

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
ESCUELA DE POSGRADO



**PUCP**

**GESTIÓN DE LA PERFORACIÓN DIAMANTINA A TRAVÉS DE  
METODOLOGÍAS ÁGILES (SCRUM – KANBAN)**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGÍSTER EN REGULACIÓN, GESTIÓN Y ECONOMÍA MINERA**

**AUTOR**

**JIMMY ABEL BECERRA CHAMORRO**

**ASESOR:**

**ALFREDO JUAN CARLOS DAMMERT LIRA**

**Julio, 2021**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación pretende describir como los proyectos de perforación diamantina podrían verse beneficiados con el uso de metodologías ágiles como una herramienta más para su gestión. En tiempos donde todo está evolucionando y cambiando, la manera en la que dirigimos y gestionamos los proyectos de perforación diamantina debe estar enmarcado dentro de la política empresarial de las compañías que realizan esta actividad y de los clientes que contratan estos servicios. De esta forma la exigencia e innovación se hacen necesarios para optimizar los recursos con los que se cuenta, y cumplir de forma eficiente los objetivos planificados al inicio de la campaña. La perforación diamantina entre otras cosas nos ofrece la posibilidad de calcular con certeza el valor económico de un recurso mineral teniendo en esta actividad una oportunidad de mejora en cuanto se refiere a su planificación y gestión. Algunas compañías a modo de buenas prácticas desarrollan sus proyectos de perforación bajo la metodología enmarcada dentro del Project Management Institute (PMI), sin embargo, a medida que los proyectos de perforación van evolucionando y aumenta su nivel de complejidad e incertidumbre, las empresas van incorporando diversas metodologías y software, para potenciar su gestión como: Primavera, Prince; Project; Progia; Six Sigma; etc.

Para poder dar una respuesta rápida en este ambiente complejo donde cada día van apareciendo nuevas interferencias que no fueron identificadas en un principio. El instituto de gestión de proyectos (PMI), ha incorporado su guía práctica Ágil.

El enfoque ágil, ha revolucionado la manera de trabajar de los equipos, la adaptación de las organizaciones y la gestión de los procesos en los proyectos informáticos. Así surge la interrogante: ¿Podemos aplicar las metodologías ágiles a otros proyectos que no sean informáticos?

La gestión de la perforación diamantina: ¿Puede adaptarse a este nuevo concepto de gestión? o viéndolo de otra manera ¿qué de malo hay en gestionarlo bajo un enfoque de metodología tradicional?, trataremos de contestar estas interrogantes mediante un análisis cualitativo de los costos fijos y variables que impactan en el costo final del precio de la perforación diamantina (\$/m), de un proyecto soportado por la gestión ágil.

En definitiva, la aplicación de una metodología que tuvo éxito en una industria no necesariamente podría tener éxito en otra. Pero vale la pena analizarlo ya que de ello depende la generación de oportunidades que nos presenta el enfoque Ágil de la gestión de proyectos.

## ABSTRACT

This research work aims to describe how diamond drilling projects could benefit from the use of agile methodologies as one more tool for their management. In times where everything is evolving and changing, the way in which we direct and manage diamond drilling projects must be framed within the business policy of the companies that carry out this activity and of the clients who hire these services. In this way, the demand and innovation are necessary to optimize the resources available, and efficiently meet the objectives planned at the beginning of the campaign. Diamond drilling, among other things, offers us the possibility of calculating with certainty the economic value of a mineral resource, taking in this activity an opportunity for improvement in terms of planning and management. Some companies as good practices develop their drilling projects under the methodology framed within the Project Management Institute (PMI), however, as drilling projects evolve and their level of complexity and uncertainty increases, companies are incorporating various methodologies and software to enhance its management such as: Primavera, Prince; Project; Progia; Six Sigma; etc.

To be able to give a quick response in this complex environment where new interferences appear every day that were not identified at first. The project management institute (PMI) has incorporated its Agile practical guide.

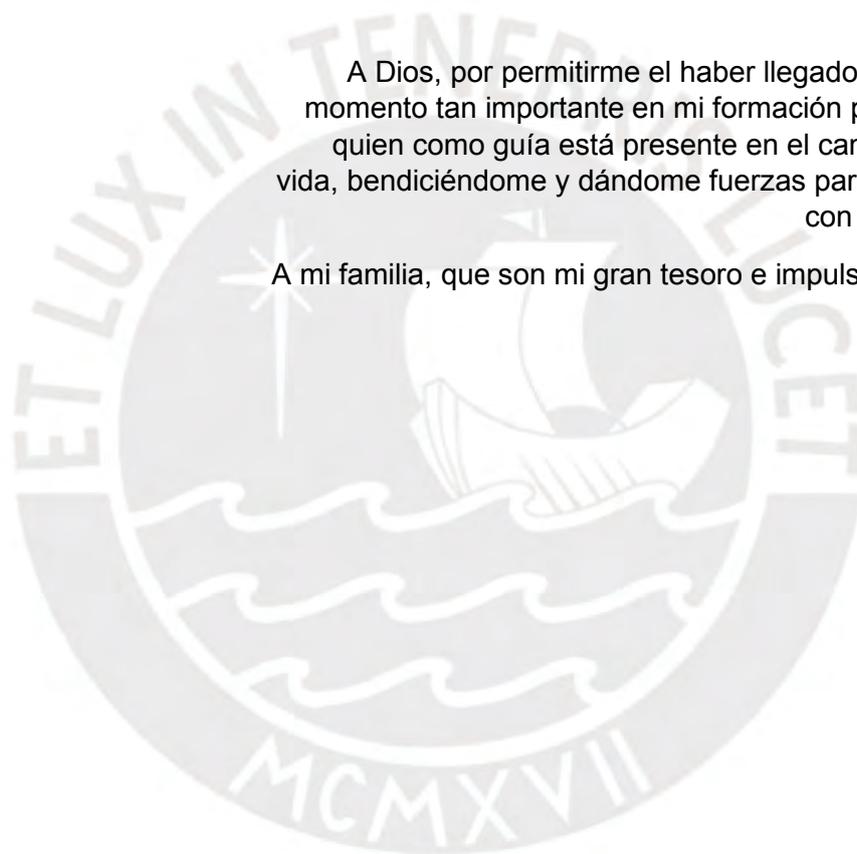
The agile approach has revolutionized the way teams work, the adaptation of organizations and the management of processes in IT projects. Thus the question arises: Can we apply agile methodologies to other non-IT projects?

Diamond Drilling Management: Can You Adapt To This New Management Concept? Or, looking at it another way, what is wrong with managing it under a traditional methodology approach? We will try to answer these questions through a qualitative analysis of the fixed and variable costs that impact the final cost of the diamond drilling price (\$ / m), of a project supported by agile management.

Ultimately, the application of a methodology that was successful in one industry may not necessarily be successful in another. But it is worth analyzing it since the generation of opportunities presented by the Agile approach to project management depends on it.

A Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional, quien como guía está presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas.

A mi familia, que son mi gran tesoro e impulso principal.



# ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
ÍNDICE .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
CAPÍTULO I:.....	8
1.1 Introducción .....	8
1.2 Hipótesis.....	9
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo general .....	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL.....	11
2.1 Gestión de la Perforación Diamantina.....	11
2.2 Perforación diamantina .....	14
2.2.1 La evolución de la perforación diamantina.....	15
2.2.1.1 Los objetivos de la perforación diamantina.....	16
2.3 Perforación diamantina para la estimación de recursos mineros. ....	16
2.3.1 Gestión de la perforación diamantina dentro de las operaciones mineras. ....	17
2.3.2 Evaluación de económica en el plan anual de perforación.....	19
2.4 Metodologías de Perforación .....	20
2.4.1 Desarrollo de la perforación direccional .....	21
2.4.2 Aplicaciones de la perforación direccional .....	21
2.5 Operaciones de Minado.....	21
2.6 Planeamiento minero largo y corto plazo. ....	24
2.6.1 Planificación minera largo plazo .....	24
2.6.2 Planificación minera a cielo abierto corto plazo .....	25
2.7 Gestión De Proyectos.....	25
2.7.1 La Guía del PMBOK (del inglés Project Management Body of Knowledge) .....	27
2.8 Metodologías Agiles .....	27

2.8.1 Metodología Agile Scrum.....	30
2.8.2 Metodología Ágil Kanban.....	30
2.8.3 Otras metodologías Agiles.....	31
2.9 Marco Teórico.....	31
CAPÍTULO III: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.1 Caída del precio de los metales y su impacto en la perforación diamantina.....	34
3.1.1 Análisis de la perforación bajo una metodología tradicional de gestión de proyectos.....	35
3.1.2 Análisis de la perforación bajo un enfoque ágil.....	37
3.2 Propuesta Sobre Aplicación de metodologías ágiles en otros proyectos.....	39
3.3 CASO DE ESTUDIO: Aplicación de las metodologías ágiles (Scrum – Kanban) a proyectos de perforación diamantina.....	40
3.3.1 Ciclo económico del precio de los metales, y la desaceleración China.....	40
3.4 EL PROBLEMA: Factores que afectan el desarrollo de las perforaciones diamantinas.....	42
3.5 KPI’s de Perforación Analizados como Owner.....	43
3.6 Aplicación de metodologías ágiles en la gestión de proyecto de perforación diamantina.....	45
3.7 Como Estructurar un Equipo Ágil Para Dirigir la Perforación Diamantina.....	47
3.8 Análisis de la aplicación de las metodologías ágiles en la gestión de la perforación diamantina.....	49
3.9 Aplicación de la metodología ágil (Scrum – Kanban):.....	50
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	56
4.1 Lo tradicional Vs. La Agilidad.....	56
4.2 Porque La Agilidad a Través de Scrum y Kanban.....	56
4.3 Buenas Practicas.....	58
4.4 Conclusiones Y Recomendaciones.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Principios</b> .....	29
<b>Tabla 2: Estructura de montos esquemático</b> .....	52
<b>Tabla 3: Estructura de montos esquemático aplicando la gestión ágil</b> .....	53
<b>Tabla 4: Lo Tradicional vs. La Agilidad</b> .....	56



