que expresa y lo que hace, Con ello se pretende conocer al usuario a partir de su comportamiento.

¿Qué oye?: En esta etapa es sumamente importante validar la información que recibe de su entorno y como lo valora.

¿Qué piensa y qué siente?: aquí se pretende establecer lo que realmente le interesa al usuario final del proyecto. Lo que realmente considera el usuario le da valor agregado a la solución planeada.

A continuación de haber completado estas cuatro preguntas, es importante completar otras dos interrogantes.

¿Cuáles son los esfuerzos que realiza?: es decir cuáles serían los posibles riesgos a afrontar, algunas barreras que se puedan encontrar para la búsqueda de solución.

¿Cuáles son los resultados y/o beneficios que espera obtener?: con esta etapa se espera definir cuál sería la necesidad real, que es lo que realmente espera y da valor al negocio y sobre todo como lograría alcanzar sus objetivos propuestos.

Una vez culminado el mapa de empatía, se podrá verificar la cantidad y calidad de información para resolver el problema.

También para la búsqueda de soluciones innovadoras y aplicativas se utilizará el Lienzo de Lean Canvas, que se muestra en la tabla 7, esta nos ayuda a visualizar el modelo del negocio a abordar, esta se centra en generar nuevas ideas innovadoras para luego poder llevarlas a prototipados para verificar la aplicabilidad de las soluciones planteadas, para ello se utiliza para observar uno o más problemas específicos, aclara la proposición de valor, establece soluciones señalando los canales, una vez planteada la solución se establece las métricas clave y describe los costos estructurados. Con este método se pretende definir el Producto mínimo viable (PMV).

Tabla 7. Modelo Lean Canvas

**MODELO LEAN CANVAS**

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>PROPOSICION DE VALOR UNICA</b>	<b>VENTAJA ESPECIAL</b>	<b>SEGMENTOS DE CLIENTES</b>
	<b>METRICAS</b>		<b>CANALES</b>	
<b>COSTOS</b>			<b>INGRESOS</b>	

Fuente: Osterwalder & Pigneur (2010)

### 3.5. Elaboración del Sprint Backlog del Proyecto

El Sprint Backlog, nos dará una visualización en tiempo real del trabajo a desarrollar por el equipo Scrum durante el Sprint o bloque de tiempo previsto, según se muestra en la Ilustración 13. En esta plantilla nos permitirá visualizar todo lo planificado como trabajo que el equipo ha identificado como indispensable para lograr con el objetivo, además permite ver el detalle para que los avances que agregan valor son atendidos, y los que hayan presentado dificultad se puedan atender o reasignar.

En este proceso, refinaremos las épicas indicando la prioridad que va creando un Backlog con prioridades para la ejecución con éxito del proyecto.

Objetivo del Sprint	Pendiente	En progreso	Completo
<p>Habilitar todas las partes esenciales de la tienda online para permitir que los usuarios puedan experimentar un proceso de compra completo. Esto hará que otras características de la página web sean más significativas.</p>			<p>Item #1</p> <p>t.1.6 t.1.1 t.1.3 t.1.5 t.1.2</p>
	<p>Item #2</p> <p>t.2.7</p>	<p>t.2.6 t.2.5</p>	<p>t.2.1 t.2.3 t.2.4 t.2.2</p>
	<p>Item #3</p> <p>t.3.4 t.3.5 t.3.3 t.3.2</p>	<p>t.3.1</p>	
	<p>Item #4</p> <p>t.4.4 t.4.2 t.4.5</p>		
	<p>Item #5</p>		

Ilustración 13. Backlog del Sprint en Scrum

Fuente: Vila Grau (2020)

Para cada tarea definiremos los tres estados que se analizan en este tablero.

**TO DO (Pendiente):** en esta columna agregamos las tareas identificadas en el Sprint y que aún no han empezado.

**WIP (Work in Progress):** en esta columna agregamos las tareas ya iniciadas y que aún no se completa.

**DONE (Hecho o Completado):** en esta columna agregamos las tareas completadas.

Tenemos que considerar que para hacer efectivo este Sprint Backlog cada representante del Equipo Scrum planteara actualizaciones que por lo general son respuestas a las siguientes preguntas.

1. ¿En qué ha trabajado mi equipo desde la última reunión?
2. ¿Qué va a hacer mi equipo hasta la próxima reunión?
3. ¿Qué esperaban los demás equipos que hiciera el nuestro y que no se ha hecho?
4. ¿Qué he hecho desde la última reunión?
5. ¿Qué tengo planeado hacer antes de la siguiente reunión?
6. ¿Qué impedimentos u obstáculos (si los hubiera) estoy enfrentando en la actualidad?

## CAPITULO IV.

### 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

#### 4.1. Resumen del Proyecto

El proyecto de mantenimiento mayor de Espesador de Relaves, básicamente se centra en el cambio del sistema de accionamiento o motriz del espesador que se muestra en la Ilustración 14 y la ubicación en la Ilustración 15. Este sistema proporciona el giro y torque necesario para hacer girar lentamente a las rastras del espesador y este a su vez permitir que se sedimente la pulpa de relave y por rebose capturar el agua que es enviada nuevamente al proceso. Este sistema motriz consta de un sistema de rodamiento que es unido a una cremallera, esta cremallera a su vez es accionada por dos motores hidráulicos que se ubican en la parte superior de la plataforma de acceso.



*Ilustración 14. Vista panorámica de Espesador de Relaves vacío.*

Fuente: Elaboración propia.



*Ilustración 15. Ubicación de Espesador de Relaves.*

Fuente: Elaboración propia.

Los componentes principales del espesador de relaves, son los siguientes:

**Sistema Motriz.** Compuesto por dos motores hidráulicos que transmiten a una cremallera de aproximadamente 3.5 m de diámetro, esta cremallera está unida a un sistema Drive que está conformado por una carcasa con un rodamiento de diámetro similar. Este mecanismo transmite el giro a la torre central y este a su vez a las cuatro rastras (dos largas y dos cortas).

**Puente de Acceso peatonal.** Estructura metálica que sirva para el acceso al personal operativo y de mantenimiento. Esta estructura se apoya en la torre central y en la torre común de ingreso a los espesadores, esta estructura impide el retiro del sistema Drive, por lo que se tiene que realizar la ingeniería con soporte temporal mientras se retira el drive dañado y se instala el nuevo sistema drive. Siendo este el primer problema que se debe salvar para ejecutar este proyecto.

**Feed Well.** es una canaleta diseñada para distribuir uniformemente la pulpa que llega a través de la tubería de alimentación de pulpa de relave, este componente esta unido a la estructura del puente peatonal, por lo que también se requiere hacer soportes temporales mientras se realiza el cambio del sistema Drive al tener la necesidad de retirar parte de la estructura del puente y no tendría donde soportarse.

**Rastras.** Estructuras que giran lentamente a aproximadamente 8 RPM y que no permiten el asentamiento de sólidos en la base, y facilitan el retiro de flujo con alto solido por la parte inferior del espesador o cono de descarga, para que posteriormente sea bombeado a los cajones de relaves. estos componentes quedarían suspendidos temporalmente debido a que se debe soltar de la carcasa del sistema Drive para que este sea cambiado.

Estas partes principales se muestran en la Ilustración 16.



*Ilustración 16. Partes principales de Espesador de Relaves.*

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Alcance del Proyecto

El proyecto de mantenimiento mayor de Espesador de Relaves considera los siguientes alcances:

- Reparación y pre-montaje del nuevo sistema motriz. Incluye traslado a mina.
- Diseño y fabricación de facilidades de retiro e instalación de sistema Drive.
- Diseño de estrategia de modificación y reforzamiento de puente peatonal.
- Diseño y fabricación de soportes temporales de feed well.
- Diseño de procedimiento de retiro e instalación del sistema motriz del espesador.
- Elaboración de procedimientos de izaje, que considere el diámetro del espesador, que es de 80m de diámetro.
- Elaboración de procedimiento de control de calidad de instalación de sistema motriz, incluye pruebas y comisionamiento de puesta en marcha.

#### 4.3. Método Tradicional del Proyecto

El proyecto de mantenimiento mayor de Espesador de Relaves inicialmente conceptualizado para ser realizado por el área de Mantenimiento con el apoyo del área de Ingeniería,

Según la forma tradicional de enfocar estos trabajos, mantenimiento lo programa anualmente y los trabajos no programados normalmente son puntuales. Sin embargo, este proyecto no se ha realizado durante los 15 años de funcionamiento de la planta concentradora, por lo cual no ha sido mapeado dentro del plan anual proyectado, por lo que de realizarse este trabajo implicaría en una disminución muy fuerte en el indicador de disponibilidad de mantenimiento además de los costos por lucro cesante involucrados.

A lo indicado, se debe considerar que para las actividades programadas se asigna un mecánico a cargo de una empresa contratista para ejecutar las tareas programadas. Para este proyecto se requerirá de una empresa especialista tanto en dirección como en ejecución. Para la contratación de una empresa de este tipo, según procedimiento de contratos se necesitan un tiempo de 60 días mínimos después de tener el alcance previamente definido. Una vez definido el contratista, se demora unos 30 días aproximadamente, para la habilitación del personal con cursos específicos establecidos por el DS 024-2019 del ministerio de energía y minas.

El área de Ingeniería, encargada de definir el alcance debe tener un estudio completo en aproximadamente 60 días, donde se elaborarán planos básicos, reuniones de coordinación con el área usuaria y gestión del cambio para informar a todas las áreas interesadas.

Según experiencias propias del funcionamiento de la minera, un proyecto de esta envergadura considera un tiempo de 6 a 8 meses, es por ello el interés de la alta gerencia de minera en estudio, es tener el desafío de implementar metodologías que agilicen la ejecución del presente proyecto, además de que el impacto de tener inoperativo este equipo espesador de relaves sería de 48'022,961 millones de dólares, según evaluación descrita en el punto 1.2.1 Enunciado del problema.

#### **4.4. Esquema del Proyecto**

Bajo el enfoque de Freeport Edge implementado por la minera motivo del presente estudio en sus operaciones, busca apuntar a un alto rendimiento. Por ello se encarga la ejecución del presente proyecto a la gerencia GPIC (Gerencia de

Proyectos, ingeniería y construcción) quienes tienen el desafío de ejecutar el presente proyecto en un plazo de 3 meses de los 6 previstos inicialmente por el área de mantenimiento, para lo cual se ofrece la habilitación de equipo multidisciplinario para interactuar rápidamente y toma de decisiones con los interesados. La expectativa con el equipo Scrum es reducir la duración del desarrollo de Ingeniería, contar con un contratista para que desarrolle este proyecto en menor tiempo y no seguir el proceso normal de contratación de 90 días sino buscar alternativas ágiles que no trasgreda los procedimientos de la compañía, y minimizar la duración de la intervención propiamente del equipo.

Dentro de la gerencia GPIC, se cuenta con especialistas en metodologías ágiles por lo que se asigna al equipo de proyectos liderado por 01 Senior de proyectos y 02 supervisores mecánicos de proyectos, quienes se encargaran de implementar esta metodología al presente proyecto.

#### **4.5. Implementación de metodologías ágiles en el Proyecto**

Definido el equipo de proyectos, para la situación problemática planteada se propone los siguientes pasos a ejecutarse a fin de lograr el objetivo planteado.

##### **4.5.1. Definición del involucrados**

Como equipo de proyecto y a fin de ir bosquejando el equipo Scrum del proyecto, analizaremos las áreas que directamente son las involucradas y de que depende alguna decisión que destrabe la realización del presente proyecto, esto se muestra en la Ilustración 17.

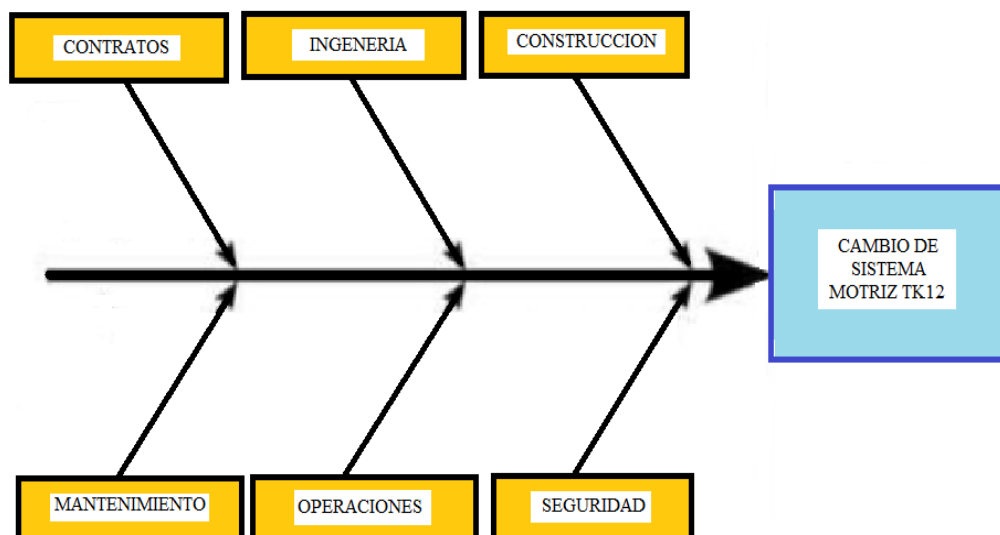


Ilustración 17. Análisis de involucrados Cambio Sistema motriz Espesador de Relaves.

Fuente: Elaboración propia.

Al no tener un contratista asignado para este servicio, se requiere tener un personal del área de Contratos para evaluar alternativas ya establecidas contractualmente para agilizar la asignación de personal de apoyo de acuerdo a las actividades definidas en conjunto con el área de construcción. A su vez se puede evaluar y definir actividades gradualmente revisadas estructuralmente con el área de ingeniería.

También es importante definir actividades anexas y relacionadas al cambio de sistema motriz, como son el cable de levante de rastras, prueba y comisionamiento del sistema de lubricación y sistemas hidráulicos. Por ello, se requiere definir una persona que defina en el equipo estas actividades, procedimientos y recursos como equipos y herramientas especiales para este fin.

De igual manera se solicita a un personal del área de Operaciones, a fin de coordinar actividades de arranque de equipos para pruebas, limpieza de las

zonas para inicio de actividades y retiro de interferencias en la zona que pertenecen al área operativa. También es importante la asignación de un personal del área de Seguridad para agilizar la revisión de procedimientos nuevos requeridos para este servicio, así mismo el asesoramiento de definición de tareas específicas contemplados en los procedimientos propuestos. Debemos señalar que este servicio se ejecutara con mano de obra de las empresas contratistas seleccionadas tanto para el cambio del sistema motriz, el armado de andamio, y el servicio de grúas para el izaje. Por normativa vigente de Seguridad, el DS024-2017 se requiere la coordinación permanente de la supervisión de la empresa minera, que en este caso está a cargo de la supervisión del área de proyectos construcción.

#### 4.5.2. Definición del equipo Scrum del Proyecto

Una vez que se ha determinado todas las áreas que se ven involucradas en la búsqueda de la solución planteada para lograr el objetivo de agilizar el proyecto a 3 meses, se determinará el equipo Scrum, el cual estará conformado de la siguiente manera:

**Product Owner.** Esta posición está asignada al Supervisor senior de Proyectos, quien en base del formato de conceptualización elaborado por el área de operaciones determinara la visión del proyecto, los requerimientos generales iniciales del proyecto, y nombrar los integrantes del equipo Scrum.

El Product Owner de este proyecto, determinar el sprint con una duración semanal en el primer mes del proyecto y en la ejecución propiamente se referirá a backlog diarios. El producto mínimo viable del proyecto se define con las siguientes premisas:

- Cambio de Sistema Motriz, incluye el retiro del sistema motriz actual, se debe asegurar un nuevo rodamiento dentro del sistema motriz y los controles de calidad según vendor del equipo, que en este caso se refiere a FLSmith quienes establecen los parámetros mínimos requeridos para el funcionamiento del sistema motriz.

- Se añadirá al cambio del sistema motriz, el cambio de cable del sistema de levante de rastras, dado que se aprovechará la posibilidad de tener suspendidas las rastras en apoyos temporales.

**Scrum Master.** Esta posición está asignada al Supervisor líder de Proyectos, con conocimientos de las metodologías Ágiles, especialmente Scrum. El líder del proyecto se debe asegurar del cumplimiento y re portabilidad de cumplimiento de compromisos del equipo. Supervisa además la planificación del lanzamiento y programa las reuniones del equipo. Se asegura que todos los integrantes del equipo incluido el Product Owner cumplan el proceso correcto del Scrum.

**Equipo Scrum.** El equipo se conforma a solicitud del Product Owner y apoyo de la alta dirección de la empresa minera, para afrontar el desafío propuesto del proyecto, lo integran las siguientes posiciones: Un (01) supervisión de proyectos de construcción quien atenderá las tareas de definición de la parte constructiva, Un (01) líder de Control de Contratos que será el nexo para definir la asignación de contratistas de acuerdo a los requerimientos específicos. Un (01) Senior de Operaciones con quien se coordinará las actividades operativas como las de limpieza de la zona y del equipo, Un (01) Senior de Mantenimiento de planta Concentradora C1 para

coordinar herramientas y procedimientos ya establecidos para algunas actividades de mantenimiento específicas ya utilizadas.

Este equipo asume la garantía y aseguran los entregables del proyecto según el requerimiento del mismo, siguiendo los Principios éticos de la gestión en la empresa minera motivo del presente estudio, y por sobretodo la seguridad del equipo y sus contratistas, es decir cero incidentes y cero lesiones.

**Stakeholders.** Los interesados del presente proyecto es la Alta Dirección de la empresa minera, las Gerencias Usuarias como son la de Operaciones y Mantenimiento. Así mismo la Gerencia de Ingeniería y Construcción. A quienes se les invitara a las reuniones de coordinación y seguimiento del equipo Scrum a fin de agregar valor a las decisiones del equipo, generar confianza e iniciativa, motivar el auto liderazgo del equipo e involucramiento de las decisiones gerenciales.

#### 4.5.3. Soluciones Innovadoras, Mapa de Empatía y Lean Canvas

Ya definidas las áreas involucradas que requieren soluciones ágiles y el equipo Scrum, se aplica diversas técnicas que permitan visualiza soluciones a implementar como planes de acción a e ir generando valor al proyecto.

Para analizar la problemática en el área de contratos referente al presente proyecto, utilizaremos el mapa de empatía, tratando de visualizar cómo ve el cliente, en este caso operaciones y mantenimiento, el trabajo de esta área en específico, a fin de buscar soluciones que permitan destrabar el proceso y agilizar la toma de decisiones con ayuda del equipo en su conjunto.

Como herramienta, el mapa de empatía permitirá crear un servicio en función de los clientes a los que va dirigidos, en este caso en específico Operaciones y Mantenimiento a través de las actividades del equipo Scrum.

Los campos que evalúa el mapa de empatía son los siguientes:

**¿Qué oye o escucha?:** Aquí debemos considerar las influencias que recibe el usuario, en este caso se tiene la percepción de contratos con procesos de larga duración y una vez implementados el contratista presenta constante cambios, con lo cual se ve un impacto desde la adecuada evaluación del proceso, esto debido al poco involucramiento con las áreas usuaria.

**¿Qué ve?** Deberemos comprender qué es lo que el cliente o usuario ve en su entorno, para este proyecto se visualizó un deficiente involucramiento con la operación y el mantenimiento de la planta, de parte del área de Contratos.

**¿Qué Piensa y siente?:** Aquí se analiza cómo piensa y siente nuestro usuario, cuáles son sus preocupaciones y aspiraciones. Para este caso el equipo definió que se requiere procesos de contratación ágiles, y por especialidad que sean aplicados transversalmente a toda la operación tanto plantas y mina.

**¿Qué Dice y Hace?:** Aquí se analiza cómo se comporta nuestro usuario, y como lo hace. En este aspecto busca comportarse con una interrelación directa en el proceso de Contratación de los interesados, seguimiento y control del mismo

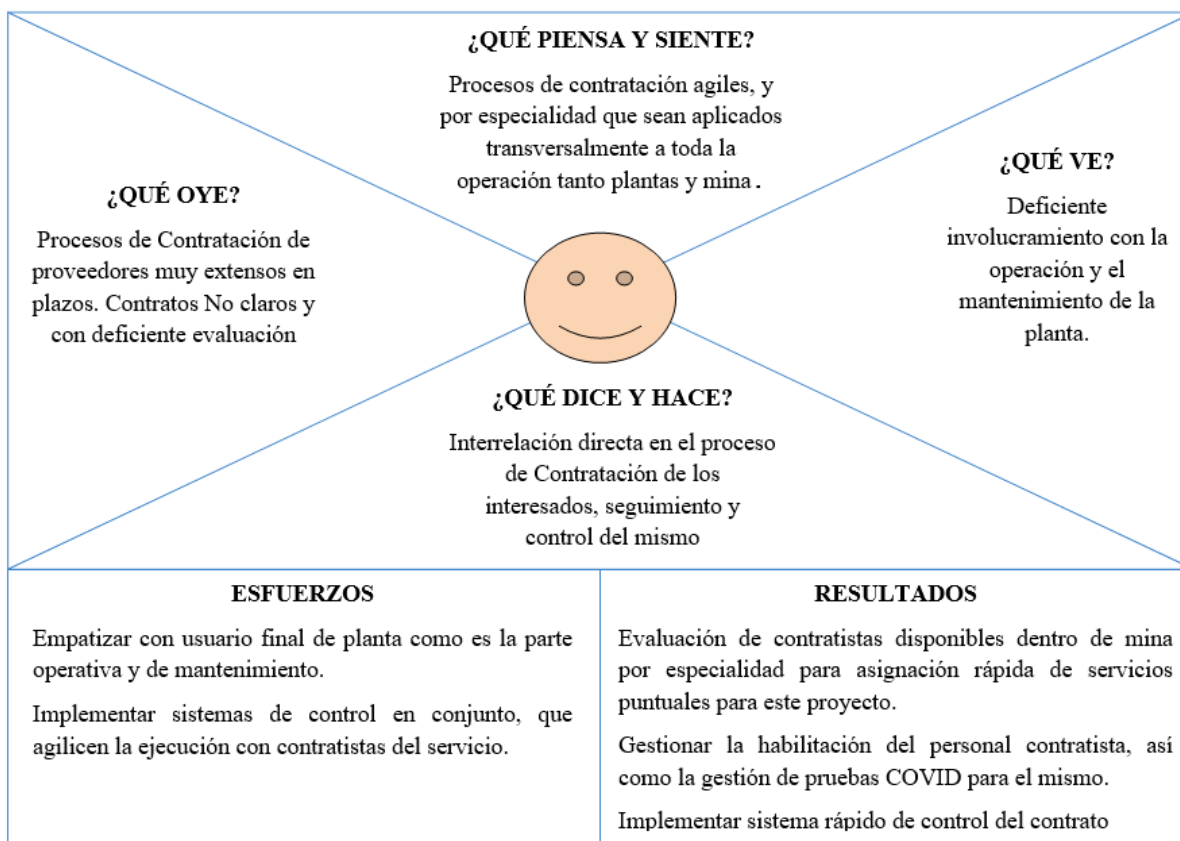
**¿Qué esfuerzos hace?:** Debemos analizar qué obstáculos y dudas se debe superar para acceder al servicio esperado, para nuestro proyecto en el área de contratos:

- Empatizar con usuario final de planta como es la parte operativa y de mantenimiento.
- Implementar sistemas de control en conjunto, que agilicen la ejecución con contratistas del servicio.

**¿Qué resultado obtiene?:** en este punto nos enfocamos en los resultados que nuestro usuario obtiene de nuestro servicio. Para nuestro proyecto se determina:

- Evaluación de contratistas disponibles dentro de mina por especialidad para asignación rápida de servicios puntuales para este proyecto.
- Gestionar la habilitación del personal contratista, así como la gestión de pruebas COVID para el mismo.
- Implementar sistema rápido de control del contrato.

Dado el análisis para nuestro proyecto y aplicando la agilidad se enfoca en el siguiente mapa de Empatía según se muestra en la Ilustración 18, para el área de contratos se plantearía de la siguiente manera:



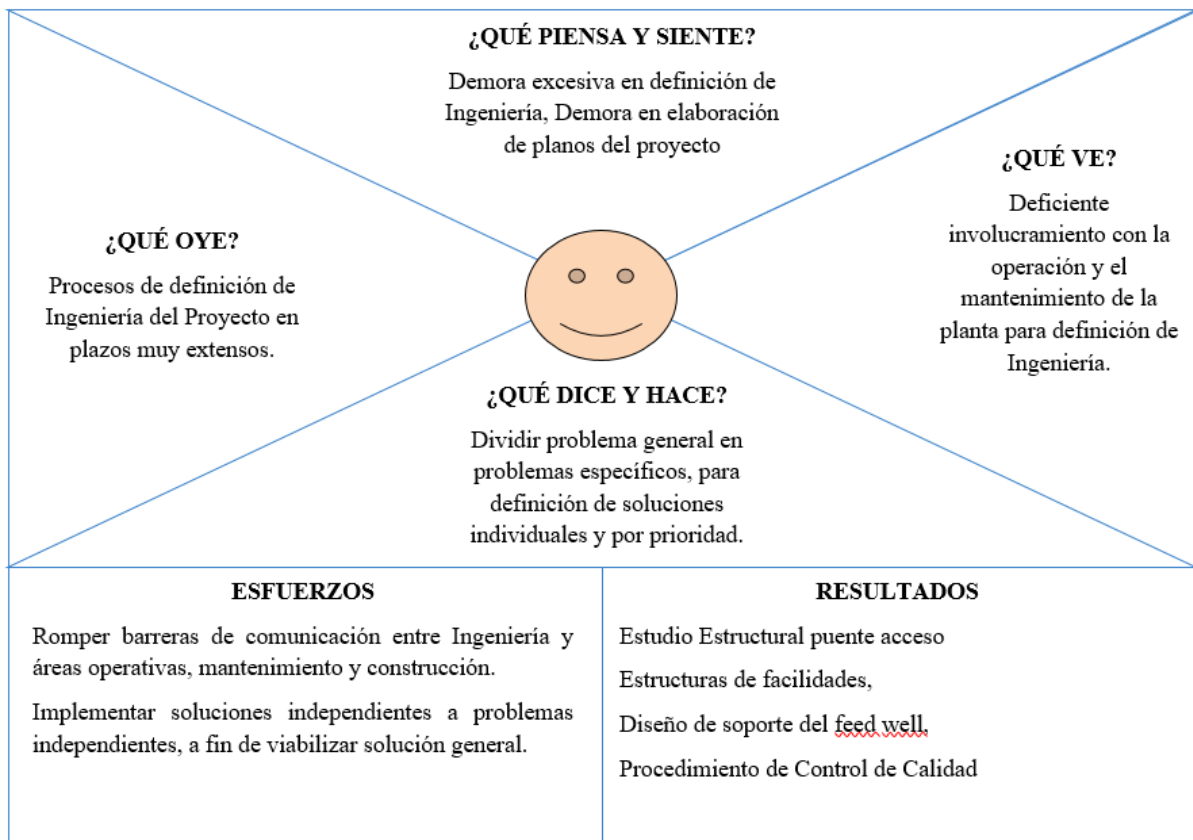
*Ilustración 18. Mapa de empatía Área Contratos*

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultados esperados del área de contratos se espera una Evaluación de contratistas disponibles, tanto para fabricaciones metálicas, cambio de componentes del espesador, abastecimiento y armado de andamios y servicio de grúas.

Una vez definidos estos contratistas, esta área se deberá encargar de la habitación de contratistas. Es decir, asegurarse que cuenten con los cursos obligatorios por el Ministerio de Energía y Minas, así como la Gestión pruebas Covid Contratista. Una vez implementado este servicio se deberá Asignar el Administrador de Control de Contratos

De forma similar se realizará el estudio de mapa de empatía para el área de Ingeniería, como se muestra en la Ilustración 19.

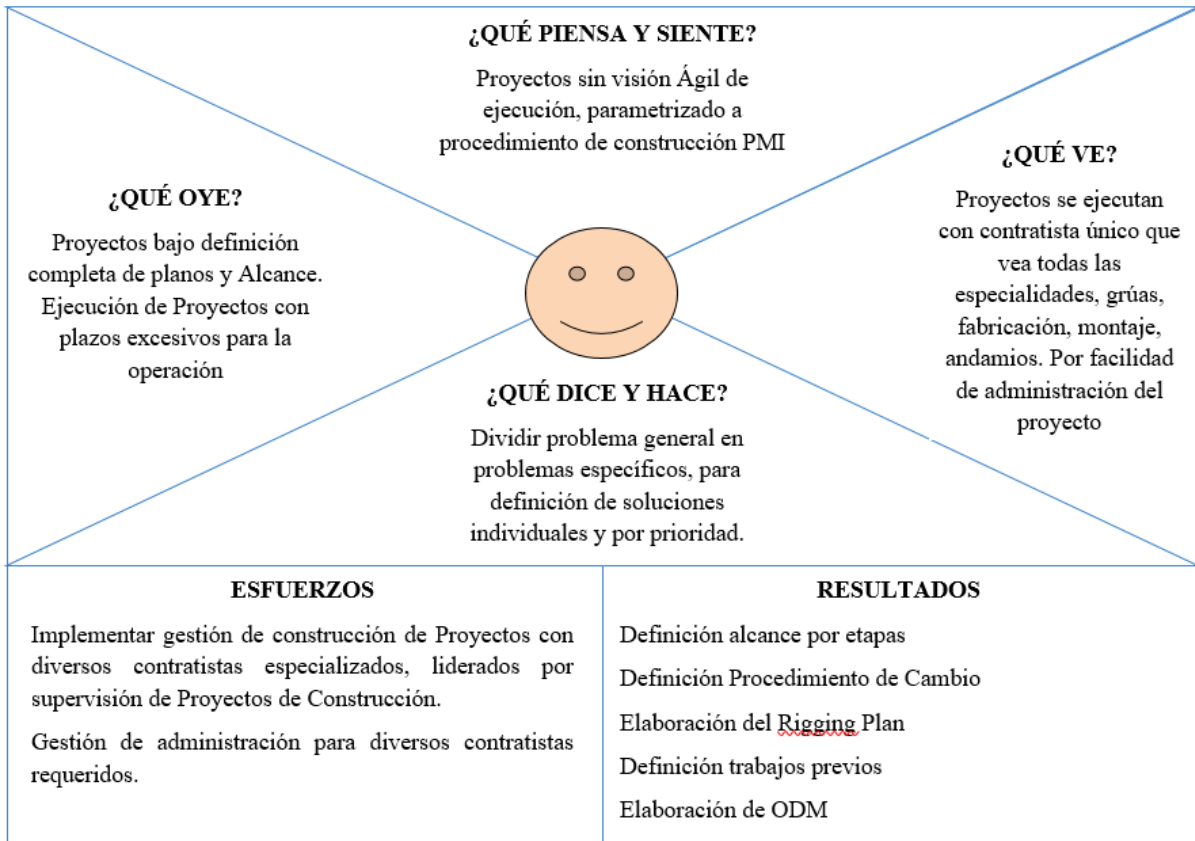


*Ilustración 19. Mapa de empatía Área Ingeniería*

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultados esperados del área de Ingeniería se espera la definición de modificaciones y refuerzos del puente de acceso peatonal, y las fabricaciones para facilidades, esto va a la par con la definición de contratista ya habilitado en mina para este fin. En segunda prioridad la definición de estructuras soportes de feed well y los procedimientos de calidad exigidos al final del cambio de Drive como aseguramiento de la calidad en el proceso de comisionamiento.