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura esquemática del equipo de gestión Ágil de Perforación Diamantina .....	48
Figura 2: Framework Esquemático del Área De Perforación.....	48
Figura 3: Flujograma esquemático del proceso de perforación diamantina .....	49
Figura 4: Cuadro esquemático de actividades bajo la gestión ágil.....	54
Figura 5: Cuadro comparativo Caso N°1 Vs. Caso N°2.....	55



# CAPÍTULO I:

## 1.1 Introducción

La perforación diamantina con recuperación de testigo o núcleo, es un método muy requerido en la industria de la minera, del petróleo y la construcción, a través de esta técnica exploratoria podemos dar una mirada al interior de la tierra profundizando en cuanto sea posible, reconstruyendo la historia geológica y los orígenes que dieron su forma a las rocas en la actualidad, es así, que a través de la extracción de muestras conocidas como testigos o núcleos, podemos estudiar la composición del subsuelo y de los recursos que hay en él, permitiéndonos generar modelos geológicos de una determinada área o yacimiento brindando valor a dicha área que despierte interés económico o académico, por ello se puede decir que la perforación diamantina es la base en la cual se sostienen los proyectos de construcción, petroleros y mineros ya que sin ella el nivel de incertidumbre incrementaría los costos de desarrollo de dichos proyectos. La información que se puede obtener del estudio de las muestras nos brinda la oportunidad de optimizar los niveles de certeza a medida que avanzamos con la perforación y del desarrollo del proyecto, haciendo que los modelos geológicos que se generen en base a esta información brinden el mínimo error admisible, disminuyendo el riesgo, haciendo atractiva la inversión y desarrollo económico del proyecto; la perforación se hace indispensable en cada etapa de un proyecto, más aún si se trata de un proyecto minero o petrolero. (Rivas, 2019)

En las últimas décadas, la perforación ha tenido un gran avance en cuanto a la precisión, esto impulsado con la necesidad imperiosa de controlar la desviación que se presente en los sondajes, la cual generaba cierta desconfianza y sobre costos cuando la perforación era profunda y la malla poco distanciada ya que muchas veces las perforaciones llegaban lejos de los targets planificados o en otros casos se acercaban demasiado a antiguas perforaciones generando duplicidad de la información.

La industria petrolera fue la primera en dar este gran salto en el afán de controlar la dirección del sondaje logrando dirigir la perforación de principio a fin, a este tipo de perforación la conocemos como perforación direccional. Sin embargo, si bien el avance generado fue significativo, las muestras obtenidas eran solo los detritos de la roca, perdiendo mucha información valiosa como la estructural y geotécnica.

En la década de los 80's un grupo de ingenieros noruegos inician los trabajos para llevar la perforación dirigida a la industria minera desarrollando herramientas de

perforación direccional con recuperación de testigos, ya que hasta ese momento la perforación direccional destruía la roca en el tramo que se desviaba, esto vino acompañado de la mejora en la tubería la cual era capaz de resistir el estrés a la deformación de mejor manera, pudiendo generar desviaciones de 9° por cada 30 metros.

Ahora bien, con los avances tecnológicos llegan los cambios en la manera de cómo se trabajan los proyectos, se requiere ver de manera diferente como se vienen trabajando y planificando los programas de perforación, más aún si este se desarrolla en paralelo con otras actividades como por ejemplo las de minado que son el foco principal de la actividad minera en operación.

Comparando la gestión de la perforación de manera tradicional con una gestión enfocada en una metodología Ágil, la cual se hace necesaria ante la cantidad de variables que pueden afectar el desarrollo del programa de perforación, el dinamismo presente en una operación minera de clase mundial exige un alto nivel de adaptabilidad y aprovechamiento de las oportunidades para optimizar los recursos con los que se cuenten, ya sean tecnológicos o humanos, a fin de cumplir con los objetivos que demanda la empresa.

Por lo mencionado, se pueden formular algunas preguntas como las siguientes:

- ¿Cómo evitar que las actividades de minado terminen interfiriendo con la perforación?
- ¿Cómo disminuir la exposición a los equipos de acarreo minero?
- ¿Cómo mejorar la precisión de la perforación?
- ¿Cómo optimizar los costos?

Lo mencionado anteriormente conduce a buscar alternativas de gestión que permita adaptar rápidamente y brindar soluciones que logren maximizar la eficiencia de los recursos disponibles gestionando las distintas técnicas de perforación existentes, anticipando a los cambios, con el firme propósito de cumplir con los alcances y tiempos estimados de la campaña de perforación.

## **1.2 Hipótesis**

La actividad de perforación diamantina es una actividad de alta trascendencia para la actividad minera, pues constituye la base del descubrimiento del recurso mineral, iniciando el desarrollo económico de las regiones en las que se realiza la actividad

minera y del país, debido a ello la minería es una de las más importantes fuentes económicas que contribuyen al desarrollo de nuestro país.

Por ello podemos decir que el inicio de un proyecto es la planificación, sin embargo, podemos decir que cuando los proyectos tienen un alto grado de incertidumbre, se hace necesario contar con flexibilidad y respuestas rápidas sobre todo considero de vital importancia en la actividad minera.

La aplicación de metodologías ágiles (Scrum – Kanban), fuera del entorno informático, puede ser aplicado a proyectos como los de la perforación Diamantina, la versatilidad que brinda esta manera de gestionar puede generar soluciones rápidas a los cambios que afectan los planes, objetivos y alcances del proyecto inicial. Logrando resultados satisfactorios, brindando una respuesta adecuada alineada a los objetivos de la compañía y optimizando los programas de perforación obteniendo un producto de calidad para nuestros clientes, obteniendo el mayor valor con los mismos recursos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Demostrar los beneficios de la aplicación de metodologías de gestión ágiles (Kanban y Scrum) a proyectos de perforación diamantina.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la campaña de perforación, bajo una metodología de gestión de proyectos tradicional y la adición de la metodología ágil en la planificación de perforación diamantina.
- Conocer y cuantificar de manera proporcional las ventajas y desventajas del uso de la metodología ágil como el scrum, aplicada a la gestión de la perforación, desde los puntos de vista operativos, seguridad y económicos.

## **CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL**

### **2.1 Gestión de la Perforación Diamantina**

La mejora en la gestión de la perforación diamantina llevada de una manera eficaz puede generar un mejor control del presupuesto sin que este incurra en sobrecostos, pudiendo obtener el mayor beneficio posible, además de ello se puede optimizar el mejor aprovechamiento de los recursos de personal y equipos que estén disponibles en la empresa, de esta manera conseguir que el proyecto cumpla con el objetivo inicial que puede ser: la mejora del nivel de certeza del recurso minero o la obtención de información geotécnica e hidrogeológica con fines de estudio.

Por ello considero que la necesidad de implementar un proceso de gestión estratégica y mejora continua que se adapte a la realidad del proyecto y que nos permita el desarrollo de las campañas de perforación sin incurrir en un aumento del presupuesto asignado, optimizando los recursos analizando y eligiendo la metodología de perforación adecuada a seguir enfocados en los alcances del programa de perforación.

Siendo el desarrollo de la actividad de perforación una tarea sensible por verse afectada por diversas variables operativas, seguridad o del mismo conocimiento que se obtiene a medida que la perforación avanza; esto nos reta a buscar alternativas ágiles acorde a lo que la industria requiere.

Ahora si nos enfocamos dentro del marco de realizar actividades de minería responsable tanto social como medio ambiental se hace necesario e imperativo la búsqueda de alternativas que generen el menor impacto posible dentro de las áreas de influencia, en las cuales se desarrolla la perforación diamantina buscando mitigar el impacto que se pueda generar si pensamos en una campaña de perforación con una cantidad considerable de equipos de perforación y los recursos que se requieran para dar viabilidad a dicho proyecto es decir vehículos personal materiales entre otros. Debiendo en cada caso evaluar y proponer la metodología que mejor se adapte al lugar en el que se planea realizar una campaña de perforación.

De lo descrito se considera que la aplicación de metodologías ágiles puedan adecuarse y permitan el desarrollo de manera óptima el cumplimiento del objetivo indicados en el alcance de la perforación según hayan sido definidos al inicio de la campaña o vayan cambiando de acuerdo con las nuevas necesidades que se presenten. Si bien es cierto la aplicación de las metodologías ágiles fue pensado en sus inicios al desarrollo de softwares. Teniendo el método Scrum como uno de los más utilizados en dicha industria, especialmente recomendado, para proyectos en entornos complejos,

donde es necesario obtener resultados rápidos y los requisitos no están bien definidos o están sujetos a un gran número de variables y por lo tanto: la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad se vuelven esenciales.

Se requiere la aplicación de los métodos ágiles, que ayudan a que los equipos trabajen de manera más coordinada generando reuniones cortas que son denominados sprint. (Alexander Menzinsky & Gertrudis López & Juan Palacio, 2016)

De esta manera trabajar permite que las tareas sean manejables y sobre todo comprendidas por todas las personas que conforman del equipo. Al aplicar Scrum en las tareas que componen el proyecto, logramos un flujo continuo, asegurando que los proyectos se desarrollen gradualmente y ayuden a lograr resultados dentro del alcance descrito para la campaña de perforación en desarrollo. (Martínez, Juan Ignacio & Comino López, Miguel, 2018).

La ejecución de un proyecto no es fácil y no todos saben cómo hacerlo o sostenerlo en el tiempo. Más aun cuando se tienen muchas variables dentro del proyecto. Por tal motivo, definir y ejecutar un grupo de actividades del proyectos, forman parte de un proceso estratégico, viene a ser una habilidad que necesita de la participación y del involucramiento de las gerencias i directivos de la compañía. Se debe tener en cuenta los aportes de la gestión clásica de proyectos y los aportes de la gestión ágil de proyectos (A. Menzinsky, G. López, J. Palacio, 2016).

En esta sección se presentarán y explicarán conceptos claves que están involucrados en la problemática de la gestión de proyectos de perforación diamantina. Así mismo se menciona que se dispone de escasa información acerca de técnicas de perforación diamantina y de algunas metodologías recientes de perforación diamantina que en muchos casos se encuentra en desarrollo, en gran medida debido a que la actividad de perforación en si tiene sus inicios en prácticas empíricas que a lo largo del tiempo se han venido desarrollando. Por esta razón se mencionan los conceptos que ayudaran a entender la investigación. Veremos los tipos y etapas de un proyecto de perforación diamantina que se desarrolla dentro de una operación minera a Tajo abierto.

Así como los avances en la gestión de proyectos, han venido generado una especie de actualización de las buenas prácticas y lecciones aprendidas, veremos la importancia de mapear los procesos, elaboración de diagramas de flujo para optimizar cada paso del proceso de perforación diamantina que se busque ejecutar.

Por tanto, considero importante que antes de iniciar una campaña de perforación, se tiene que dar a conocer las lecciones aprendidas en las diferentes etapas, desde el

control de costos presupuestario, recursos y el cronograma, teniendo en cada para una etapa de retroalimentación y reenfoque de los objetivos del alcance.

Las lecciones aprendidas y buenas prácticas deberían aplicarse desde el inicio de la campaña de perforación hasta el cierre de la misma, generando un sistema continuo de retroalimentación.

En muchos lugares, es una práctica habitual que las lecciones aprendidas sean actividades que se utilizan solo al final del proyecto o campaña a manera de un resumen de complicaciones que se tuvieron sin el análisis y búsqueda de la causa raíz de los pasos que dificultaron el desarrollo del proyecto, de esta manera no podríamos realizar ninguna modificación al proceso ni a ninguna actividad importante, tampoco podríamos hacer que nuestros colaboradores aprendan.

Es necesario documentar las lecciones aprendidas que se hayan dado durante la campaña, este es uno de los aspectos más importantes de la gestión de perforación. De esta manera los errores y aciertos que se tuvieron durante la campaña de perforación quedaran documentados para ser usados en campañas de perforación futuras, y de esta manera generamos un ciclo de mejora continua.

Sin embargo, una mala práctica que se suele dar al equipo consiste en la sobrecarga de información que se requiere ya que de esta manera se pierde el rumbo del proyecto de perforación, estas son algunas de las causas del fracaso del proceso de gestión tradicional en la ejecución de los proyectos de perforación.

Por ello las lecciones aprendidas durante las campañas anuales de perforación deben generar valor para su aprovechamiento y usarlos para cambiar los procesos actuales, de otra manera sin estas iniciativas siempre se tendrán los mismos problemas y los mismos resultados.

La agilidad no solo es útil durante una crisis; Muchas empresas con grandes activos ya han capturado un valor tangible en pilotos ágiles en sus negocios principales. Algunas organizaciones solo han implementado un puñado de proyectos piloto, mientras que otras tienen más de 100 en marcha. Una mirada a los primeros resultados proporciona evidencia como la siguiente (Christopher Handscomb, Christiaan Heyning, and Jannik Woxholth, 2019):

- BP (British Petroleum) disminuyó sus costos de logística en USD 60 millones en Azerbaiyán mediante la creación de un equipo multidisciplinario para optimizar los controles de los buques. Otro equipo con características similares logró reducir los costos de inversión de un nuevo proyecto en la fase de

decisión de inversión pre-final (FID) a un valor de mil millones de dólares. La compañía ya ha capacitado a más de 3.000 empleados en técnicas Scrum.

- Otra organización líder en petróleo y gas transformó su organización jerárquica estrictamente disciplinada en una serie de equipos ágiles multifuncionales, lo que ayudó a reducir los gastos de mantenimiento en un 40%.
- En una empresa de metales, los equipos Agile aplicaron análisis avanzados y tecnologías digitales para mejorar las tasas de producción, el rendimiento, los costos y la calidad, lo que contribuyó a una mejora de \$ 100 millones.
- En una empresa de servicios públicos, los equipos ágiles han rediseñado y automatizado del 70% al 90% de los procesos, con un ahorro de costes del 15% al 20%.

## **2.2 Perforación diamantina**

La perforación diamantina es el proceso por el cual se realiza un corte con el uso de una broca diamantada de distinta dureza, para perforar la roca y de esta manera recuperar una muestra de la roca conocida como testigo o core, que se extrae, registra y coloca en cajas porta testigos para su protección y almacenamiento adecuados. El almacén de muestras llamado Coreshack.

Las brocas diamantadas se utilizan para perforar debido a las propiedades físicas del diamante como su dureza y conductividad térmica, es debido a estas propiedades que la broca diamantada se usa como herramienta de corte para perforar la roca de manera eficiente, utilizando energía mecánica (rotación y empuje), sin embargo, cabe indicar que los diamantes usados en la broca son sintéticos. De esta forma se puede extraer fácilmente las muestras o núcleos del depósito mineralizado, a través de una sarta de tuberías unidas se perfora, un pozo o sondaje de diferentes diámetros, según la capacidad de la máquina de perforación; de esta perforación se extrae material del subsuelo que son conocidos como testigos o en otros casos podemos extraer detritos de la roca.

La perforación diamantina usa una broca con incrustación de diamantes sintéticos en la matriz al final de las barras o sarta de perforación. La matriz diamantada de la broca permite cortar y extraer la muestra de roca por efecto de la aplicación de energía mecánica, esta muestra sube por dentro del tubo interior de la barra de perforación y se recupera después de retirar el tubo interior. (Australian Drilling Industry Training Committee Limited, 1997)

Luego de los primeros 3 metros de perforación, se enrosca una tubería nueva en la parte superior de la sarta de perforación y de esta forma sucesivamente.

La broca diamantado gira muy lento con presión de empuje, mientras que se lubrica con el fluido de perforación a través de la sarta de perforación con el fin de evitar el sobrecalentamiento de la broca. La profundidad de la perforación se calcula contabilizando el número de tuberías de perforación que se han insertado en el sondaje, siendo la longitud de la tubería estándar de 3 metros.

Estos sondajes tienen una dirección y rumbo programados, sin embargo, esta técnica no resulta exacta ya que, a través de su recorrido, la perforación está sujeta a desviaciones en su trayectoria, por diversos factores como: la dureza de la roca, calidad del lodo de perforación, potencia de la máquina de perforación, experiencia y conocimiento del perforista entre otros; siendo común que la trayectoria planeada se desvíe y termine algunas veces bastante alejado de su objetivo original.

#### Fluidos de Perforación.

Según Williamson, los fluidos de perforación cumplen diversas funciones, como controlar la presión de la formación, remueven las impurezas del pozo (Recortes), sellan grietas, enfrían y lubrican la sarta de perforación, manteniendo la estabilidad del pozo. La composición del fluido de perforación varía según las condiciones del pozo, normalmente están constituidas de un lodo bentónico. (Williamson, 2013, p. 67)

#### 2.2.1 La evolución de la perforación diamantina

De acuerdo con Pees, durante muchos años se ha considerado a la Perforación como un trabajo artesanal o empírico en vez de una técnica especializada, se cita a menudo a Rodolphe Leschot como el inventor del primer núcleo de perforación en 1863. (Pees, 2004).

La perforación diamantina abrió muchas áreas y brindó nuevas oportunidades para la industria minera, la misma que se relacionó con un auge en la exploración de los recursos minerales en ubicaciones remotas. La era de los grandes descubrimientos empezaba, antes de la invención de la broca de diamante portátil, la gran mayoría de la prospección de recursos minerales se limitaba a encontrar afloramientos en la superficie y la excavación manual de trincheras, para cuantificar el recurso.

De acuerdo con D.E. Scott, a fines de la década de 1970, la empresa americana General Electric fue pionera en la tecnología de los compactos de diamante policristalino (PDC) como reemplazo de los diamantes naturales en brocas de perforación. (Scott, 2006, p. 1).

La perforación diamantina se diferencia de otros tipos de perforaciones geológicas pues en estas se extrae un núcleo sólido de la profundidad, el cual es examinado en superficie. La tecnología clave de la perforación es la broca de diamante en sí, el cual está compuesto por diamantes industriales engastados en una matriz metálica blanda, estos diamantes están dispersos por toda la matriz, y la acción se basa en que la matriz se desgasta lentamente durante la perforación y va exponiendo poco a poco los diamantes. La broca se monta en un vástago del taladro, el cual a su vez está conectado a un taladro giratorio. Se inyecta agua en la tubería de perforación, para eliminar los cortes de roca producidos por la broca que se conocen como “revoques” y también para reducir el calor producido debido a la fricción que causa el contacto de la broca y la roca, de igual forma reduce el desgaste y las rasgaduras de las brocas. Una broca de diamantes reales es un asunto sumamente complejo y costoso, generalmente diseñado para un tipo de roca específico, con muchos canales para el lavado. (De la Vergne, Jack, 2003, p. 4-12).

Aunque el testigo de perforación con mayor diámetro es el más preferido, también es el más costoso. Los tamaños de diámetro más comunes de los testigos de perforación o núcleos son: PQ, HQ y NQ.

Un sondaje diamantino resulta ser como un instrumento de precisión, que crea agujeros limpios y precisos con diámetros de entre 40 mm y más de 150 mm. Como se trata de una técnica no percusiva, la integridad estructural del sondaje se mantiene alrededor de la perforación. Cada sondaje diamantino hace correr agua a través del eje impulsor para garantizar que el espacio de trabajo permanezca libre de polvo y de esta manera evitar posibles atrapamientos es ahí donde radica la importancia de un buen lodo de perforación. Pueden ser direccionados en vertical u horizontal dependiendo de los objetivos que se desean impactar.

#### 2.2.1.1 Los objetivos de la perforación diamantina

El objetivo de la perforación diamantina es extraer muestras conocidas como cores de una manera que sea eficiente, segura.