Para el área de Construcción, El análisis del mapa de empatía se muestra en la Ilustración 20.



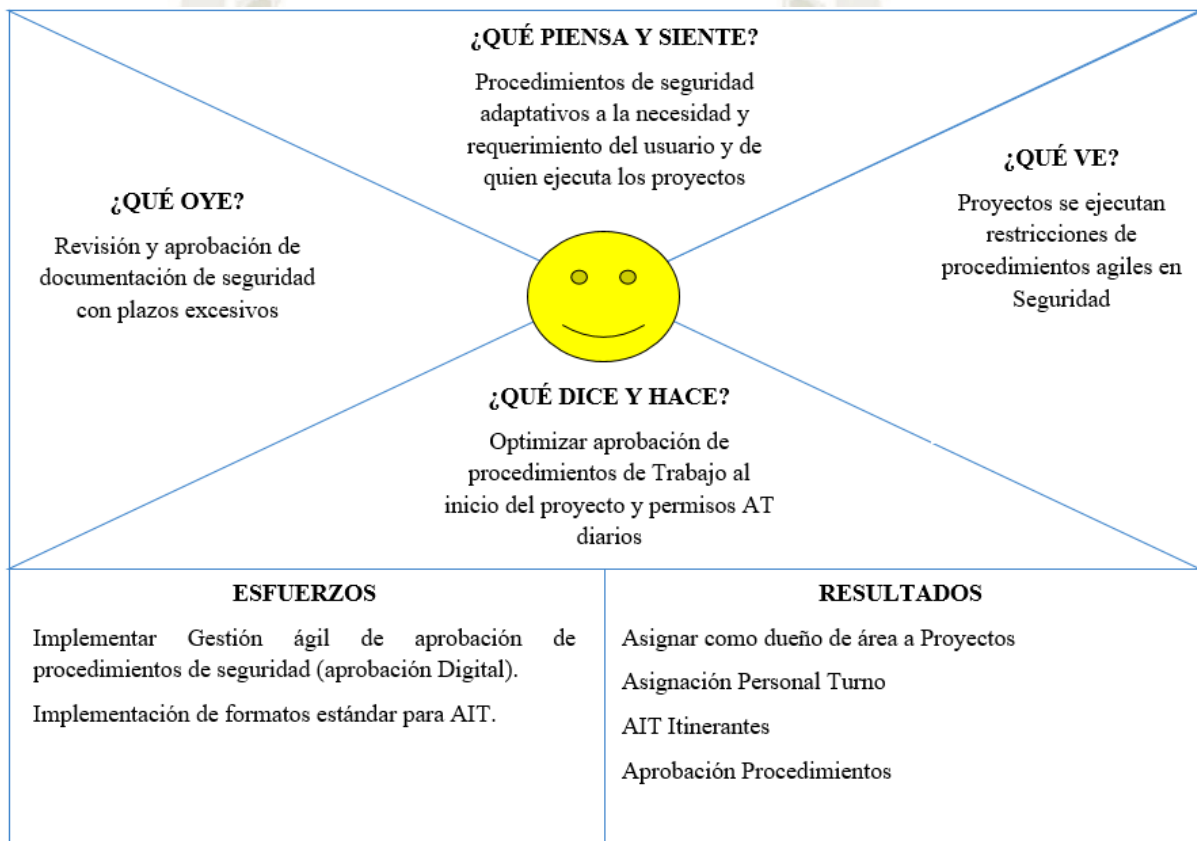
*Ilustración 20. Mapa de empatía Área Proyectos de Construcción*

Fuente: Elaboración Propia.

Como resultados esperados del área de Seguridad se ha considerado los siguientes aspectos: Gestionar la asignación como Dueño de Área a personal de Proyectos, esto debido a que normalmente se considera como dueño de Área a operaciones, pero para tener las firmas completas a los permisos de Seguridad e iniciar las labores del contratista se requiere la firma del Dueño de Área, siendo este el supervisor de proyectos se haría más ágiles el inicio de actividades de parte del contratista. Además, se requiere la Asignación de supervisión de Seguridad en Turnos de trabajo de acuerdo a lo programado en el espesador, gestionar de manera rápida las aprobaciones de los permisos AIT Itinerantes, esta documentación sustenta

las actividades del contratista en régimen Itinerante, es decir subidas y bajadas diarias a Mina declaradas al Ministerio de Trabajo. También agilizar y prestar más atención a la Aprobación Procedimientos.

Este análisis se plasma en el análisis del mapa de empatía aplicado al área de Seguridad, se muestra en la Ilustración 21.



*Ilustración 21. Mapa de empatía Área Seguridad Industrial*

Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis del área de operaciones y mantenimiento no podríamos aplicar el mapa de empatía, pues este trata de colocarse en lugar del usuario o cliente, sin embargo, para este proyecto los usuarios finales son el área de operaciones y de mantenimiento, por lo que lo más apropiado para analizar estas áreas involucradas sería el lienzo Canvas, que permite visualizar al usuario como parte de las soluciones

requeridas al problema, estos se muestran en las Ilustración 22 para el área de operaciones, y para el área de mantenimiento se muestra en la Ilustración 23.

**MODELO CANVAS**

Aliados Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relación con el Cliente	Segmentos de Clientes
Proyectos Ingeniería Mantenimiento Seguridad	Cambio de Sistema Motriz Drive en Espesador TK012	Reducción de tiempo de ejecución de cambio sistema motriz por: -Liberación de interferencias	Asignar personal de Limpieza y para puesta en marcha (pruebas operativas)	Asegura productividad de Planta Concentradora C1. Obteniendo la cantidad necesaria de agua recuperada para el proceso.
	<b>Recursos Clave</b> Recuperación de Agua de proceso para reusó en planta concentradora C1	-Limpieza interior TK012 -Asignación Pruebas Operativas -Evaluación by Pass	<b>Canales</b> Actividades en campo, en Espesador TK012 planta Concentradora C1	
<b>Estructura de Costes</b>		<b>Estructura de Ingresos</b>		
Cambio de componentes y costo de reemplazo de sistema Drive de Espesador TK012 C1		Ahorro de tiempo por mantenimiento, aumento de disponibilidad de equipo y mayor producción en planta concentradora C1		

*Ilustración 22. Modelo Canvas Área Operaciones*

Fuente: Elaboración Propia.

**MODELO CANVAS**

Aliados Clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relación con el Cliente	Segmentos de Clientes
Proyectos Ingeniería Mantenimiento Seguridad	Cambio de Sistema Motriz Drive en Espesador TK012	-Tramitar repuestos de Lubricación -Plan de Bloqueo cambio de cable	Asignar personal de lubricación y préstamo de herramientas para el cambio de Drive	Asegura Disponibilidad de Planta Concentradora C1. Reduciendo tiempos de mantenimiento de espesador TK012.
	<b>recursos clave</b> minimizar tiempo de mantenimiento de espesador TK 012 c1	-Procedimiento cambio de cable	<b>Canales</b> Actividades en campo, en Espesador TK012 planta Concentradora C1	
<b>Estructura de Costes</b>		<b>Estructura de Ingresos</b>		
Cambio de componentes y costo de reemplazo de sistema Drive de Espesador TK012 C1		Disponibilidad en planta concentradora C1		

*Ilustración 23. Modelo Canvas Área Mantenimiento*

Fuente: Elaboración Propia.

En resumen, podremos esquematizar los principales problemas a solucionar en la Ilustración 24. En general, lo que se muestra es el entorno de restricciones a levantar para agilizar la ejecución de proyecto de cambio de sistema motriz en el espesador de relaves, de manera eficiente, rápida y segura.

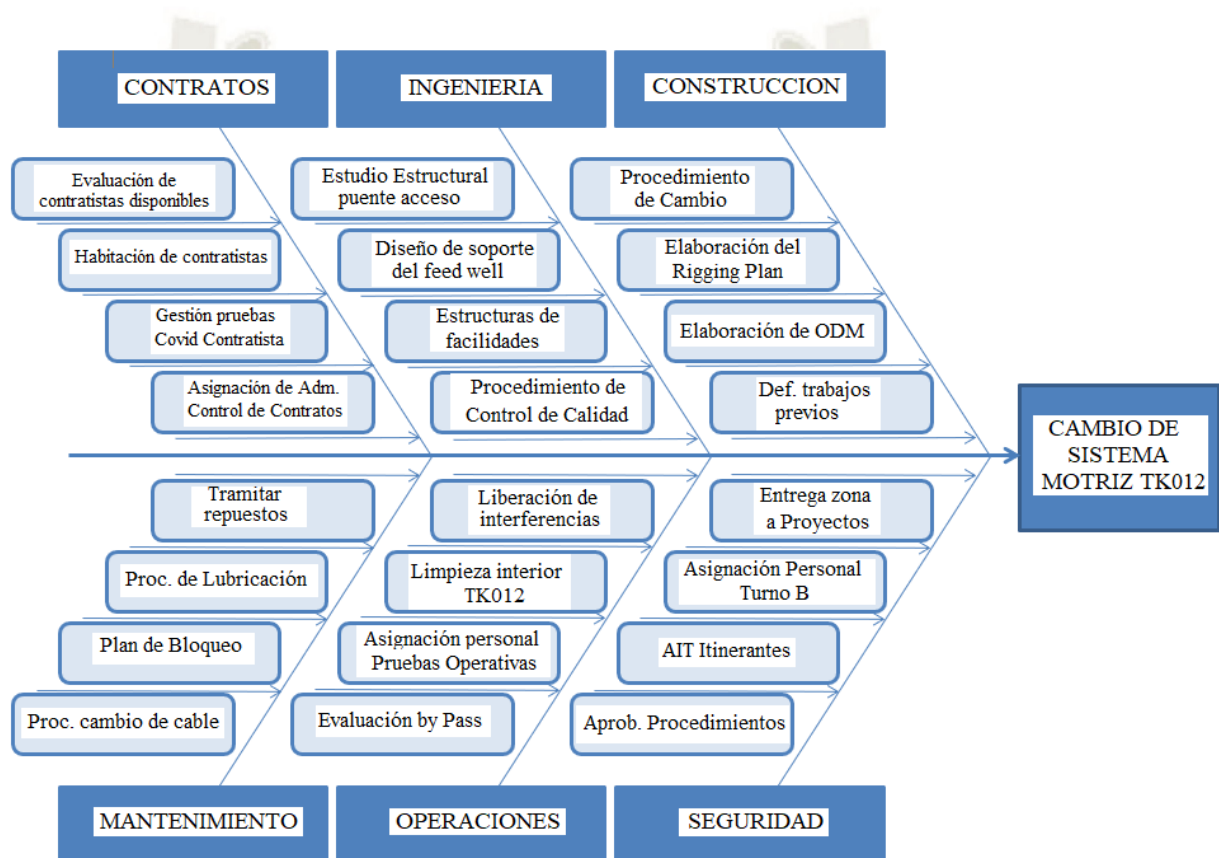


Ilustración 24. Esquema de problemas a solucionar en proyecto de cambio de sistema motriz en el espesador de Relaves

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.5.4. Elaboración del Sprint Backlog del Proyecto

Se presenta un Sprint Backlog con corte al 10 de Setiembre, reunión programada para evaluar avances y pendientes para tomar acciones sobre las posibles tareas no completadas.

##### Plan de proyecto Ágil

**Nombre del proyecto** Cambio Sistema Motriz Espesador TK012 C1  
**Gerente del proyecto** Jesus Donayre Cahua  
**Entregable del proyecto** Espesador Operativo con Sistema motriz nuevo

**Fecha de inicio** 3-Sep-21

**Fecha final** 30-Oct-21

**Progreso general**

Nombre de la tarea	Responsable	Fecha de inicio	Fecha final	Días	Estado
<b>Sprint 1</b>	<b>J. Donayre</b>	<b>9/3</b>	<b>9/13</b>	<b>10</b>	<b>Finalizado</b>
Evaluación de contratistas disponibles Fabricaciones metalicas	Contratos	3-Sep	8-Sep	5	Finalizado
Evaluación de contratistas disponibles en Gruas	Contratos	3-Sep	10-Sep	7	Finalizado
Evaluación de contratistas disponibles Andamios	Contratos	3-Sep	10-Sep	7	Finalizado
Evaluación de contratistas disponibles Especialista vendor	Contratos	7-Sep	10-Sep	3	En progreso
Estudio Estructural puente acceso	Ingenieria	3-Sep	10-Sep	7	Finalizado
Estructuras de facilidades	Ingenieria	3-Sep	10-Sep	7	Finalizado
Definición Procedimiento de Cambio	Construccion	3-Sep	10-Sep	7	Finalizado
Definición trabajos previos	Construccion	3-Sep	10-Sep	7	Finalizado
Elaboración de ODM	Construccion	3-Sep	10-Sep	7	Finalizado
Tramitar repuestos	Mantenimiento	3-Sep	13-Sep	10	En progreso

Sprint 2	J. Donayre	9/16	9/24	8	En progreso
Habitación de contratistas	Contratos	16-Sep	25-Sep	9	En progreso
Gestión pruebas Covid Contratista	Contratos	16-Sep	25-Sep	9	En progreso
Definición alcance por etapas	Construccion	16-Sep	21-Sep	5	En progreso
Plan de Bloqueo	Mantenimiento	17-Sep	21-Sep	4	En progreso
Evaluación by Pass	Operaciones	17-Sep	21-Sep	4	En progreso
Liberación de interferencias	Operaciones	17-Sep	24-Sep	7	En progreso
Sprint 3	J. Donayre	9/25	10/5	10	Sin empezar
Asignación de Administración Control de	Contratos	25-Sep	30-Sep	5	Sin empezar
Diseño de soporte del feed well.	Ingenieria	25-Sep	5-Oct	10	Sin empezar
Procedimiento de Control de Calidad	Ingenieria	25-Sep	7-Oct	12	Sin empezar
Elaboración del Rigging Plan	Construccion	24-Sep	2-Oct	8	Sin empezar
Procedimiento cambio de cable	Mantenimiento	26-Sep	8-Oct	12	Sin empezar
Limpieza interior TK012	Operaciones	26-Sep	8-Oct	12	Sin empezar
Asignación Pruebas Operativas	Operaciones	26-Sep	8-Oct	12	Sin empezar
Entrega zona a Proyectos	Seguridad	26-Sep	8-Oct	12	Sin empezar
Asignación Personal Turno	Seguridad	26-Sep	8-Oct	12	Sin empezar
AIT Itinerantes	Seguridad	26-Sep	8-Oct	12	Sin empezar
Aprobación Procedimientos	Seguridad	26-Sep	8-Oct	12	Sin empezar
Procedimiento de Lubricación	Mantenimiento	25-Sep	5-Oct	10	Sin empezar