### 2.3 Perforación diamantina para la estimación de recursos mineros.

La perforación diamantina es necesaria para definir y dimensionar la naturaleza del recurso mineral del yacimiento, y de esta manera determinar si el yacimiento reúne condiciones razonables para una extracción económica.

Determinar el valor de un **recurso mineral inferido** de un proyecto en una etapa temprana o de una etapa más avanza, lo podemos realizar a través de una campaña de

perforación razonablemente distanciada de tal manera que sea representativa para el nivel de certeza que queramos brindar. A medida que vamos avanzando con el proyecto pasamos a determinar el valor de un **recurso mineral indicado**, donde vamos ajustando la malla de perforación, incrementando el nivel de certeza. Desde ahí avanzamos a determinar el valor de un recurso mineral medido ajustando la malla de perforación de manera sistemática. Son estas últimas las que brindan el nivel de certeza necesario para justificar una inversión para la extracción del recurso. Todo esto viene acompañado de distintas normas y códigos que se deben cumplir para garantizar la transparencia e integridad de los estudios realizados.

Según el código JORC, podemos decir que. “un recurso mineral no es más que una concentración u ocurrencia de un material sólido o líquido de interés económico, que se encuentra dentro o sobre la corteza terrestre en tal forma, ley (o calidad) y cantidad que dan razones considerables para considerar una eventual extracción y explotación generando un beneficio económico. La ubicación, cantidad, ley, continuidad y otras características geológicas de un Recurso Mineral dentro de un yacimiento deben ser conocidas, estimadas e interpretadas a partir de la evidencia y conocimiento geológico específico, que incluye el muestreo a través de la perforación diamantina, la cual es necesaria para poder cuantificar el recurso mineral. Los Recursos Minerales se indicó se subdividen en orden de creciente confianza geológica en las siguientes categorías: Inferido, Indicado y Medido. Todos los reportes de Recursos Minerales deben satisfacer las normas y requerimientos que existen para justificar expectativas razonables para una eventual extracción económica (tener el mayor grado de certeza posible), sin importar la clasificación del recurso”. (The Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2012, p. 3)

Por tanto, podemos indicar que la estimación del modelo de recursos mineros es la base sobre la cual todo estudio técnico-económico se sustenta.

### 2.3.1 Gestión de la perforación diamantina dentro de las operaciones mineras.

Es necesario en principio considerar que, para poder realizar una campaña de perforación diamantina, se requiere previamente iniciar con la preparación de los accesos y de las plataformas de perforación, así mismo debemos contar con las licencias, permisos y en algunos casos la aprobación de la población en la cual se desarrollara la actividad, esta actividad se realizada casi siempre con equipos como tractor, excavadoras / retroexcavadoras o la combinación de ambos equipos. Todos estos trabajos se deben realizar cumpliendo la normatividad en materias medio ambientales que se requieran, así como permisos para la excavación de la poza de

lodos de perforación, retiro y conservación si fuese el caso de la cobertura orgánica del área en el cual se desarrollara los trabajos de perforación, hasta su posterior cierre y restauración del área de perforación disturbada.

Además de lo ya mencionado previo al inicio de la perforación que se desarrolla dentro de una operación minera activa, se debe analizar las interferencias que esta tendrá con el trabajo de minado y acarreo minero, buscando en lo posible la menor interacción con los equipos y áreas destinadas al minado, es importante que la planificación permita adelantarse a los distintos escenarios que se den en el día a día de una operación de minado, actuar hoy pensando en el mañana.

Estos trabajos y la planificación previa deben ser coordinados con el contratista encargado de la perforación con la finalidad de asignar y delegar responsabilidades, definir los costos a valorizar de manera que el programa planeado de perforación no se retrase, y de esta manera nos permita cumplir con los objetivos en las fechas indicadas. Esto permitirá al contratista de perforación, hacer un traslado de sus equipos de manera segura, evitando retrasos gestionando de una manera eficiente el uso de los equipos de perforación, la instalación de su campamento y personal, coordinar el soporte logístico de herramientas y materiales críticos que deberán estar en el proyecto para asegurar la continuidad de la perforación además del uso de equipos complementarios como por ejemplo equipos de desviación direccional o similares que se pueden encontrar disponibles en el mercado.

El costos por metro de perforación ya sea direccional o convencional, va cambiando con el tiempo y se ven afectados, no solo por los ciclos económicos del sector minero, sino también por la metodología o tipo de perforación que se requerirá para cumplir con el plan de perforación programado, es decir la fijación final del costo del metro de perforación dependerá del metraje total comprometido para la campaña de perforación, el tipo de perforación (Convencional, direccional, dirigida, etc.), la profundidad promedio de los sondajes, la línea de perforación a usar (PQ, HQ, NQ, BQ), el ángulo de perforación, facilidades operativas en el terreno, accesibilidad a los puntos de perforación, así como el tipo de yacimiento a perforar. Haciendo que la perforación sea única en cada proyecto por la variabilidad que pueda presentar.

Las lecciones aprendidas generadas por la interacción de los equipos de trabajo durante el desarrollo de la campaña de perforación retroalimentan los procesos que tiene un proyecto, para generar cambios a través del feedback constante y oportuno.

Por ello, son necesarios mecanismos de gestión ágil para obtener cierta ventaja competitiva en la gestión de un proyecto de perforación diamantina teniendo claridad sobre:

- a. Las directivas de la compañía: las mismas que vienen a ser un conjunto de reglas, estándares o metas; los proyectos de perforación que se desarrollen deberán estar alineados a las directivas indicadas por la compañía.
- b. Secuencia del trabajo de perforación: son el conjunto de tareas o protocolos descritos de manera secuencial y lógica que indicaran el paso a paso de las tareas.
- c. Equipos de trabajo: con personal capacitado que pueda identificar y dar soluciones a problemas que se vayan presentando a medida que el proyecto avanza.

La perforación diamantina, representa una actividad variable que necesita de las personas como capaces de adaptarse que gestionen, que conozcan la actividad, con competencias y habilidades para llevar adelante estrategias y planes para el desarrollo del proyecto. Así las competencias y conocimientos técnicos de la perforación diamantina son la base de todo proyecto. Hablar de gestión de un proyecto de perforación sin formar o capacitar al equipo de trabajo que liderara y llevará adelante el proyecto, no sería lo más apropiado.

La programación de una campaña de perforación diamantina de manera tradicional requiere un análisis del planeamiento y gestión estratégica del proceso de perforación que se viene usando, siendo necesario buscar alternativas que puedan optimizar el proceso de perforación en cada una de las etapas de un proyecto minero, así como brindar una alternativa adecuada de la metodología de perforación a usar: Convencional, direccionada o una mezcla de ambos para cumplir con los objetivos planificados, esta planificación estratégica requiere efectivizar los tiempos y costos de perforación de manera racional, lógica y segura durante todo el desarrollo de la campaña de perforación, así como buscar generar el menor impacto medio ambiental y por ende el impacto social que puede repercutir en el futuro y éxito del proyecto.

### 2.3.2 Evaluación de económica en el plan anual de perforación

El problema presente que afronta el proceso de perforación diamantina en las distintas etapas que hemos mencionado, es que muchas veces las campañas de perforación carecen de un análisis detallado que permita realizar un seguimiento y posibiliten anticiparse a las interferencias que podrían aparecer a medida que se avanza con el

desarrollo de la campaña. Muchas veces actividades conexas impactan negativamente en el desarrollo de la campaña de perforación, el mal manejo logístico de los componentes críticos, la mala administración del tiempo y la secuencia de pasos para una tarea restan productividad al proceso, si a esto sumamos un déficit en la calidad del personal que desarrolla la perforación el resultado esperado tiende a ser el menos favorable posible, con la inminente pérdida de sondajes y poco control de los recursos, los cuales no resultan eficientes ante el cambio de variables o interferencias durante la perforación, pero aun es que estas pérdidas no se cuantifiquen impidiendo medir el impacto económico que genera.

Este sesgo puede afectar el objetivo de la perforación en cuanto se refiere a la calidad del estudio que se pretende conseguir, si no controlamos la desviación, la utilización y disponibilidad del equipo no podemos asegurar la continuidad de la perforación, por otra parte, se requiere trabajar con el recurso humano a fin de generar círculos de mejora continua y lecciones aprendidas que retroalimenten el proceso.

Sabemos que la perforación está sujeta a la desviación si esta no es dirigida y depende de la profundidad y parámetros de perforación, en otros casos los objetivos o targets son inaccesibles por factores técnicos de la perforación convencional o trabajos de interface en operaciones mineras o requieren por la ubicación y naturaleza del proyecto asegurar controles para evitar exposición del personal a zonas de alto tránsito y con alta probabilidad de caída de roca, generar estas condiciones son parte de la planificación que se debe tener presente al momento de generar los programas de perforación.

Por lo indicado es importante acompañar como OWNER, al socio de perforación de tal manera que el trabajo conjunto cumpla con los objetivos de la empresa.

## **2.4 Metodologías de Perforación**

En algunas situaciones se requieren del uso de metodologías de perforación avanzada, durante la perforación convencional o tradicional se hace presente la desviación debido a: que la geología local del yacimiento puede determinar que un sondaje tenga mayor predicción a desviarse, la capacidad de los equipos, la calidad del lodo de perforación, la experiencia del perforista suma al momento de brindar un resultado óptimo esperado.

En otras ocasiones los factores condicionales para elegir un método de perforación no están en la parte técnica si no en la ubicación de la plataforma o en la disposición o no de las áreas para perforar, pasando incluso por el impacto socio ambiental que puedan tener. En estas situaciones la metodología de perforación

direcciona resulta ser una metodología necesaria para poder cumplir con los objetivos, es así que resulta evidente que, sin metodología de la perforación direcciona, no sería físicamente posible perforar sondajes que cumplan las restricciones mencionadas.