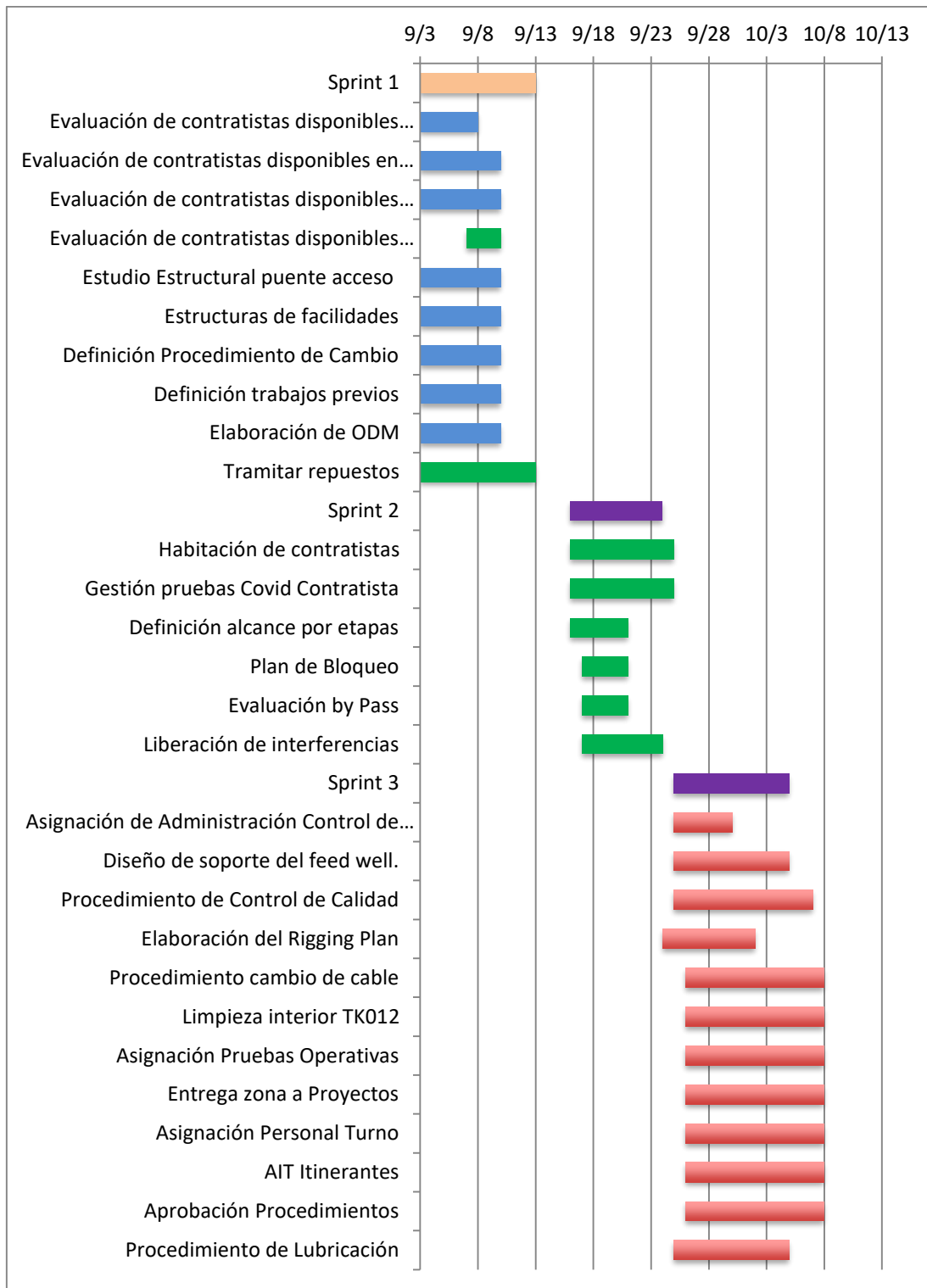


Ilustración 25. Programación Ágil (corte 10 Setiembre 2021)

Fuente: Elaboración Propia

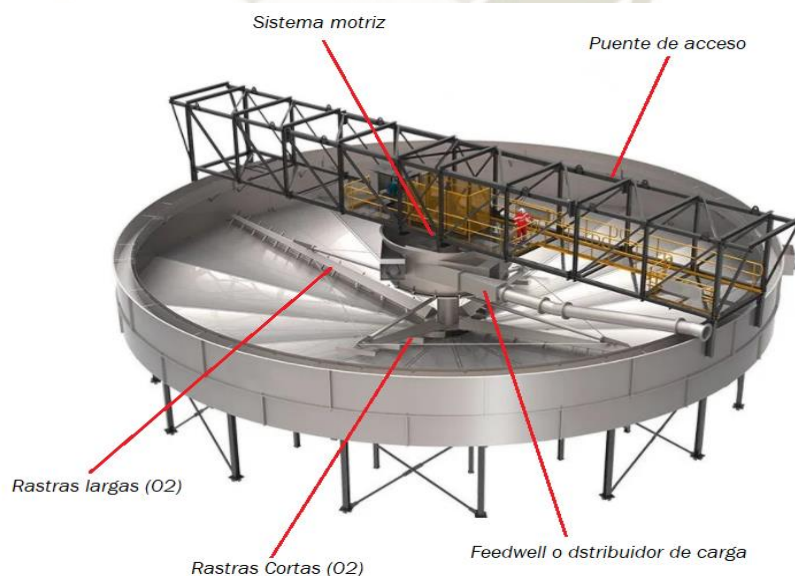
## CAPITULO V.

### 5. PRESENTACION Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Ejecución del proyecto Tradicional

Analizado el proyecto de mantenimiento mayor de Espesador de Relaves, requiere el siguiente alcance:

Cambio de sistema motriz del Espesador el cual se ubica en la parte central que a su vez se apoya en el castillo central (estructura metálica). Este castillo central soporta las cuatro (04) rastras, dos largas y dos cortas. El puente de acceso peatonal se apoya en la parte exterior y en el tubo central ubicado dentro del castillo soporte de rastras. Este tubo central es fijo. El castillo central gira en conjunto con las rastras, accionado por el sistema motriz. Este sistema motriz consta de una carcasa dentro del cual se instala un rodamiento quien facilita el giro, este apoya un sistema planetario que a su vez se une a dos piñones accionados por dos motores hidráulicos. En la ilustración 26 se muestran las partes principales del equipo a intervenir.



*Ilustración 26. Partes principales de Espesador de Relaves.*

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Aplicación de Metodologías Ágiles en el área de Ingeniería del Proyecto

### 5.2.1. Método Tradicional de elaboración de Ingeniería del proyecto

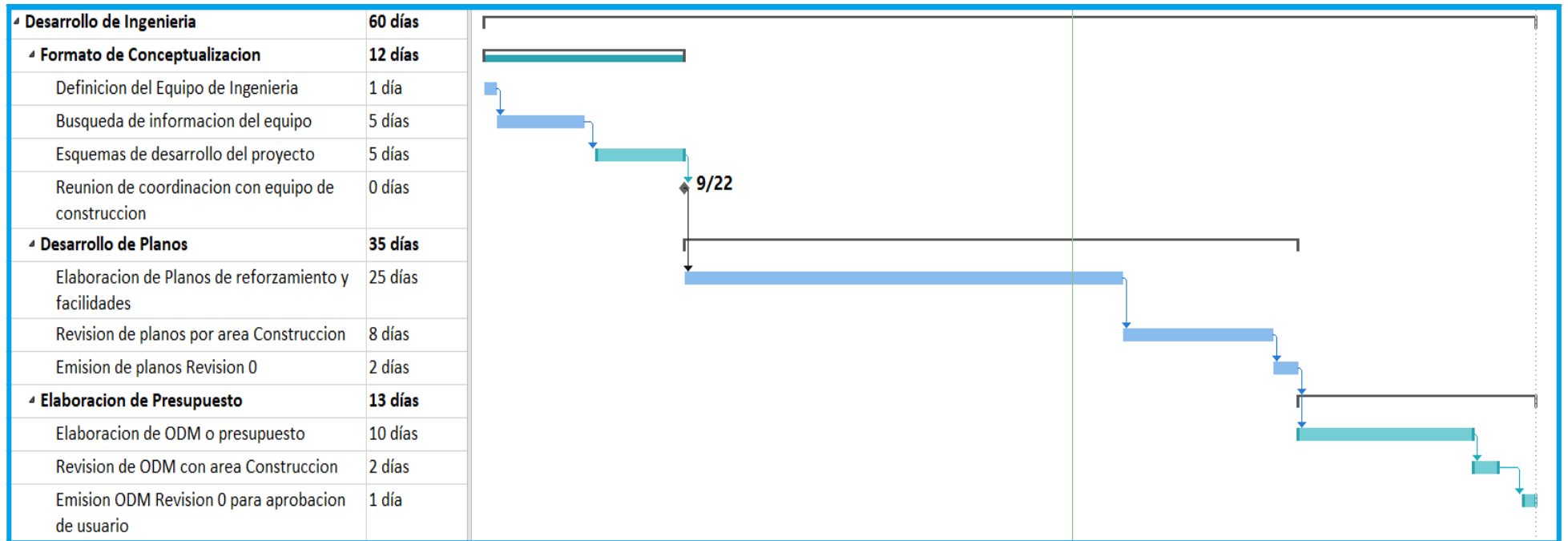
El área de Ingeniería, encargada de definir el alcance, por procedimiento establecida en la Gerencia GPIC, debe tener un estudio completo en aproximadamente 60 días para proyectos con Prioridad 0, donde se elaborarán planos básicos, reuniones de coordinación con el área usuaria y gestión del cambio para informar a todas las áreas interesadas.

El detalle de la programación de Ingeniería aprobada inicialmente por la Superintendencia de Ingeniería se expresa en el cronograma mostrado a continuación Tabla 8, en la cual se considera la conformación de encargado y cadista del área, la búsqueda de información dejada por el proyecto de instalación de planta y las especificaciones del equipo, en este caso del espesor de 80 m de diámetro. Con ello la elaboración de bosquejos preliminares a definir con el área de construcción para definir estrategia a implementar. Esto es un proceso tradicional para todos los proyectos en la minera que es motivo de estudio del presente proyecto.

Una vez definida la estrategia, se elaboran todos los planos revisión 0 de la ingeniería básica, los cuales se explican y detallan en conjunto con la parte constructiva, estos se aprueban y queda registrado en una base de datos denominada Project Server de la minera.

Definidos y aprobados los planos, se elabora la propuesta económica para aprobación del usuario, está la designamos como ODM u orden de magnitud del proyecto. Esta secuencia se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Cronograma original de desarrollo de Ingeniería. Proyecto: Cambio de sistema motriz del espesador de relaves.



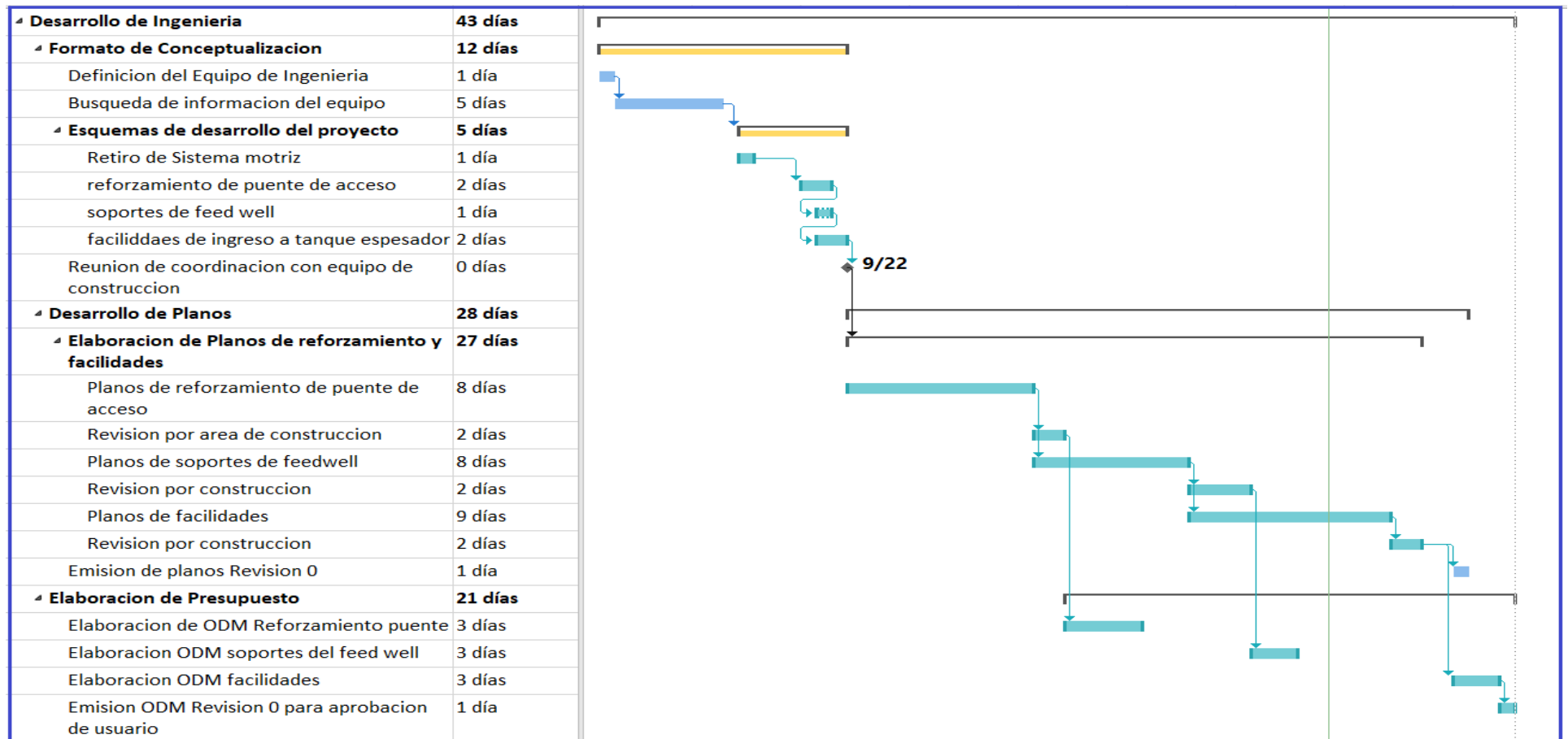
Fuente: Elaboración Propia (Aprobado por Superintendencia de Ingeniería).