#### 2.4.1 Desarrollo de la perforación direcciona

La perforación direcciona se define como la técnica de controlar la dirección y la desviación de un sondaje hacia un objetivo o ubicación subterránea predeterminada, la misma que permite corregir desviaciones en el trayecto del sondaje, esta tecnología tuene alrededor de 20 años, teniendo como limitantes la resistencia de la tubería a la torsión o estrés, por lo que al momento de generar los planes se deberá tomar en cuenta esta resistencia indicada.

#### 2.4.2 Aplicaciones de la perforación direcciona

- a. Múltiples pozos desde una sola ubicación. Permite desarrollar perforaciones con ramificaciones hacia distintos objetivos, desde una sola plataforma.
- b. Ubicaciones de superficie inaccesibles. Permite perforar e impactar objetivos subterráneos inaccesibles con la perforación convencional.
- c. Perforación de a través de planos de falla. Permite controlar la desviación y poder atravesar las estructuras de fallas de manera vertical, obteniendo información competente de las estructuras geológicas.
- d. Perforaciones guía para la industria de la construcción. Permite desarrollar perforaciones guía para la posterior ampliación y construcción de presas, diques, túneles o canales en obras de ingeniería civil.

### 2.5 Operaciones de Minado

El minado a cielo abierto implica la remoción del material superficial conocido como desmonte con el propósito de descubrir en mineral con valor económico que se conoce como mena, normalmente se elige este tipo de explotación cuando el yacimiento tiende a ser de baja ley, pero de gran tonelaje. Este proceso de acarreo de material obedece al diseño y geometría del yacimiento, debiendo además la remoción del material mantener un equilibrio razonable y moderado que haga viable económicamente el desarrollo de la explotación.

Así, la elección final del diseño óptimo del tajo depende de los objetivos estratégicos que la empresa minera haya determinado y de los criterios utilizados al planificar el diseño. (Hinrichsen, 2015).

Una vez conocidos y definidos los límites del tajo es necesario determinar la ubicación que tendrán los botaderos de desmonte, así como la infraestructura necesaria para dar soporte a la operación. (Alfaro, 2009).

Evaluar la ubicación final del tajo disminuye el riesgo de incurrir en sobrecostos para una posterior reubicación de los botaderos y componentes a medida que el tajo se va desarrollando en el futuro.

Sin embargo, reducir el riesgo en la reubicación de los componentes tiene un costo como: transportar a una mayor distancia el material estéril o desmonte y el mineral de mena. Por tanto, la decisión final de la ubicación de componentes y las desmonteras para la operación minera debe hacerse en base a un análisis económico de los costos de transportar a una distancia mayor, y del beneficio que podría significar disminuir el riesgo de reubicar los componentes y desmonteras futuros (Whittle, 2011).

El diseño de cada fase de producción deberá cumplir con los requerimientos operacionales de espacio del correcto desarrollo de las actividades de minado y con los requerimientos geo mecánicos que garanticen la estabilidad de los taludes acorde a los parámetros geométricos finales definidos para el talud, rampas y anchos de berma, que brinden condiciones para desarrollar los trabajos de manera segura.

La generación de este diseño se lleva a cabo comúnmente con el apoyo y uso de softwares de diseño, por lo que esta etapa depende de su éxito a la experiencia del equipo de planificación de la compañía minera. El diseño de estas fases define la secuencia de explotación del yacimiento, así como los límites del tajo de la mina.

Si bien el diseño depende del equipo de planificación y de la geometría del tanque a la hora de realizar las fases de tajo, existen principios comúnmente utilizados durante el diseño que sirven como guía y generalmente se aprenden a través de la experiencia de los demás. proyectos similares. Sin embargo, es importante mencionar que no existe un método adecuado que nos ayude a concluir cuál es el mejor a la hora de diseñar las fases mineras, debemos tener en cuenta todas las restricciones y parámetros técnicos y utilice la experiencia adquirida como guía.

El primer objetivo del diseño de las fases de operación consiste en obtener la mayor flexibilidad del plan de producción, teniendo más frentes operativos del cual extraer el mineral económico, (Alfaro, 2009). De esta manera podemos minimizar el riesgo y generar controles ante posibles problemas operacionales, geomecánicos o falla de los equipos.

Los diseños de las fases de minado son una guía para planificar de manera ordenada la extracción del recurso mineral a lo largo de la vida útil de la mina, (Acosta,

2014). De esta forma manera se asegura una alimentación constante del mineral hacia las chancadoras. Podemos decir que otro objetivo es maximizar los resultados estratégicos de la empresa, en las cuales se debe considerar las restricciones operacionales que existen durante el minado.

Una vez generado el diseño final del tajo, nuestro siguiente paso es incorporar las vías de acarreo minero hacia todas las fases que iniciaran el diseño operativo de las fases. Importante indicar que durante el diseño de las fases se debe considerar los equipos que serán usados para el minado es decir tener claridad sobre el dimensionamiento de los equipos de acarreo minero, debido a que en base a los equipos a usar se definirá los cambios que se requieran al momento de diseñar las vías de acarreo minero tanto del material de desmonte como del mineral desde el interior del tajo. El diseño operativo de las fases de minado tiende a verse afectados a medida que se profundiza el tajo, esto conlleva a un aumento en la distancia de acarreo y también al tamaño de los equipos cuando se profundiza las fases (Thompson, R & Visser, A., 2006).

Los efectos posibles que originan estos factores serian: la reducción de la vida útil de los camiones de acarreo minero, menor tiempo de vida de los neumáticos ocasionando una menor productividad, así como otros problemas medio ambientales como la generación de polvo en suspensión.

Los efectos indicados dan como resultado un elevado costo de mantenimiento tanto de equipo como de las vías de acarreo impactando también en la seguridad de la operación.

La evaluación del costo y beneficio de la cantidad de mineral y desmonte que se requiere extraer se hace inevitable al momento de analizar el diseño óptimo de las fases y accesos. Todo esto acompañado de una evaluación de diseño de los bancos de cada fase que permita optimizar el diseño final del tajo.

Una mina a cielo abierto requiere una coordinación racional y planificada de la ejecución de sus actividades operativas del día a día con la realización de las tareas de construcción y mejoramiento de vías de acarreo y rampas, las mismas que tienen cumplir con las determinadas condiciones: Permitir el acceso seguro y libre a las áreas, según el cronograma de producción. Siendo esta una actividad no tan sencilla de ejecutar, debido a las condiciones en las cuales se realizan diversas actividades dentro de una misma fase, por lo que la planificación de todo este proceso de actividades debe realizarse con el propósito de generar el menor impacto posible a la operación, dicha planificación debe:

- Respetar las restricciones de dimensión y geométricas de los equipos y de las actividades de transporte, para asegurar que los equipos que transitan por vías de acarreo y rampas puedan hacerlo de manera segura.
- Cumplir con las restricciones geomecánicas indicadas al momento de diseñar la fase, ya que esta debe considerar la estabilidad de los taludes y resistencia del macizo rocoso.
- Permitir la extracción del mineral de manera continua, evitando retazos operativos y colas de equipos.
- Asegurar el desarrollo de actividades paralelas y de cierta complejidad dentro de una misma fase.

En base a lo indicado, las características técnico y económicas que conllevan al diseño, construcción de vías de acarreo, rampas y la posterior planificación secuencial operativa brindaran las condiciones de seguridad y compromiso ambiental del desarrollo de la mina, generando rentabilidad a la compañía.

## **2.6 Planeamiento minero largo y corto plazo.**

### **2.6.1 Planificación minera largo plazo**

Planificación minera de largo plazo: establece lineamientos para la dirección y control de la actividad minera. Esta aprobación del plan pasa por la dirección gerencial, y busca generar políticas alineadas con la visión estratégica de la compañía, así como analizar la situación actual de la empresa centrada en el objetivo comercial de la empresa.

La planificación minera a largo plazo define la vida de la mina, el plan de producción global, hasta el fin de la extracción de las reservas del mineral. (Galdames, 2015)

Dentro de una unidad minera el área de planeamiento normalmente el área se encuentra dividido en tres áreas: Planeamiento de Corto Plazo, Mediano plazo y Largo Plazo. El área de largo plazo es responsable del diseño del tajo y de sus correspondientes fases de minado, planificación de equipos y del plan de producción hasta el final de la vida útil de la mina.

El área de Planeamiento es dependiente de otras áreas como geología para la obtención de las muestras de los sondajes perforados y de las interpretaciones y actualizaciones del modelo geológico, de Operaciones y Mantenimiento de mina para recabar datos de productividad de los equipos de acarreo minero, disponibilidad y utilización de los mismos, Planificación de Negocios para compilar información de costos históricos del mineral y criterios para la evaluación financiera, también depende de la

información que proporciona la planta concentradora para realizar las estimaciones y cálculos de la recuperación del mineral.

Con dicha información el área de planeamiento trabaja para determinar las fechas requeridas en las expansiones de las fases, así como también comprometer ventas futuras del recurso económico mineral.

La disyuntiva de la planificación minera a largo plazo inicia cuando se da un estudio integral de la capacidad de producción que se tendrá y se cuantifican los costos operativos teniendo en cuenta el precios de los metales. Una vez definidos estos parámetros económicos, se procede a valorizar los bloques del modelo geológico generado, teniendo en cuenta las restricciones geotécnicas, permitirá obtener el diseño final del tajo, con el fin de proporcionar el mayor margen de beneficio para la empresa.

### 2.6.2 Planificación minera a cielo abierto corto plazo

La planificación minera de corto plazo: tiene como objetivo ejecutar acciones concretas para desarrollar la operación minera. Su cumplimiento busca gestionar las operaciones de las diversas fases y dar continuidad al proceso productivo, de esta manera se toman decisiones inmediatas. (Christopher, 2017). La planificación minera a corto plazo va de un periodo diario a mensual. El área de corto plazo es responsable de las actividades diarias y de los siguientes 12 meses, cuando un plan de minado se lleva a cabo, el área de corto plazo se enfocará en aumentar al máximo los tonelajes a minar de las distintas fases de acuerdo a las prioridades que se asignen. De esta manera el programa de producción se convierte en un proceso en donde se analizan diversas alternativas para diferentes capacidades de carguío y acarreo en diferentes fases de minado, debiendo afrontar decisiones diarias ante imprevistos no deseados o mantenimiento de equipos no programados.

## 2.7 Gestión De Proyectos

“Un proyecto es un esfuerzo temporal que se desarrolla para generar su propio producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que tienen un comienzo y un final definidos”. (Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos: Guía del Pmbok, 2017, p. 5).

La finalización de un proyecto se logra una vez que se cumplen los objetivos del plan, una vez finalizado el proyecto porque sus objetivos no se cumplen o porque no tienen posibilidad de cumplirse, o si por el momento no es necesario iniciar el proyecto. Asimismo, se puede finalizar un plan si el comprador (cliente, sponsor o gerente) desea completarlo.

El hecho de que implique que el proyecto sea temporal no implica precisamente que el periodo que dure el plan deba ser breve. Los objetivos del plan y a su vida útil están vinculados. Generalmente, esta temporalidad no viene a ser aplicada al producto, servicio o resultado que se va desarrollando a lo largo de la ejecución del proyecto; casi en su totalidad los proyectos que se emprenden tienen como objetivo producir un resultado que perdure.

Así pues, un proyecto para edificar un monumento nacional creará un resultado que se espera perdure a lo largo de siglos. Por otro lado, los proyectos tienen la posibilidad de tener impactos sociales, económicos y en el medio ambiente propensos de perdurar muchísimo más que los propios proyectos. (Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos: Guía del Pmbok, 2017) .

De acuerdo con Manuel Trigas, tenemos la posibilidad de decir entonces que un proyecto tiene un principio y un fin, este fin se tiene que conseguir en un determinado intervalo de tiempo fijado. En un proyecto la consecución de las metas y objetivos es la máxima deseada, sin embargo, la mayoría de las veces, bien por una mala organización, o bien por una mala administración de los recursos, es imposible finalizar un proyecto de manera exitosa. Aun de esta forma, en algunos casos se da por finalizado. (Trigás Gallego, 2012, p. 3)

Project Management Instituto (PMI)

“El Project Management Institute (PMI) es una organización de Estados Unidos sin objetivos de lucro que agrupa a expertos involucrados con la administración y gestión de Proyectos. A partir de principios del 2011, es la más grande de todo el mundo en su rubro, dado que está formada por alrededor de 500,000 miembros en alrededor en 100 países. La oficina central está ubicada en la ciudad de Newtown Square, en la periferia de la localidad de Filadelfia, en Pensilvania (Estados Unidos)”. (Project Management Institute, 2020).

Sus primordiales fines son:

- Formular estándares expertos en gestión de Proyectos.
- Crear entendimiento por medio de la investigación.
- Impulsar la gestión de Proyectos como una profesión por medio de sus programas de certificación y capacitación.

### 2.7.1 La Guía del PMBOK (del inglés Project Management Body of Knowledge)

La Guía de fundamentos de la gestión de proyectos (PMBOK) identifica el subconjunto de los fundamentos de la gestión de proyectos que "generalmente se reconoce" como "buenas prácticas". Con "generalmente reconocido", se trata de hacer referencia a los conocimientos y prácticas aplicables a la mayoría de los proyectos, la mayor parte del tiempo; en el que existe consenso sobre su utilidad e importancia; Considerando que "buenas prácticas" implica que existe un acuerdo general para la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas que pueden aumentar las posibilidades de éxito en muchos proyectos. (Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, 2013, p. 34)

Sin embargo, esto no significa que las tendencias en la gestión de proyectos estén especificadas o incluidas en la guía.

La guía del PMBOK se basa en procesos, lo que significa que describe el trabajo aplicado a los propios procesos. Este enfoque es consistente y muy similar al utilizado en otras normas de gestión, por ejemplo, ISO 9000 y CMMI 4. Los procesos se superponen e interactúan a lo largo de las fases del proyecto. Los procesos se describen en términos de:

- Entradas (documentos, planes, diseños, etc.)
- Herramientas y técnicas (mecanismos aplicados a las entradas)
- Salidas (documentos, planes, diseños, etc.)

La versión 6.0 La guía del PMBOK describe 49 procesos de dirección de proyecto que clasifica en 10 áreas de conocimiento (Integración, Alcance, Tiempo, Costes, Calidad, Recursos, Comunicación, Riesgos, Adquisiciones e Interesados) y 5 grupos de procesos (Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y control y Cierre). (Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos: Guia del Pmbok, 2017, p. 555)

## 2.8 Metodologías Ágiles

A principios de los 90, nació un enfoque bastante revolucionario e innovador para la época porque se oponía a cualquier creencia de que, a través de procesos muy definidos, sería posible obtener el software a tiempo, a precio. y la calidad. El enfoque fue propuesto en principio por Martin dándose a conocer en la Sociedad de Ingeniería de Programas como RAD o Desarrollo Rápido de Aplicaciones. RAD fue un entorno de desarrollo muy beneficioso, en el que participaron pequeños equipos de programadores mediante el uso de herramientas que generaban código automáticamente utilizando

sintaxis de alta calidad como entradas. Generalmente, se considera que este es uno de los primeros hitos en la búsqueda de la agilidad en los procesos de desarrollo. La narración de metodologías ágiles y su apreciación como tales en la empresa de ingeniería de software tiene sus inicios en la construcción de una de las metodologías utilizadas como modelo original: XP - eXtreme Programming, que nació de la mente de Kent Beck., tomando ideas recopiladas con Ward Cunningham. (Calderón, A., & Rebaza, J. V., 2007, p. 6)

A lo largo de 1996, Beck es denominado por Chrysler como consejero del proyecto Chrysler Comprehensive Compensation (C3) payroll system. Dada la poca calidad del sistema que se estaba desarrollando, Beck dictamina tirar todo el código y comenzar de cero usando las prácticas que él había ido explicando en todo el tiempo. El sistema, que administra la liquidación de alrededor 10,000 empleados, en la cual radican de 2,000 clases y 30,000 procedimientos, es puesto en operación en Mayo de 1997 casi respetando el calendario planificado. Como resultado del triunfo de hablado plan, Kent Beck dio inicios al XP generando el desplazamiento de metodologías ágiles al que se anexarían otras metodologías surgidas mucho previamente que el propio Beck fuera de lo convocado por Chrysler. (Calderón, A., & Rebaza, J. V., 2007, p. 7)

Así, este tipo de metodologías se denominaron inicialmente “metodologías ligeras”, sin embargo, aún no tenían aprobación ya que muchos desarrolladores lo veían como simplemente intuitivo. Posteriormente, a lo largo de los años, en febrero de 2001, tras una reunión celebrada en Utah, EE. UU., Nació oficialmente el concepto de “ágil” aplicado al desarrollo de programas. En el mismo encuentro participa un grupo de 17 profesionales de la industria del software, entre los que se encuentran algunos de los creadores o promotores de metodologías de programación de software con el fin de delinear los valores y principios que deben permitir a los grupos desarrollar software de manera más eficaz y respondiendo rápidamente a los cambios que puedan surgir a lo largo del proyecto. De esta forma, se pretendía dar una alternativa de elección a los procesos clásicos de desarrollo de software, caracterizados por su solidez y orientación por la documentación creada en todas las etapas desarrolladas. (Calderón, A., & Rebaza, J. V., 2007, p. 7)

“Como resultado de este encuentro, se formó Agile Alliance, una organización sin fines de lucro dedicada a promover los conceptos involucrados en el desarrollo de programas ágiles y ayudar a las empresas a adoptar estos conceptos.

Este fue el punto de partida para la creación del Manifiesto Ágil, un dossier que resume la filosofía de la gestión de forma "ágil". (Silvestre, 2014, p. 3)

## Manifiesto Ágil:

Según refiere Jorge Fernández: el "Manifiesto ágil" se definen los cuatro valores por las que se deberían dirigir las metodologías ágiles.

- Al sujeto y sus colaboraciones más que al proceso y los instrumentos.
- Desarrollar programa que funciona, más que obtener una buena documentación.
- La participación con el comprador más que la negociación de un contrato.
- Contestar a los cambios más que continuar una organización.

De esta forma, a medida que más grande costo tengamos en la parte derecha más apreciaremos los de la parte izquierda.

Como resultado de estos cuatro valores, el Manifiesto ágil además menciona los doce principios que caracterizan un proceso ágil diferenciándolo de otro enfoque tradicional donde no se había aplicado lo suficiente; continuamente se había dejado implícito sin embargo sin hacer énfasis en ellos. (Fernández, 2013).

**Tabla 1: Principios**

Principios	
1	Satisfacer al cliente a través de la entrega de valor.
2	Aceptamos que las condiciones del proyecto cambien.
3	Entregamos avances frecuentemente.
4	El Owner y lo SSEE trabajamos juntos diariamente.
5	Los proyectos se hacen en torno de individuos motivados.
6	Comunicación es cara a cara.
7	La entrega de avances a tiempo y eficientemente es la medida principal del progreso del proyecto.
8	Promover un paso continuo y sostenido.
9	Excelencia técnica y buen desempeño.
10	La simplicidad es esencial.
11	Equipos auto – organizados.
12	Inspeccionar y adaptar.

Adaptado de: Fernández (2013)

### 2.8.1 Metodología Agile Scrum

Scrum es un modelo de desarrollo ágil caracterizado por:

- Adoptar un plan de desarrollo incremental, en vez de la planeación y ejecución completa del producto.
- Fundamentar la calidad del resultado más en el entendimiento tácito de los individuos en grupos auto organizados, que en la calidad de los procesos empleados.
- Solapamiento de las diversas etapas del desarrollo, en vez de realizarlas una tras otra en un periodo secuencial o de cascada.