### 5.2.2. Método Ágil de elaboración de Ingeniería del Proyecto

En base a lo analizado en el punto 4.5.3, donde se empatiza con el usuario y su necesidad es que enfrentamos el desafío de optimizar lo programado por el área de Ingeniería. Para ello se involucra al equipo Scrum del proyecto, a fin de facilitar definiciones, revisiones, y aprobaciones de los planos. Los tiempos propuestos por el área de Ingeniería se mantienen, pero se optimiza el cronograma si se divide los entregables en forma parcial, es decir los planos de reforzamiento de puente (08 días), soportes del feedwell (08 días) y los planos de facilidades (09 días), en suma, se elaboran en 25 días como estaba previsto originalmente. Sin embargo, al tener entregables parciales se facilita el adelanto de la revisión y aprobación de estos entregables, reduciendo de esta manera los tiempos programados. Estas son tareas que deben ser mapeadas en el tablero scrum para seguimiento y control. De igual manera, al tener entregas parciales de planos aprobados por paquetes o entregables definidos. Se puede adelantar la elaboración de presupuestos parciales, a fin de solicitar aprobaciones parciales del usuario. De esta manera agilizamos el cronograma en 17 días (inicialmente programado 60 días y optimizando se obtienen 43 días)

Esto solo se puede lograr si el equipo Scrum se involucra directamente en la definición de la estrategia, elaboración de bosquejos y revisión de planos y presupuestos. Los entregables parciales, además, facilitarán la gestión de contratación de contratista proveedor de este servicio, es decir agiliza los procesos de contratación de proveedores de servicios que ya se encuentran habilitados dentro de mina. Estos entregables tienen la finalidad de agrupar actividades que puedan buscarse contratistas especializados de acuerdo a estos paquetes o entregables del presente proyecto. Esta secuencia se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Cronograma Ágil de desarrollo de Ingeniería. - Proyecto: Cambio de sistema motriz del espesador de relaves.



Fuente: Elaboración Propia (Aprobado por Gerencia de Ingeniería)

### 5.3. Aplicación de Metodologías Ágiles en el área de Contratos

#### 5.3.1. Método Tradicional de Gestión de Contratos

El área de Contratos de la empresa minera, es la encargada de gestionar proactiva y efectivamente la Cadena Global de Suministro para asegurar la continuidad de las operaciones en la minera motivo del presente estudio, a través de la mejora continua y cumpliendo con los valores corporativos. Esta área es liderada por la Superintendencia de Contratos, la cual a su vez está bajo la Gerencia Corporativa Global Supply Chain.

El procedimiento establecido dentro de las operaciones de la minera, se tiene dos tipos de procesos de licitación para definir un contratista a un servicio requerido.

##### **Para un Alcance Servicio < 50K en Dólares americanos**

- CR generada y aprobada (CR es un requerimiento de contrato, solicitada por el área encargada de la administración del servicio).
- Documento Excel - Alcance Servicio.
- Anexos (Documentos, informes, planos del servicio, OC, etc.).
- Lista de potenciales postores.
- En la invitación se adjuntará cláusulas aplicables al servicio.

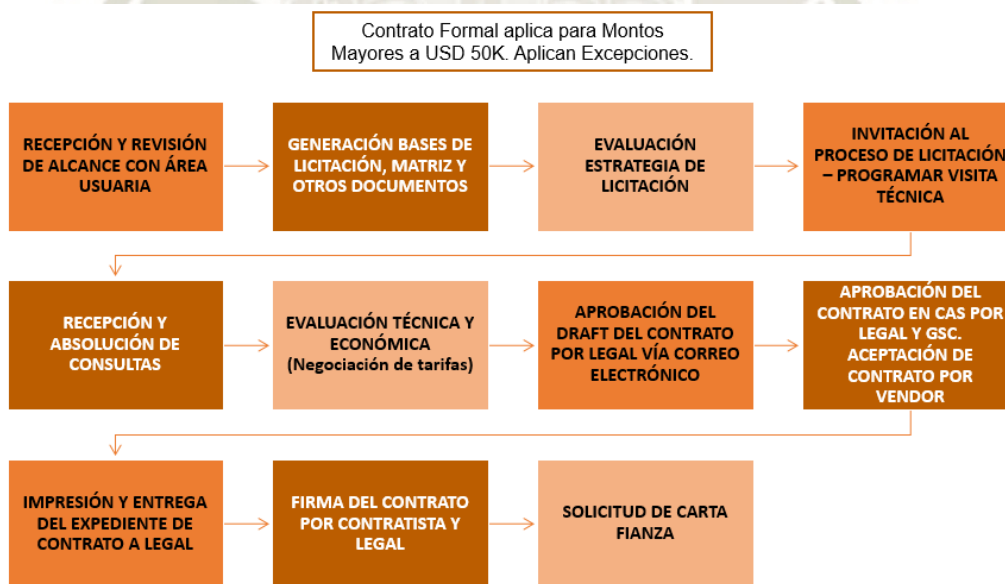
##### **Para un Alcance Servicio > 50K en Dólares americanos**

- CR generada y aprobada.
- Documento Alcance de Servicio en Word.

- Anexos D: Alcance Servicio, Tabla de presupuesto, Especificaciones Técnicas, planos, documentos de calidad, Entregables técnicos, formatos blue stake o excavaciones, formatos afines).
- Matriz de Calificación (Criterios de Evaluación Técnica, sus ponderaciones y escalas).
- Lista de potenciales postores.
- En la invitación se adjuntará borrador de contrato, bases de licitación, entre otros.

Para nuestro proyecto aplica un monto mayor a 50,000 dólares americanos, por lo que se requiere el trámite los documentos indicados anteriormente, para ello se tendrá la siguiente línea de tiempo mostrada en la ilustración 27.

### LEAD TIME: CONTRATO FORMAL



**Plazo de atención : 60 días calendario en promedio.**

*Ilustración 27. Lead Time: Contrato Formal*

Fuente: Elaboración Propia

Para la atención de todos los servicios (contratos u órdenes de servicio) se requiere:

- CR aprobado. Este requerimiento de Contrato o servicio lo realiza el administrador del servicio asignado, en este caso la supervisión de construcción del equipo de proyecto en el sistema de gestión ERP SAP. Una vez generada automáticamente pasa a aprobaciones de la Superintendencia usuaria, Gerencia usuaria y Dirección de Operaciones de la minera. Si el monto total del proyecto supera los 500,000 dólares americanos requiere aprobación de la casa matriz de Freeport.
- Alcance completo, claro e incluir anexos al alcance si corresponde. Esto es elaborado por el administrador asignado del proyecto, es revisado en conjunto con el área de contratos y área legal. El “Contract Owner” es únicamente la superintendencia del área usuaria, pudiendo ser o no el último aprobador. Esta persona recibirá el contrato firmado por parte del área Legal.

Este alcance debe detallar claramente la necesidad del servicio, definir qué tipo de documentos se requieren: informes, entregables, HH para reportes de seguridad etc. Modalidad de Contratación: suma alzada, precios unitarios, tarifas unitarias, gastos reembolsables, plazo del servicio (Identificar hitos si son necesarios). Garantía Técnica. (plazos)

Además, debe considerar una Plantilla Económica (con la finalidad de comparar las tarifas al momento de la evaluación). Confirmar penalidades del servicio / criticidad del servicio. Debe incluir todos los documentos de soporte como son: planos, procedimientos, permisos, documentos de gestión que se requieran, etc Se indica los anexos del proceso de licitación y Calendario de

licitación. En los procesos de licitación es importante distinguir las características del proveedor que se muestran en la tabla 10, para lo cual se tiene definido las siguientes situaciones de contratación:

*Tabla 10. Tipos de Contratos.*

Cuando en el mercado existe una sola empresa de Suministro, como por ejemplo el vendor del equipo.	SOLE SOURCE
Cuando en el mercado se encuentran varias fuentes o empresas de suministro y se adjudica a una en específica	SINGLE SOURCE

Fuente: Elaboración Propia

Una calendarización optimizada de la generación de un contrato para este servicio se detalla en la tabla 11, donde todas las actividades son secuenciales.

*Tabla 11. Calendarización de actividades de Contratos.*

Actividad	Plazos (Días)
Generación y Aprobación de CR	20
Revisión y aprobación de Alcances del servicio.	10
Invitación al Proceso de licitación	2
Coordinación y ejecución de Visita técnica	5
Recepción de Consultas	7
Absolución de consultas	3
Presentación de Propuesta Económica y Técnica	10
Evaluación de las Propuestas	3

Fuente: Elaboración Propia

Una vez definido el Contratista para el servicio especificado, esta empresa generalmente toma otros 30 días para habilitar sus colaboradores para este servicio. Dentro de las tareas requeridas para estar habilitado y poder realizar labores dentro de las instalaciones de una minera según lo establecido en el DS 024 Seguridad en Minería en el Perú, se considera las siguientes actividades:

Exámenes médicos de ingreso a mina.

Contratación formal, asegurar a los colaboradores SCTR.

Curso de inducción de estándares para trabajos en minería.

Cursos específicos, para este proyecto se requiere los siguientes: espacios confinados, Trabajos en Caliente, Bloqueo de energías o LOTOTO, trabajos en altura, estándar COVID.

### 5.3.2. Método Ágil de Gestión de Contratos

Evaluada la problemática con el equipo Scrum para este proyecto, y además contando con un integrante del área de Contrato dentro de nuestro equipo Scrum, se plantea las acciones a fin de agilizar la definición del contratista que será responsable de la ejecución del cambio del sistema motriz del espesador de relaves.

La acción inmediata es la evaluación dentro de nuestras instalaciones de una empresa que este ejecutando trabajos similares con prioridad de ejecución 1 para ver la posibilidad dentro de esta misma empresa generar una adenda a su contrato original y pueda asumir con parte de su personal este nuevo servicio, complementando en el desarrollo de la fabricación la habilitación de personal complementario a ser usado en el montaje de estas fabricaciones. Para ello como

equipo Scrum se busca relacionar los paquetes de planos individualizados que se ejecutaran en el área de ingeniería y no tratarlo como un paquete general. Bajo este enfoque es que se encontró a una empresa Metalmecánica, realizando trabajos de fabricación y montaje de estructuras metálicas de categoría mediana que es la que se necesita para el proyecto de cambio de sistema motriz en el espesador de relaves. Asignado estos paquetes a esta empresa respetando los precios unitarios ya definidos en otro contrato y sabiendo que cuenta con talleres que garantizan la fabricación inmediata de las estructuras solicitadas. A la par se solicita la habilitación de personal adicional a la que ya se encuentran en las instalaciones dentro de la minera, para completar la cantidad requerida para la ejecución efectiva de este servicio. También para asegurar la correcta instalación del sistema motriz se determinó la contratación del servicio de asesoría en la instalación. Para ello con la consideración de empresa proveedora del equipo y especialista, se contratará a la empresa Provedora del Equipo, para la asesoría en la instalación bajo la modalidad de SOLE SOURCE.

Esta acción de determinación Ágil, nos permitirá tener una contratista definida en 20 días, ahorrando también el periodo de habilitación de personal, dado que la empresa seleccionada ya cuenta con personal habilitado dentro de mina, y al tener un servicio de prioridad 1 con otra área, se puede tener la posibilidad de ampliar plazo por habilitación para complementar la cantidad de personal para asumir ambos proyectos. De igual manera se analizó el requerimiento de andamios para la instalación de componentes estructurales, en este análisis, se obtuvo como dato que se tiene activo para trabajos de paradas en apoyo de instalación de andamios a una empresa especialista en armado y aprovisionamiento de andamios, quienes se le agregó una adenda para este proyecto con los mismos precios unitarios ya

evaluados en este otro servicio, ahorrando el tiempo del proceso de licitación. De igual características de contratación se logró colocar una adenda a la empresa proveedora de grúas y operadores, especialistas en izajes con grúas, quienes ya tenían un contrato de movilización de nuevas tolvas de camiones mineros con la gerencia Mina, ahorrando tiempo en el proceso de licitación y habilitación para grúas requeridas para el presente proyecto.

Resumiendo, la agilidad aplicada en el área de Contratos nos permitió la reducción del proceso de habilitación de personal contratista en 70 días, los cuales tienen un impacto considerable en el desarrollo del presente proyecto, para todas estas empresas se ha respetado los precios unitarios ya estudiados y definidos por el área de contrato en otros servicios similares. Esta ganancia en días no tiene un impacto económico, toda vez que al contratista se paga por la labor dentro de mina, sin embargo, si es importante tener un contratista habilitado para afrontar el riesgo de parada imprevista del espesador.

#### **5.4. Aplicación de Metodologías Ágiles en el área de Construcción**

Siendo el área que consolida todas las mejoras que podría darse en el proyecto, se establece las técnicas descritas en el SCRUM. Para ello se han establecido un listado de tareas previas a la intervención del espesador de relaves. Con una frecuencia de control de una semana, y luego un listado de tareas para la ejecución con frecuencia de revisión diaria. Debemos recordar que estas tareas se plasman en un Sprint Backlog el cual se revisara el cumplimiento y de haber retrasos estos son analizados por el equipo y es el Scrum Master quien debe apoyar para destrabar las restricciones de esta tarea, actuando, gestionando o apoyando con algún integrante del grupo. La idea de este Backlog es que el nivel de

cumplimiento es alto porque en las reuniones de revisión también intervienen los interesados como las Gerencias involucradas, las cuales podrían definir algún apoyo adicional a fin de viabilizar la obtención de los objetivos trazados y puedan levantarse rápidamente estas restricciones. Es decir, el equipo SCRUM es altamente auto dirigido y los niveles de decisión son muy rápidos, siempre dentro de la ética y procedimientos internos establecidos en la organización.

#### 5.4.1. Elaboración del Sprint Backlog del proyecto

Para esta etapa en coordinación del equipo SCRUM se determinó las tareas como previas a la intervención del sistema motriz del espesador de relaves, esto se muestra en la ilustración 28, con corte al 15 de setiembre.