Este modelo ha sido reconocido y definido por Ikujiro Nonaka e Hirotaka Takeuchi a inicios de los 80, al examinar cómo desarrollaban los nuevos productos las primordiales organizaciones de manufactura tecnológica: Fuji-Xerox, Canon, Honda, Nec, Epson, Brother, 3M y Hewlett-Packard. (Takeuchi, H., & Nonaka, I., 1986)

### 2.8.2 Metodología Ágil Kanban

Kanban es un sistema de administración de trabajos en curso o en curso, que se utiliza principalmente para garantizar la producción continua sin sobrecargar los accesorios de producción multimedia. Kanban es un sistema de gestión donde se crea exactamente la proporción de trabajo que el sistema es capaz de realizar. De acuerdo con Marcos Bermejo, el Kanban es un sistema de trabajo justo a tiempo, lo que significa que evita el exceso de existencias innecesario, que en la gestión de proyectos multimedia equivale a una inversión innecesaria de tiempo y esfuerzo que no tendremos necesita (o simplemente menos prioridad) y evita la sobrecarga del equipo.

Kanban es un enfoque para gestionar el cambio organizacional, no es un desarrollo de productos multimedia o proceso de gestión de proyectos. Kanban es un enfoque para introducir cambios en la vida útil del desarrollo de productos multimedia o en la metodología de gestión de proyectos tal como existe. Con Kanban, comienza con algo que está ahora mismo en la gestión de su equipo de producción. No tiene que empezar desde cero en la organización de una organización para adoptar Kanban. (Bermejo, 2011)

En la gestión de obra en curso con Kanban se busca un criterio clave como es la delimitación de obra en curso. Se ha demostrado que cuantos más trabajos en curso se procesan al mismo tiempo, más caen considerablemente los índices de calidad. En

la producción de proyectos multimedia, incrementar el trabajo en curso implica incrementar la proporción de errores que tendrá este plan multimedia debido a la baja capacidad de concentración que los desarrolladores pueden dedicar a las tareas.

De acuerdo con Marcos Bermejo, definir el trabajo en progreso a través de la administración laboral con Kanban también tiene un efecto fundamental y es que reducimos la edad de servicio de un trabajo desde que ingresa al sistema hasta que lo deja. Disminuyendo la proporción de trabajo en curso, conseguimos que el enfoque en todas las labores sea más grande y que la era dedicado a cada una de ellas, sumado, sea menor que el empleado en asumirlas cada una de golpe. (Bermejo, 2011)

### 2.8.3 Otras metodologías Ágiles

Si bien los creadores y promotores de las metodologías ágiles más populares han firmado el Manifiesto Ágil están de acuerdo con los principios enunciados anteriormente, cada metodología tiene características propias y enfatiza algunos aspectos más específicos. Otras metodologías ágiles se mencionan a continuación. (Canós, J., Letelier, P., & Penadés, M. C., 2003, p. 7)

- Crystal: Basada en los conceptos del Proceso Racional Unificado (RUP).
- Método de desarrollo de sistemas dinámicos (Dynamic Systems Development Method - DSDM): Enfocada en un marco de trabajo diseñado para entregar la solución correcta en el momento correcto.
- Desarrollo orientado a funcionalidades (Feature Driven Development - FDD): Tiene como rasgo característico la planeación y el diseño del proyecto por adelantado.

La mayoría de ellos ya se utilizaron con éxito en proyectos reales, pero carecieron de mayor difusión y reconocimiento. (Canós, J., Letelier, P., & Penadés, M. C., 2003, p. 7)

## 2.9 Marco Teórico.

Sobre la base de lo señalado, revisaremos los conceptos de gestión de la perforación diamantina bajo un esquema de trabajo ágil que realmente aborden los problemas que se presentan durante los trabajos de perforación diamantina dentro del entorno operativo, extractivo de una mina, con mejora de procesos (en atención a que señalan algunos autores.

Según el PMBOK, los Equipos de Procesos de Dirección de Proyectos permanecen involucrados por los resultados que generan. La salida de un proceso,

generalmente, se convierte en una entrada a otro proceso o es un producto entregable del plan. El Conjunto de Procesos de Idealización da al Conjunto de Procesos de Ejecución una estrategia de administración del plan documentado y un enunciado del alcance del plan, y constantemente actualiza el proyecto de administración del plan mientras avanza el plan. Además, los Conjuntos de Procesos escasas veces son eventos discretos o que ocurren una exclusiva vez; son ocupaciones superpuestas que se generan con diversos niveles de magnitud en todo el plan. (Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos: Guia del Pmbok, 2017, p. 67).

El equipo de Scrum está comprometido a lograr sus objetivos y apoyarse mutuamente. Su principal objetivo es el trabajo del Sprint para poder realizar el mejor desarrollo viable para estos fines. El equipo Scrum y sus partes interesadas son honestos sobre el trabajo y los desafíos. Los miembros del equipo Scrum se respetan entre sí para ser personas capaces e independientes, y son respetados como tales por las personas con las que trabajan. Los miembros del equipo Scrum tienen el coraje de hacer lo correcto, de resolver problemas difíciles. Estos valores guían al equipo Scrum con respecto a su trabajo, sus trabajos y su comportamiento. Las decisiones que tome, las acciones que tome y la forma en que se use Scrum deben reforzar estos valores, no disminuirlos ni socavarlos. (Ken Schwaber & Jeff Sutherland, 2020, p. 4)

Como refiere Ken Schwaber, los miembros del Scrum Team aprenden y exploran los valores a medida que trabajan con los eventos y instrumentos Scrum. Una vez que el Scrum Team y los individuos con las que trabajan integran dichos valores, los pilares empíricos de Scrum de transparencia, inspección y habituación cobran vida y producen confianza. La unidad importante de Scrum es un diminuto equipo de personas, un equipo Scrum. El equipo Scrum consta de un Scrum Master, un Product Owner y Developers. En un equipo Scrum, no hay subequipos ni jerarquías. Es una unidad cohesionada de expertos enfocados en un objetivo a la vez, el propósito del Producto. (Ken Schwaber & Jeff Sutherland, 2020, p. 5)

Por otro lado, como refiere Marcos Bermejo, Kanban es un sistema de gestión de trabajos en curso (WIP1), que se utiliza principalmente para garantizar la producción continua sin sobrecargar los equipos de producción multimedia. Kanban es un sistema de administración donde se genera exactamente la proporción de trabajo que el sistema es capaz de realizar. Kanban es un sistema de trabajo just-in-time, lo que significa que evita el exceso de inventario innecesario, que en la gestión de proyectos multimedia equivale a una inversión innecesaria de tiempo y esfuerzo que no necesitaremos (o simplemente menos una prioridad) y evita sobrecargar al equipo.

Kanban es un enfoque de gestión de cambios organizativos, no un proceso de gestión de proyectos o desarrollo de productos multimedia. Kanban es un enfoque para introducir cambios en la vida útil del desarrollo de productos multimedia o en la metodología de gestión de proyectos tal como existe. Con Kanban, comienza con algo que está ahora mismo en la gestión de su equipo de producción. No es necesario comenzar desde cero en una organización corporativa para adoptar Kanban. En la gestión de trabajos en curso con Kanban se busca un criterio clave como es la especificación del trabajo en curso. Se ha demostrado que cuantos más trabajos en curso se procesan al mismo tiempo, más caen considerablemente los índices de calidad. En la producción de proyectos multimedia, incrementar el trabajo en curso implica incrementar la proporción de errores que tendrá este plan multimedia debido a la baja capacidad de concentración que los desarrolladores pueden dedicar a las tareas. (Bermejo, 2011)

Sustento lo anterior en el desarrollo de los hechos hasta esta ahora, es sencillo evidenciar como el sector minero ha tenido fundamentales mejoras en cuánto a la aplicación de mejores metodologías de administración y gestión de procesos; no obstante, creo que debemos continuar mejorando, no sólo para asegurar el cumplimiento de los planes, con la ejecución del presupuesto planificado.

¿Qué pasaría entonces si sumamos la Agilidad en nuestra actividad diaria?

Considero que una optimización importante en la administración de los proyectos mineros vendría en camino impactando no solo en temas económicos, sino en todos los puntos operativos, medio ambientales y sociales de la industria minera.

Me atrevo a pensar que la Agilidad daría un importante aporte a nuestras actividades y como diría el PMP Ysmael Ormeño: Podríamos definir un proyecto como: “El despliegue del talento Humano para hacer realidad una visión futura”

## CAPÍTULO III: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 3.1 Caída del precio de los metales y su impacto en la perforación diamantina.

Las exportaciones de materias primas han llevado a Perú a mantener su economía durante las últimas décadas. Perú ha sido considerada una alternativa favorable de inversión minera en América Latina de la última década.

Como lo indico Manuel Donoso, la industria minera del cobre ha sido protagonista del desarrollo acelerado de la economía de la región durante la última década y, a pesar de la desaceleración luego de la crisis asiática de 1997, el sector ha mantenido un crecimiento muy por encima del crecimiento anual del PIB. Sin embargo, con el crecimiento de la industria del cobre, la crisis financiera de 2008 que se inició en el sector inmobiliario en Estados Unidos volvió a traer cierta incertidumbre sobre sus efectos reales y permitió verificar la capacidad actual de la industria del cobre que una vez más superó la crisis global de 2014 con relativo éxito.

En este contexto, la situación crítica de los mercados financieros internacionales y las características de la industria del cobre estrechamente ligadas a la evolución de la actividad industrial en los países desarrollados hicieron necesario examinar con detenimiento los diversos factores de riesgo (los de la 'minería de metales, desarrollo y crecimiento empresarial, mercado físico, mercado financiero y condiciones macroeconómicas y riesgo país) que afectan la actividad minera y la economía en su conjunto. (Donoso Muñoz, 2014)

Donoso refiere, que precisamente, la actividad minera del cobre, al ser una industria de largo plazo, requiere mucha estabilidad para garantizar resultados positivos en los diferentes ciclos productivos. Si bien esto es cierto, ha tenido un comportamiento positivo en los últimos años, pero ha sido consecuencia del crecimiento de las economías emergentes, principalmente China, cuyo crecimiento de la actividad industrial ha tenido un impacto favorable en la economía, exportando materias primas, como caja de cobre. (Donoso Muñoz, 2014)

Si bien el crecimiento económico en la última década del mercado Chino tuvo un impacto positivo en la exportación de los principales metales base, lo cual conllevó a un alza en el precio del cobre, que alcanzó cuatro veces los niveles registrados en 2003 en 2008, también provocó algunas complicaciones. Como el incremento en los costos de producción, y la búsqueda de un mayor beneficio y de mayores ingresos.