##### Plan de proyecto Ágil

<b>Nombre del proyecto</b>	Cambio Sistema Motriz Espesador TK012 C1
<b>Gerente del proyecto</b>	Jesus Donayre Cahua
<b>Entregable del proyecto</b>	Espesador Operativo con Sistema motriz nuevo
<b>Fecha de inicio</b>	3-Sep-21
<b>Fecha final</b>	15-Nov-21
<b>Progreso general</b>	

Nombre de la tarea	Responsable	Fecha de inicio	Fecha final	Días	Estado
<b>Sprint 1</b>	<b>J. Donayre</b>	<b>9/16</b>	<b>10/5</b>	<b>19</b>	<b>Finalizado</b>
Definición del Equipo de Ingeniería	Ingeniería	3-Sep	4-Sep	1	Finalizado
Busqueda de informacion del equipo	Ingeniería	5-Sep	10-Sep	5	Finalizado
Revisión y aprobación de Alcances y documentación del servicio	Contratos	5-Sep	15-Sep	10	Finalizado
Evaluación de contratistas disponibles Fabricaciones metalicas	Contratos	15-Sep	5-Oct	20	En Progreso
<b>Sprint 2</b>	<b>J. Donayre</b>	<b>9/10</b>	<b>9/20</b>	<b>10</b>	<b>En progreso</b>
Procedimiento Retiro de Sistema motriz	Ingeniería	10-Sep	11-Sep	1	Finalizado
Procedimeinto de reforzamiento de puente de acceso	Ingeniería	12-Sep	15-Sep	3	Finalizado
Procedimiento de soportes de feed well	Ingeniería	15-Sep	17-Sep	2	En Progreso
Procedimiento de facilidades de ingreso a tanque espesador	Ingeniería	16-Sep	20-Sep	4	En Progreso

<b>Sprint 3</b>	<b>J. Donayre</b>	<b>9/16</b>	<b>10/15</b>	<b>29</b>	<b>En progreso</b>
Planos de reforzamiento de puente de acceso	Ingenieria	16-Sep	24-Sep	8	En Progreso
Revision Planos reforzamiento de puente por area de construccion	Ingenieria	24-Sep	26-Sep	2	Sin empezar
Planos de soportes de feedwell	Ingenieria	24-Sep	2-Oct	8	Sin empezar
Revision Planos soportes feed well por construccion	Ingenieria	2-Oct	5-Oct	3	Sin empezar
Planos de facilidades	Ingenieria	2-Oct	11-Oct	9	Sin empezar
Revision Planos de facilidades por construccion	Ingenieria	11-Oct	13-Oct	2	Sin empezar
Emision de planos Revision 0	Ingenieria	13-Oct	15-Oct	2	Sin empezar
<b>Sprint 4</b>	<b>J. Donayre</b>	<b>9/26</b>	<b>10/16</b>	<b>20</b>	<b>Sin empezar</b>
Elaboracion de ODM Reforzamiento puente	Ingenieria	26-Sep	29-Sep	3	Sin empezar
Elaboracion ODM soportes del feed well	Ingenieria	2-Oct	5-Oct	3	Sin empezar
Elaboracion ODM facilidades	Ingenieria	11-Oct	14-Oct	3	Sin empezar
Emision ODM Revision 0 para aprobacion de usuario	Ingenieria	15-Oct	16-Oct	1	Sin empezar
<b>Sprint 5</b>	<b>J. Donayre</b>	<b>9/29</b>	<b>11/15</b>	<b>47</b>	<b>Sin empezar</b>
Asignacion de contratista paa fabricaciones de soportes de puente	Contratos	29-Sep	2-Oct	3	Sin empezar
Asiganacion de Contratista para fabricar soportes de feed well	Contratos	6-Oct	10-Oct	4	Sin empezar
Asiganacion de Contratista para fabricar facilidades	Contratos	14-Oct	17-Oct	3	Sin empezar
Asiganacion de Contratista para Montaje y desmontaje estructural	Contratos	16-Oct	24-Oct	8	Sin empezar
Asiganacion de Contratista para Andamios	Contratos	24-Oct	30-Oct	6	Sin empezar
Asiganacion de Contratista para Gruas	Contratos	30-Oct	7-Nov	8	Sin empezar
Asiganacion de Contratista para Soporte tecnico	Contratos	7-Nov	15-Nov	8	Sin empezar

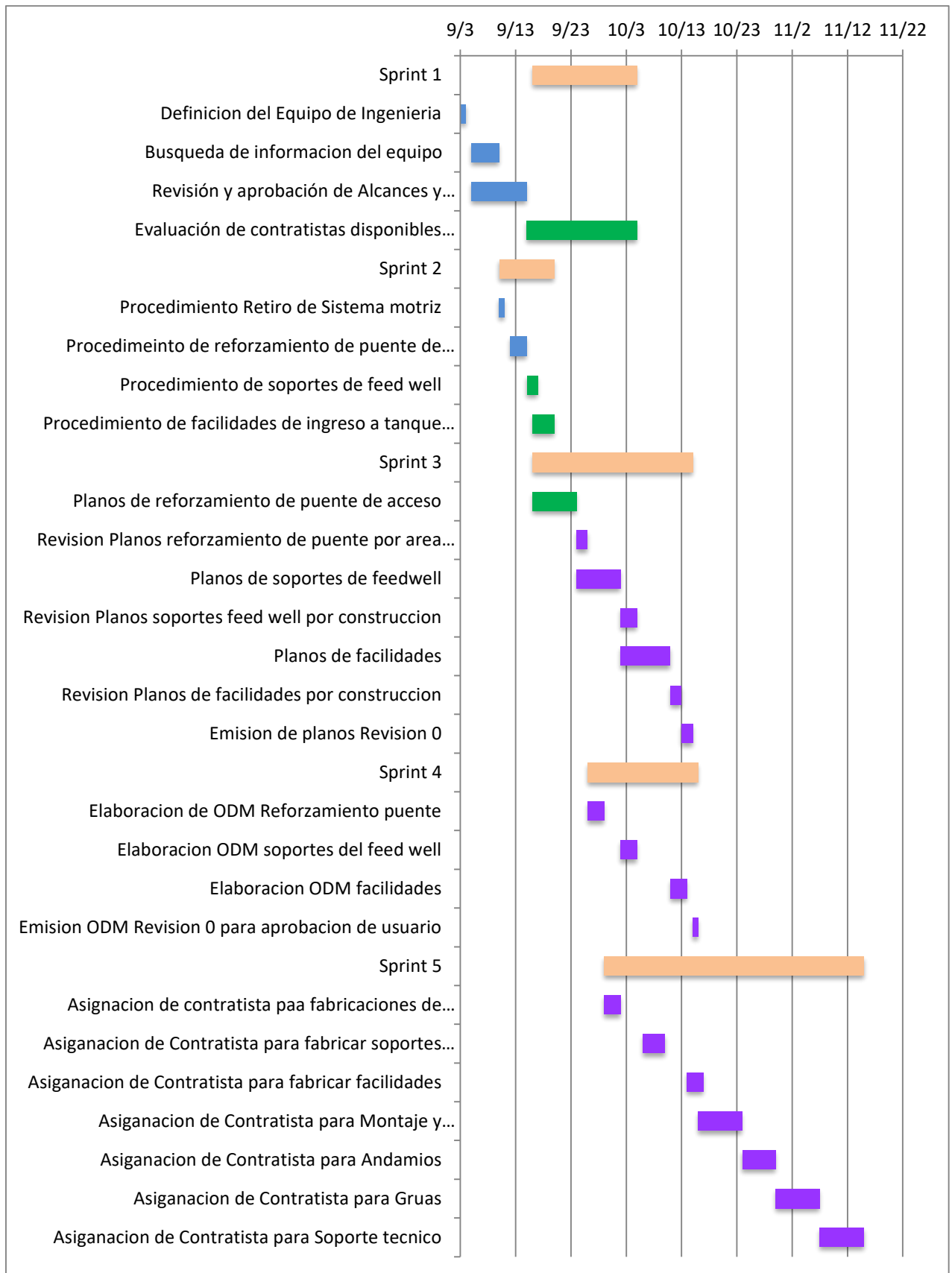


Ilustración 28. Backlog Scrum del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos de entrada, podremos organizar la ejecución propiamente, para lo cual se ha definido el secuenciamiento optimizado de las actividades de intervención para el cambio de sistema motriz en el Espesador de relaves. El cronograma original proporcionado por el área de mantenimiento aprobado por su gerencia contempla un requerimiento de 38 días, el cual se muestra en la tabla 12. Para ello el equipo SCRUM tiene el desafío de reducir este plazo y para ello se analizan algunas restricciones a superar para poder optimizar el tiempo de ejecución, para ello se analizó en el mapa de Empatía y plantillas Canvas las posibilidades de acciones que permitirían mejorar los tiempos. Estas acciones se detallan a continuación:

En las reuniones del equipo Scrum, se evaluó la mejora en el procedimiento de cambio apoyando al área de Ingeniería en la Elaboración de planes de izajes por parte del área de construcción. Otra restricción que se da, de acuerdo a los procedimientos internos de la minera se requiere la firma de la supervisión del trabajo además de la firma del supervisor del área de Operaciones como dueño de área, sin embargo, esta última firma normalmente toma alrededor de 2 horas adicionales debido a que el supervisor de operaciones debe tener reuniones de coordinación con su propio personal así como las charlas a su equipo de trabajo, es por ello, que dado que se va a trabajar solamente con el área de Proyectos en el Espesador de relaves, se solicita que la firma como dueño de área, sea por parte de la supervisión de Proyectos. Esta acción fue consultada y aprobada por el área de seguridad de la propia minera, dándole viabilidad de inicio de actividades de parte del contratista. Esto en resumen sería un ahorro de 2 horas por turno en promedio.

Así mismo se involucró al área de Seguridad para asesorar y evaluar la implementación que estos permisos de forma digital, hecho que reduce el riesgo de contagio por temas del COVID. Así mismo el asesoramiento a la supervisión de Seguridad del contratista para agilizar la aprobación de permisos AIT (permiso para personal contratista itinerante, sube y baja diariamente) como condición de itinerantes del Contratista, esta condición de itinerante, considera que el personal contratista suba y baje de mina al terminar su turno diario de trabajo. Esto implicó resguardar el distanciamiento social entre los trabajadores y la implementación del uso de caretas cuando se requiera trabajos de dos o más personas, como es el caso del presente proyecto.

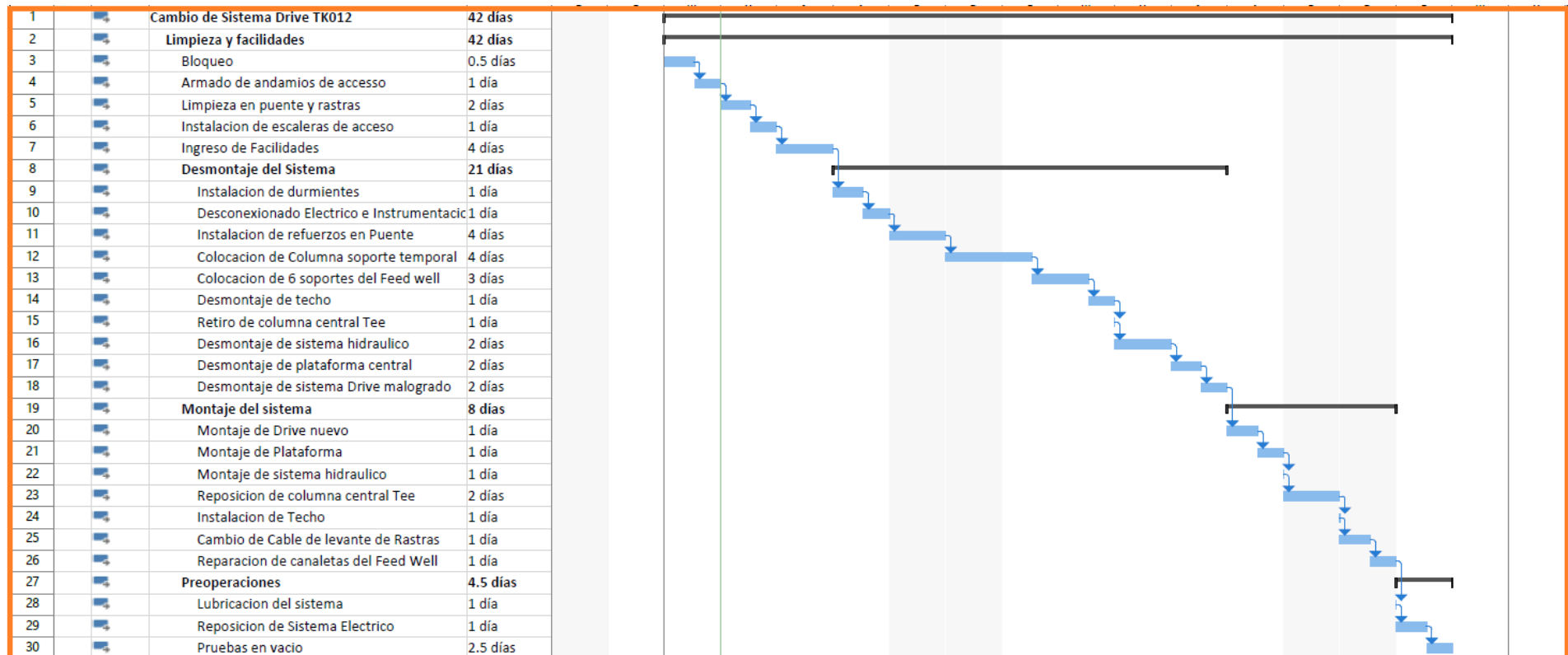
Otro aspecto evaluado, se solicitó al área de operaciones la liberación de interferencias alrededor del espesador, como son el almacenamiento de reactivos que tuvo que ser retirado para facilitar la ubicación de herramientas cerca al área de trabajo, así mismo permitió la ubicación de servicios higiénicos básicos. Esto con la finalidad de reducir al mínimo los tiempos improductivos de los trabajadores involucrados en el proyecto. También, se solicitó encargar la limpieza interior del espesador de relaves por contar con personal especialista en esta actividad, además se solicitó personal permanente de operaciones al momento de realizar las pruebas operativas. En el equipo se analizó la implementación de un sistema by pass del espesador, es decir enviar los relaves directamente a la poza de relaves, y de allí hacer la recuperación de agua sin que esto implique parada de ningún molino. El impacto de esta acción es de trabajar con todas las bombas de relaves sin stand by, es decir el riesgo de no poder hacer mantenimiento a las bombas de relaves mientras dure la intervención por 23 días al espesador, esto se muestra en la tabla 13. Este sub proyecto fue implementado, logrando reducir a

ceros el impacto por lucro cesante de la planta por parada del espesador. Los detalles de este sistema by pass no es considerado en el alcance de la presente tesis

Otra acción que ayudo, es solicitar el apoyo a Mantenimiento para tramitar todos los repuestos para cambio, así como la asignación de las tareas de lubricación.

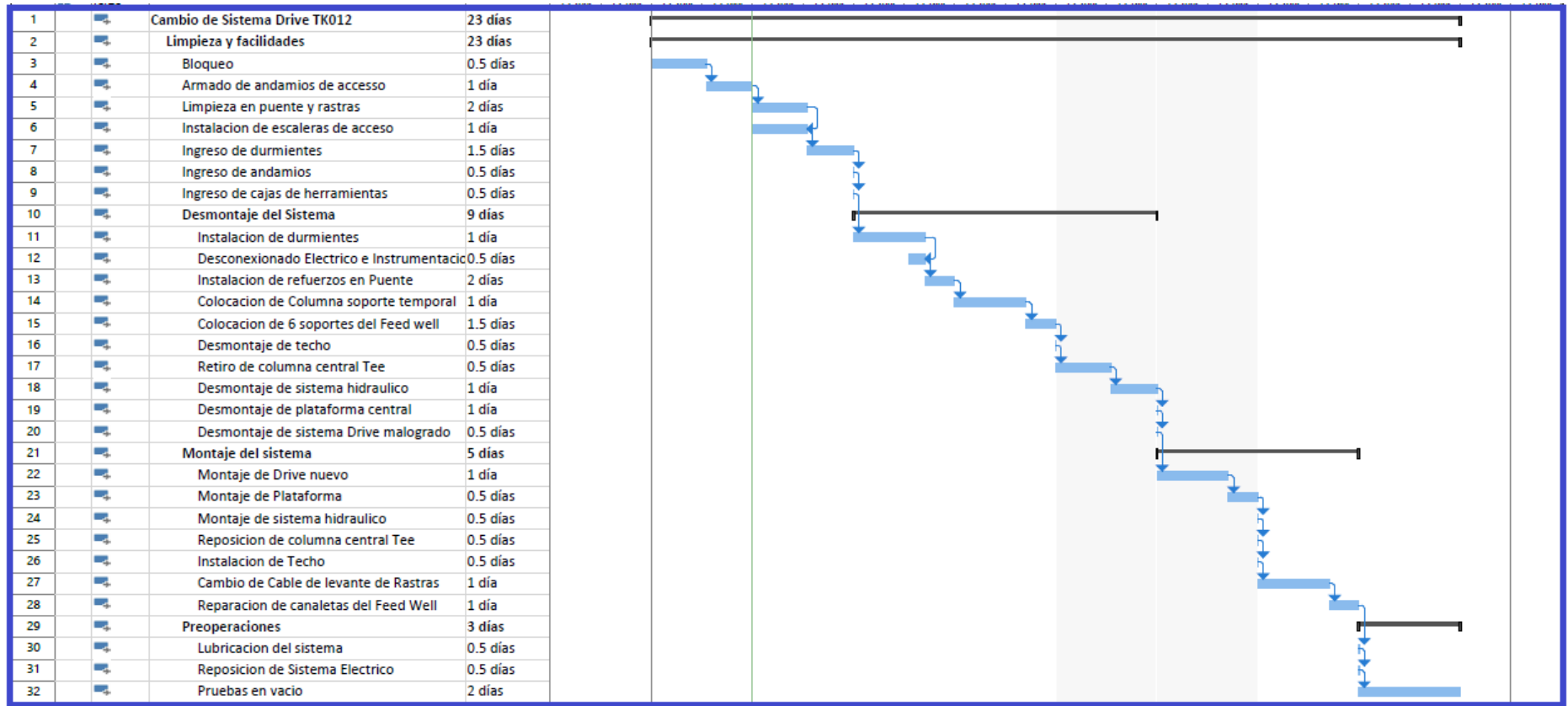


Tabla 12. Cronograma Tradicional del Proyecto: Cambio de Sistema Motriz del Espesador de Relaves.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Cronograma Ágil del Proyecto: Cambio de Sistema Motriz del Espesador de Relaves.



Fuente: Elaboración Propia

### 5.5. Evaluación final de la aplicación de Metodología Ágil en el proyecto

Resumiendo, los resultados de la evaluación en la aplicación de las metodologías ágiles en el área de Ingeniería del proyecto de cambio de sistema motriz del espesador, los cuales se muestran en la tabla 14 y se grafican en la ilustración 29. De este análisis se observa la reducción de 17 días por aplicar metodologías ágiles en el área de Ingeniería.

Tabla 14. Evaluación Final de aplicación de Metodología Ágil en el Área de Ingeniería del Proyecto

Actividad	Duración M. Tradicional (días)	Duración M. Ágil (días)
Conceptualización	12	12
Desarrollo de planos	35	28
Elaboración de presupuestos	13	3
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>43</b>

Fuente: Elaboración Propia

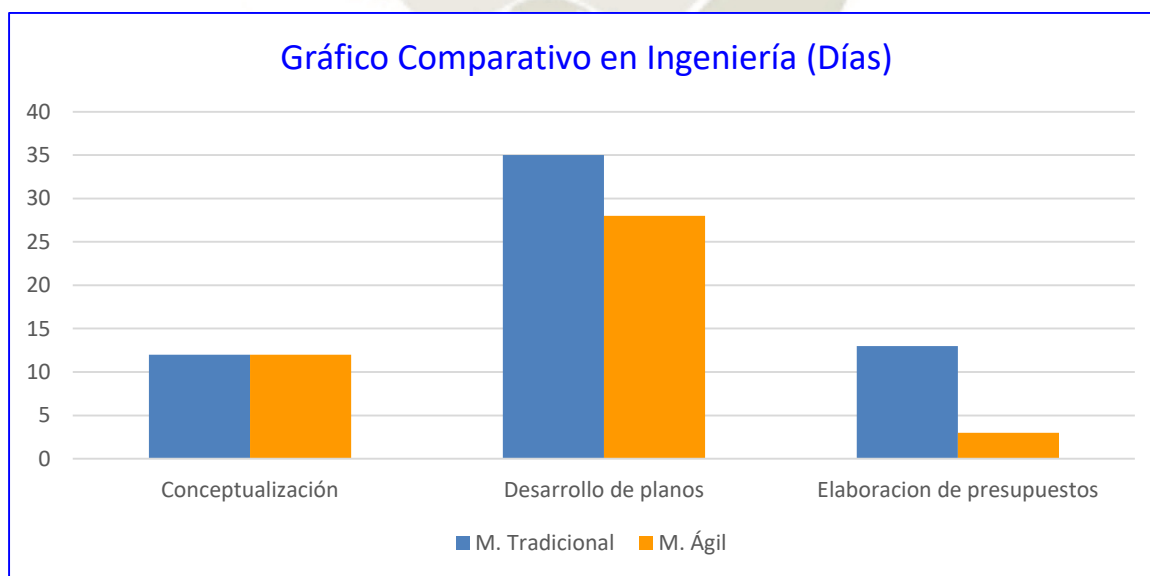


Ilustración 29: Gráfico Comparativo en Ingeniería del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la evaluación en la aplicación de las metodologías ágiles en el área de Contratos del proyecto de cambio de sistema matriz del espesador, los cuales se muestran en la tabla 15 y se grafican en la ilustración 30. De este análisis se observa la reducción de 40 días por aplicar metodologías ágiles en el área de Contratos.

*Tabla 15. Evaluación Final de aplicación de Metodología Ágil en el Área de Contratos del Proyecto*

Actividad	Duración M. Tradicional (días)	Duración M. Ágil (días)
Generación y Aprobación de CR	20	20
Aprobación de Alcances y documentación	10	0
Proceso de licitación	27	0
Evaluación de las Propuestas	3	0
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>20</b>

Fuente: Elaboración Propia

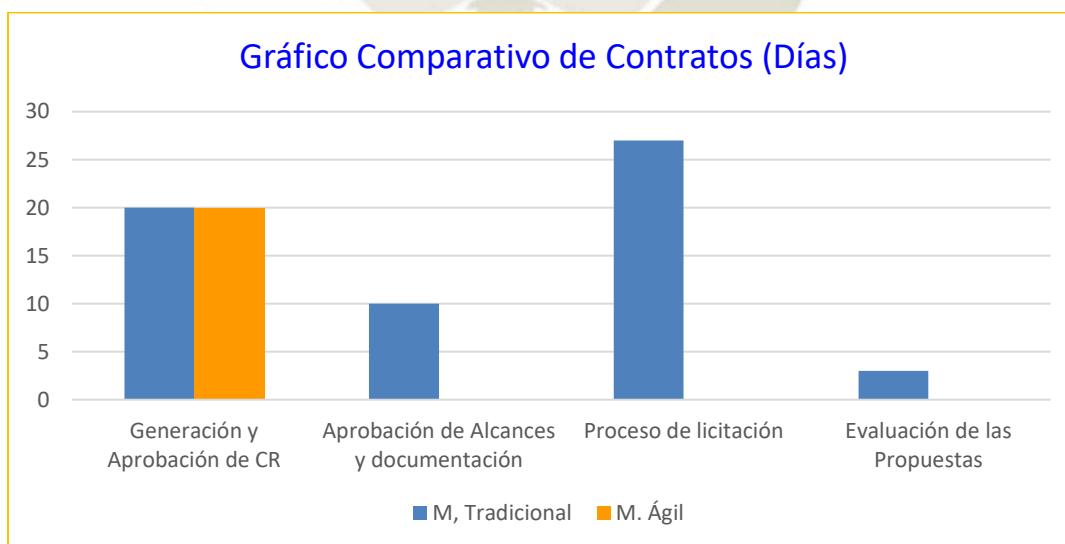


Ilustración 30: Gráfico Comparativo en el Área de Contratos del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de los resultados de la aplicación de las metodologías ágiles en el área de Construcción del proyecto de cambio de sistema motriz del espesador, los cuales se muestran en la tabla 16 y se grafican en la ilustración 31. De este análisis se observa la reducción de 15 días por aplicar metodologías ágiles en el área de Contratos.

*Tabla 16 Evaluación Final de aplicación de Metodología Ágil en el Área de Construcción del Proyecto*

Actividad	Duración M. Tradicional (días)	Duración M. Ágil (días)
Limpieza y facilidades	9	6
Desmontaje del Sistema	19	9
Montaje del Sistema	14	8
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>23</b>

Fuente: Elaboración Propia

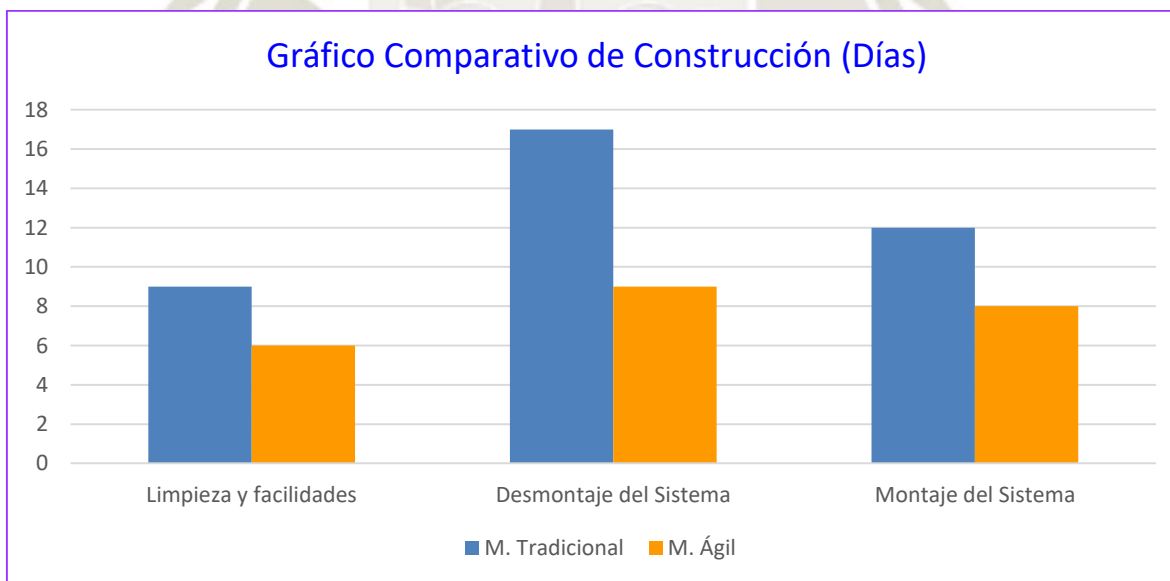


Ilustración 31: Gráfico Comparativo en el Área de Construcción del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

El resumen de los resultados de la evaluación en la aplicación de las metodologías ágiles en el proyecto de cambio de sistema motriz del espesador, se muestran en la tabla 17 y se grafican en la ilustración 32. De este análisis se observa la reducción de 106 días por aplicar metodologías ágiles en el proyecto.

*Tabla 17: Evaluación Final de aplicación de Metodología Ágil del Proyecto*

Actividad	Duración M. Tradicional (días)	Duración M. Ágil (días)
Ingeniería	60	43
Contrato	90	20
Construcción	42	23
<b>TOTAL</b>	<b>192</b>	<b>86</b>

Fuente: Elaboración Propia

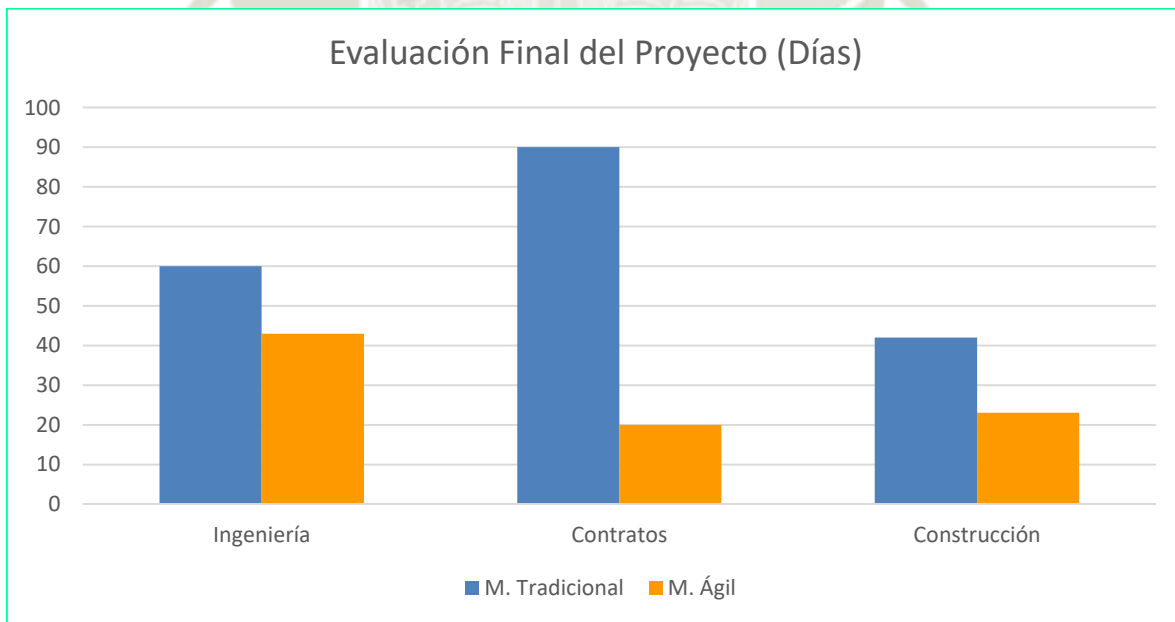


Ilustración 32: Gráfico Comparativo de Metodologías en el Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación del lucro cesante en la etapa propia de la intervención del espesador de relaves, es decir en la parada del equipo, se muestran en la tabla 1 y se grafican en la ilustración 33. De este análisis se observa la reducción del impacto económico de 18.95 Millones de dólares americanos.

Este análisis de lucro cesante se realiza al área operativa que se vería impactada por la parada del equipo para su reparación, sin embargo, las áreas de apoyo, no se ven impactadas económicamente por no ser parte de la línea productiva, sin embargo, su aporte se ve reflejado en días de ahorro para estar preparados para esta actividad de cambio de sistema motriz del espesador. El área de Ingeniería aporta la definición e Ingeniería del proceso de cambio, el área de contratos aporta la posibilidad de tener oportunamente los contratistas, quienes ejecutar la tarea de cambio de sistema motriz. El área de Construcción, quien en este caso es la que efectúa el cambio del sistema, aporta la gestión e implementación del proyecto llegando hasta el cierre financiero del mismo.

*Tabla 18: Evaluación por Impacto del Lucro Cesante del Proyecto.*

Actividad	Duración M. Tradicional (Millones de Dólares)	Duración M. Ágil (Millones de Dólares)
Limpieza y facilidades	11.37	7.58
Desmontaje del Sistema	21.48	11.37
Montaje del Sistema	15.17	10.11
<b>TOTAL</b>	<b>48.02</b>	<b>29.07</b>

Fuente: Elaboración Propia

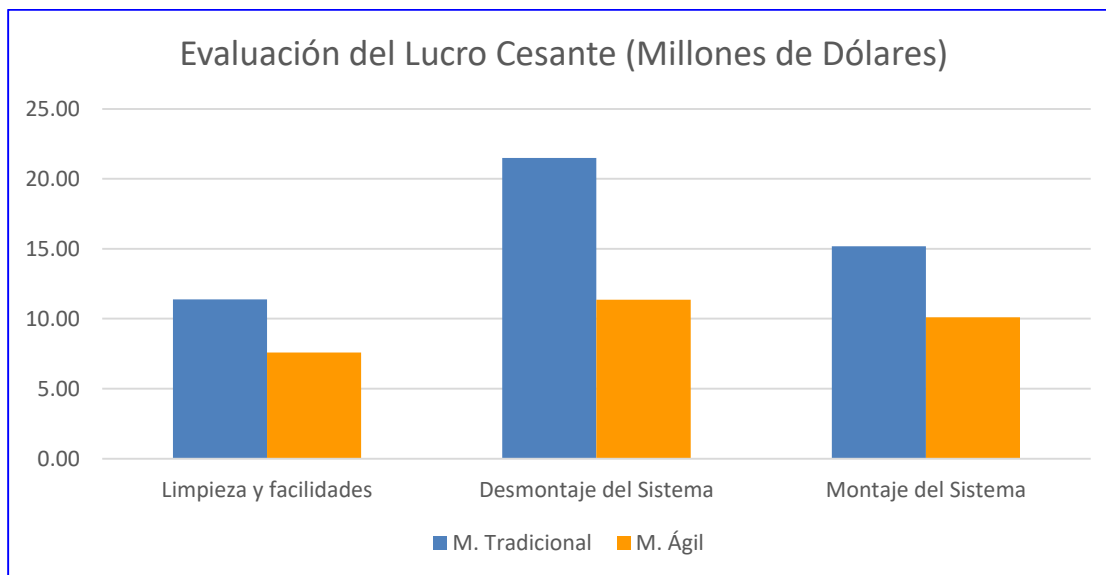


Ilustración 33: Gráfico Comparativo del Impacto por Lucro Cesante en el Proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados mostrados, podemos indicar que las aplicaciones de las metodologías ágiles permiten adecuarse fácilmente a los proyectos de diversas índoles, además son compatibles con otras metodologías, por lo cual es importante ver que podemos utilizarlas en la optimización de proyectos. Para ello, la preparación del personal que dirige el equipo Scrum requiere conocimientos mínimos de estas metodologías ágiles.

En nuestra investigación, se observa la reducción de costos y horas en un proyecto específico como es el cambio de sistema motriz de un Espesador de relaves de 80m de diámetro, en la cual se ha aplicado las metodologías ágiles como es el Scrum y también la metodología Desing Thinking. Para ello se han analizado los llamados cuellos de botellas o restricciones, que deben ser analizados con criterio para poder reducirlos al mínimo, y de esta manera poder viabilizar su ejecución. Para este análisis de restricciones, se pueden emplear herramientas como mapas de empatía para plantear soluciones como si fuera el propio

usuario. Desde el punto de vista del propio usuario, se puede plantear soluciones utilizando la herramienta como el Lean Canvas. Para el seguimiento y control a estas tareas identificadas, es una muy buena alternativa como lo mostrado en la presente investigación, el uso de Spring Backlog.



## CONCLUSIONES

Primero, De lo investigado, se verifica que es posible la implementación de metodologías ágiles y de innovación como son el Scrum, Design Thinking, en proyectos considerados como Mantenimiento mayores en minería, en este caso en particular en una planta concentradora de 120KTPD ubicada en el Sur del Perú. Como se evidencia estas metodologías optimizan la cantidad de horas típicamente utilizadas, en este caso específico en un 55%. Además, en la ejecución propiamente del cambio de sistema motriz se obtiene una reducción por lucro cesante de 18.95 millones de dólares por intervención específicamente del espesador analizado.

Segundo, De la implementación de las metodologías Ágiles, se han definido los procesos productivos que están relacionados al problema a solucionar. Esto ha sido facilitado por la adaptabilidad de las metodologías como son el Scrum y Design Thinking, en este caso específico aplicado a la planta concentradora de 120KTPD ubicada en el Sur del Perú.

Tercero, Se demuestra que para la implementación de estas metodologías ágiles, se ha definido y asignado las responsabilidades de cada integrante del equipo Scrum. En este equipo se tiene personal de distintas áreas involucradas en el proyecto. Esto permitirá la agilidad en las decisiones y reducción de restricciones que no permiten el avance requerido en el proyecto. Se asignó los roles de Product Owner al área operativa y como Scrum Master al líder del proyecto. Quienes en conjunto con el equipo multidisciplinario Scrum han logrado

reducir el tiempo y costo por lucro cesante del proyecto de cambio de sistema motriz del espesador de relaves.

Cuarto, De lo investigado, se verifica cada área involucrada en la solución del problema a resolver y la relación con cada metodología a ser utilizada en ellas. Se observa que las áreas externas como Ingeniería, Contratos, Seguridad y Construcción, se utilizó el mapa de empatía, sin embargo, las áreas usuarias como Operaciones y Mantenimiento se utilizó el Lienzo Canvas, para innovar las soluciones propuestas y posteriormente implementadas. Con ello se demuestra una reducción de tiempo de 192 días bajo la metodología tradicional a 86 días aplicando metodologías ágiles. Así mismo, una reducción de costos por lucro cesante inicialmente previsto en 48.02 millones de dólares bajo la metodología tradicional, a 29.07 millones de dólares aplicando metodologías ágiles.

## RECOMENDACIONES

- Dada que las metodologías Agiles son prácticas y aplicativas, que se fundamentan en estándares de optimización de proyectos, mundialmente demostrados y reconocidos, se recomienda su uso y aplicación en proyectos de construcción y/o mantenimiento, tanto en el rubro minero como en la industria en general. Si bien estas inician en la industria informática de rápida adecuación y agilidad de decisiones, también se ha demostrado su eficacia en bancos, mejora continua en procesos y sobretodo en proyectos industriales de alto impacto en la organización.
- Dada la necesidad de las empresas en tener equipos de desarrollo altamente efectivos y autogenerados, en la búsqueda permanente de la mejora continua en sus procesos, se recomienda la adecuación de las metodologías agiles a sus procesos a fin de optimizar individualmente cada parte o proceso operativo, con ello se apunta a un alto desempeño de la organización.
- Al utilizar las metodologías Agiles, como el Scrum en la operaciones y proyectos de la empresa, el personal involucrado desarrolla la automotivación, liderazgo e involucramiento en los objetivos de la empresa, es por ello que es recomendable su aplicación en los diversos procesos de las industrias.
- Dado que estas metodologías no solo son agiles para su aplicación sino para su implementación, es recomendable su utilización en empresas en desarrollo y con potencial hacia la mejora continua, procedimientos de fácil adaptabilidad para mejorar procesos. En empresas que no cuenten con sistemas de gestión de calidad activa, es

recomendable implementar en reparaciones menores para luego migrar a una reparación mayor con la experiencia del personal interviniente para agilizar sus procesos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alaimo, M. (s.f.). *Introducción a la agilidad y Scrum*. Buenos Aires : KLEER ARGENTINA.

Barón Maldonado, D. I., & Rivera Cadavid, L. (2014). How a small business achieved an agile and value creating product development using Lean Como una microempresa conseguiu um desenvolvimento de produtos ágil e que cria valor, empregando Lean. *Estudios Gerenciales*, 30, 40-47. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592314000473>

Barrios, W. G., Godoy, M., Fernandez, M., & Mariño, S. (2011). SCRUM: Experiencia de Aplicación en una Empresa de Desarrollo de Software del NEA. *Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura*. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18745/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18745/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

BBVA Banco Continental. (2017). Un método Creativo y diferente para afrontar proyectos y solucionar problemas que surgen en las empresas Design Thinking. *BBVA Innovation Center*.

Che Esquerre, A. A., & Clavijo Colona, J. A. (2020). Desarrollo de Software basado en Lean Software Development y Scrum para la gestión de empleabilidad de personal en el sector Minero. *Universidad Privada Antenor Orrego*. Obtenido de [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/6512/1/REP\\_ING.SIST\\_ALFREDO.CHE\\_JORDI.CLAVIJO\\_DESARROLLO.SOFTWARE.BASADO.LEAN.SOFTWARE.DEVELOPMENT.SCRUM.GESTI%  
c3%93N.EMPLEABILIDAD.PERSONAL.SECTOR.MINERO.pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/6512/1/REP_ING.SIST_ALFREDO.CHE_JORDI.CLAVIJO_DESARROLLO.SOFTWARE.BASADO.LEAN.SOFTWARE.DEVELOPMENT.SCRUM.GESTI%c3%93N.EMPLEABILIDAD.PERSONAL.SECTOR.MINERO.pdf)

Fonseca Vargas, M. A., Obregón Hernandez, E. I., & Espinoza Jaen, L. D. (2014). Metodologías ágiles de desarrollo de software, la programación extrema aplicada al desarrollo del sistema de información web para la gestión de presupuestos en CEM COMUNICACIONES S.A. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN - Managua*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/6197/1/15911.pdf>

- G. Bioul, F. E. (2010). *Metodologías Ágiles, análisis de su implementación y nuevas propuestas*. Mar del Plata, Argentina. Obtenido de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19292/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19292/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gilibets, L. (11 de Noviembre de 2020). *IEBS*. Obtenido de Qué es la metodología Kanban y cómo utilizarla: <https://www.iebschool.com/blog/metodologia-kanban-agile-scrum/>
- Gómez, J. (05 de Diciembre de 2017). *International Business School*. Obtenido de La “Espina de Pescado” de Ishikawa y su relación con el enfoque de marco lógico: <https://www.cerem.es/blog/la-espina-de-pescado-de-ishikawa-y-su-relacion-con-el-enfoque-de-marco-logico>
- González, J. F. (2004). *Introducción a las metodologías ágiles*. Obtenido de [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnicas\\_avanzadas\\_de\\_ingenieria\\_de\\_software/Tecnicas\\_avanzadas\\_de\\_ingenieria\\_de\\_software\\_\(Modulo\\_3\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnicas_avanzadas_de_ingenieria_de_software/Tecnicas_avanzadas_de_ingenieria_de_software_(Modulo_3).pdf)
- Guzmán Tejada, A. (2014). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Obtenido de :  
[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5778/GUZMAN\\_ABNER\\_LEAN\\_CONSTRUCTION\\_PROYECTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5778/GUZMAN_ABNER_LEAN_CONSTRUCTION_PROYECTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández, A., Ortega, H., Edgar, M., & Cuauhtémoc, L. O. (2014). Estimación y control de costos en métodos ágiles para desarrollo de software: un caso de estudio Estimation and Control in Agile Methods for Software Development: a Case Study. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774314703506#bib0030>

- Hirota, T., & Ikujiro, N. (Enero de 1986). *The New New Product Development Game*.  
Obtenido de Leading Teams: <https://hbr.org/1986/01/the-new-new-product-development-game>
- López Léri, J., & De León Molinari, F. (2020). Design Thinking. *Fundación Persán*.  
Obtenido de <https://www.fundacionpersan.org/web/uploads/formacion/Creatividad.%20Design%20Thinking.pdf>
- Lugo Muñoz, M., & Villegas Ramos, E. L. (2021). La metodología Design Thinking para la innovación y centrada en la persona. *Claves para la innovación pedagógica ante los nuevos retos: respuestas en la vanguardia de la práctica educativa.*, 866-877.  
Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/348657912\\_La\\_metodologia\\_Design\\_Thinking\\_para\\_la\\_innovacion\\_y\\_centrada\\_en\\_la\\_persona](https://www.researchgate.net/publication/348657912_La_metodologia_Design_Thinking_para_la_innovacion_y_centrada_en_la_persona)
- Menéndez, R. E. (2016). Metodologías Ágiles de Desarrollo de Software Aplicadas a la Gestión de Proyectos Empresariales. *Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/80296686.pdf>
- Navarro Cadavid, A., Fernández Martínez, J. D., & Morales Vélez, J. (2013). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *PROSPECTIVA*, 30-39. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250736004.pdf>
- One Drive Freeport McMoran Inc. (2020). One Drive Freeport McMoran Inc.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Modelo Canvas*. Obtenido de Modelo Canvas, qué es y cómo se aplica a tu negocio: <https://modelocanvas.net/>
- Palacio, M. (2020). *Scrum Manager*. Scrum Manager Body of Knowledge. Obtenido de [https://www.scrummanager.net/bok/index.php?title=Scrum\\_Manager\\_BoK](https://www.scrummanager.net/bok/index.php?title=Scrum_Manager_BoK)
- Pita Marchena, J. E. (2014). Aplicación de Metodologías ágiles como soporte en la Gestión de proyectos en agencias de marketing y publicidad digital. *Universidad San*

*Ignacio de Loyola*. Obtenido de

[http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3523/1/2014\\_Pita-Marchena.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3523/1/2014_Pita-Marchena.pdf)

Prim, A. (Febrero de 2016). *Innokabi*. Obtenido de Mapa de empatía. La Herramienta Perfecta para Conocer a tu Cliente: <https://innokabi.com/mapa-de-empatia-zoom-en-tu-segmento-de-cliente/>

Project Management Institute. (2017). Guía Práctica de Ágil. *Project Management Institute*. Obtenido de <https://docplayer.es/154512650-Guia-practica-de-agil.html>

Real Academia Española. (2020). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/%C3%A1gil?m=form>

Rosas Madrigal, G., Ruíz González, S., Martínez Hernández, N. O., Cantú Rodríguez, M. d., & Enríquez de León, A. (2018). Manual de Design Thinking. *Santa Catarina*. Obtenido de [http://www.utsc.edu.mx/vidaEstudiantil/pdf/pdf\\_pades/manual\\_design\\_thinking.pdf](http://www.utsc.edu.mx/vidaEstudiantil/pdf/pdf_pades/manual_design_thinking.pdf)

SCRUMstud. (2017). Scrum Body of Knowledge (Sbok Guide). Obtenido de [http://www.cs.vsu.ru/~svv/spm/SBOK\\_Guide\\_3rd\\_edition\\_English\\_Sample.pdf](http://www.cs.vsu.ru/~svv/spm/SBOK_Guide_3rd_edition_English_Sample.pdf)

Teichelmann Gutierrez, T. E. (2018). Propuesta de optimización en la gestión de proyectos de tecnología para procesos productivos de la minería. *Universidad de Chile*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170850/Propuesta-de-optimizacion-en-la-gestion-de-proyectos-de-tecnologia-para-procesos.pdf?sequence=1>

Toledano De Diego, A., Mañes Sierra, N., & García, S. J. (2009). «Las claves del éxito de Toyota». LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas. *Cuadernos de Gestión*, 9(2), 113-122. doi:<https://www.redalyc.org/pdf/2743/274320565006.pdf>

Vargas, M. A., Hernandez, E. I., & Jaen, L. D. (2014). *Metodologías ágiles de desarrollo de software, la programación extrema aplicada al desarrollo del sistema de información web para la gestión de presupuestos en CEM comunicaciones S.A.* Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/6197/1/15911.pdf>

Version One Agile Made Easier. (2017). *11th annual State of Agile*. Version One Agile Made Easier. Obtenido de <https://www.agile247.pl/wp-content/uploads/2017/04/versionone-11th-annual-state-of-agile-report.pdf>

Vila Grau, J. L. (Junio de 2020). *Proagilist*. Obtenido de Scrumban para la Gestión de Proyectos:<https://proagilist.es/blog/posts/video-del-webinar-scrumban-para-la-gestion-de-proyectos/>