Por ello la crisis registrada en el 2014, afectó de manera significativa las actividades de la perforación diamantina en distintas empresas, las cuales se vieron reducidas por recortes presupuestarios y obligadas a buscar alternativas de ahorro que pudiesen optimizar el proceso de la perforación en sí, por ello ante esta variabilidad la manera en la cual se venía desarrollando la perforación no pudo hacer frente a estos cambios que terminaron produciendo un recorte del presupuesto y pérdida de información para el modelo geológico o estudios que realizan las empresas.

### 3.1.1 Análisis de la perforación bajo una metodología tradicional de gestión de proyectos.

Podemos decir que en su forma más simple un proyecto viene a ser un producto exclusivo y único, como resultado final de un proceso. Este proceso toma ciertas unidades para integrarlas y crear un producto final. Estas unidades pueden ser recursos humanos como equipos, materiales y herramientas.

Al inicio el desarrollo de la actividad se hace de manera artesanal, de esta forma la necesidad imperiosa de mejorar el proceso y llevar los proyectos al objetivo remarcado en el alcance del proyecto.

Por ello bajo un enfoque tradicional de la gestión de los programas de perforación diamantina tienden a llevar su atención a llevar una documentación de todo el proyecto y se centran en cumplir con el plan de perforación inicial.

De esta manera la gestión de los programas de perforación diamantina se viene dando a través de ciclos de mejora continua, el mismo que fue desarrollado por Shewhart y utilizado por Deming como introducción a cada una de las capacitaciones que ha dado a la gestión de empresas japonesas. Las Normas NTP-ISO 9001, se basan en el Ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) de Deming, para generar un esquema de trabajo de Mejora Continua.

La gestión de la perforación bajo el enfoque de mejora continua de la organización requiere:

- El liderazgo de la alta gerencia.
- Formación y motivación específicas del equipo de trabajo.
- Un sistema de gestión documentado.
- Soporte de asesoramiento externo.

Según la NTP-ISO 9000:2001, Mejora continua es una actividad recurrente que busca aumentar la capacidad del equipo para cumplir los requisitos, siendo un requisito

la necesidad o expectativa establecida de un objetivo dado, generalmente tomada de manera implícita u obligatoria.

Los resultados son revisados para detectar oportunidades de mejora. Está planificación está ligada a la implementación, control y mejora continua, de los productos y de los procesos del sistema de gestión de la perforación diamantina.

El ciclo de mejora continua que se desarrolla se puede explicar de la siguiente forma:

Planificación:

- Involucrar a las áreas relacionadas a la perforación diamantina (Operaciones mina, planeamiento, geotecnia, etc.)
- Cumplir con el programa de perforación (En metros, tiempo y costo).
- Supervisar el o los procesos involucrados durante el desarrollo de la perforación.

Hacer:

- Generar controles para mitigar las causas de los problemas operacionales de la perforación.
- Listar los problemas obtenidos durante el proceso de la perforación diamantina.

Verificar:

- Analizar y desplegar los datos de la perforación diamantina.
- Si se viene cumpliendo con los resultados deseados.
- Lecciones aprendidas

Actuar:

- Incorporar la mejora al proceso un equipo de mejora continua
- Comunicar las mejoras a todos los integrantes del equipo de perforación diamantina.
- Identificar nuevos problemas que puedan surgir durante la campaña de perforación diamantina

Vemos que de esta manera la mayoría de los fallos algunas veces son desconocidos y considerados como normales dentro de las interferencias que se tienen por la actividad

minera estas sesgan e impiden buscar las soluciones para evitar que dichas interferencias continúen afectando la perforación diamantina.

Otra de las características importantes dentro de la gestión de la perforación diamantina es la dificultad en implementar un cambio debido a que esto significa un aumento en el costo, que no ofrecen una buena alternativa de solución en entornos de mucha variabilidad.

Esta manera de gestionar el proyecto se enfoca en la documentación y en los procesos siendo su objetivo asegurar que se cumpla con los alcances requeridos en la perforación.

El ciclo de mejora continua que se aplica tiene sus ventajas como:

- Funciona bien en proyectos de perforación diamantina con pocas interferencia o variables.
- Es sencillo, ya que sigue los pasos intuitivos necesarios a la hora de generar los planes de la perforación.
- Hay un seguimiento detallado en cada una de las fases.

Sin embargo, también tiene sus desventajas como:

- La evaluación de riesgos es compleja a medida que aumentan las interferencias.
- Está enfocada en los procesos.
- No hace participe al cliente durante el desarrollo de programa de perforación.
- No es capaz de adaptarse rápidamente a los cambios en las variables operativas.

### 3.1.2 Análisis de la perforación bajo un enfoque ágil.

Una mejora en la gestión de la perforación diamantina puede no solo llevar a generar ahorro de costos, sino también al mejor aprovechamiento de los recursos que cuente la empresa que desarrollara el proyecto. Por ello es necesario un proceso de gestión estratégica y mejora continua, siendo el desarrollo de la actividad de perforación una tarea sensible afectada por distintas variables se hace necesario mejorar la gestión de la misma.

El planeamiento estratégico como base de la mejora de los procesos nos lleva a generar planes de optimización buscando para ello alternativas viables desde el punto de vista operativo y de seguridad para todo el personal involucrado en el proceso. En

esta búsqueda surge como alternativa la perforación direccional con extracción de testigos, la misma que nos permite que desde una plataforma de perforación podamos generar diversas ramificaciones controlando el rumbo e inclinación del sondaje con el que nos permite mejorar nuestra precisión y exactitud al momento de perforar sondajes profundos. En igual medida esta técnica de perforación nos permite poder situarnos en áreas seguras dentro de la operación minera y generar sondajes de perforación direccionados hacia los distintos objetivos planificados sin necesidad de intervenir directamente el trabajo operativo extractivo del recurso mineral.

Sin embargo el costo de la técnica de perforación direccional conlleva a un incremento de costo en los procesos de perforación y a una disminución en el avance diario de perforación.

Por tanto, la generación de un plan estratégico requiere dosificar el uso de la perforación direccional junto con la perforación convencional acorde a los planes de minado con el fin de obtener mayores beneficios en dichos procesos. En esta línea se hace indispensable la participación del equipo de perforación en la elaboración de los planes de minado a corto plazo a fin de diseñar distintas estrategias que permitan cumplir con todos los objetivos de manera integral y organizada en conjunto con las otras áreas operativas, todo ello con el completo acompañamiento del Owner a los demás procesos de perforación que desarrolla la empresa especializada.

Dentro del marco de una minería responsable tanto social como medio ambiental hace necesario la generación del menor impacto posible dentro de las áreas de influencia, gestionando de manera adecuada los insumos propios de la perforación, así como la reutilización de los fluidos de perforación, comúnmente conocidos como lodos de perforación, mitigando el impacto visual de tener una cantidad considerable de equipos de perforación dentro de un área.

Para el desarrollo de este trabajo planteo usar la metodología ágil scrum, para la optimización del proceso de perforación diamantina, ya que si bien el modelo de gestión fue pensado para el desarrollo de software. El modelo Scrum es especialmente adecuado para proyectos donde tenemos entornos complejos y se necesita obtener resultados rápidamente, en el cual los requisitos no están bien definidos o sujetos a variabilidad y donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales.

### 3.2 Propuesta Sobre Aplicación de metodologías ágiles en otros proyectos

¿La metodología Ágil es para todos los proyectos o Fases?

La respuesta a esta interrogante la menciona Jessy Fewell (2018) quien en su artículo el director del proyecto ágil, expresa que: “El hecho de que la publicación emblemática del PMI ahora esté consciente de los enfoques ágiles, no significa que se deban utilizar técnicas ágiles para todo”. (Martínez, Juan Ignacio & Comino López, Miguel, 2018, p. 3)

Como indica Martínez, Fewell formó parte del equipo que colaboró en la elaboración de la guía de prácticas ágiles y de la certificación PMI-ACP. Podemos agregar que la metodología ágil requiere una adaptabilidad de la cultura organizacional de la empresa, de los equipos de trabajo y del proyecto, es decir, es posible que desde un mismo proyecto pueden convivir distintas metodologías de gestión, las cuales dependerán de los objetivos marcados con relación a la eficacia y la eficiencia del proceso. (Martínez, Juan Ignacio & Comino López, Miguel, 2018, p. 5)

El ingeniero Ysmael Ormeño Zender (2017), derriba este paradigma, que la metodología Scrum era solo para proyectos de Tecnología e Informática, y por lo tanto, no era posible aplicarlo en otros proyectos o fases de una iniciativa.

Zender, participo en la construcción de un centro comercial de la ciudad de Piura, Perú.

Cuando preguntaron acerca de la utilización del método scrum, contestó: Hasta este momento no hubo reportes ni precedentes en nuestro país de la aplicación de scrum, en proyectos de construcción. (Zender, 2017, p. 5)

Zender consideraba que la aplicación Scrum resolvía problemas adaptativos complejos, produciendo resultados de máximo valor productivo.

Primero observaron que un programa en cascada típico no sería el más apropiado. Aunque se abordaron plazos ajustados, hubo incertidumbre que podría afectar la entrega final del proyecto.

Así, se aplicaron las tablas Scrum, Lean Manufacturing y Kanban, siendo los resultados los siguientes, a saber:

- La aplicación de Scrum en sitios de construcción es diferente a la de TI.

- La mejor dinámica de trabajo dependerá de la experiencia acumulada y la buena disposición del equipo, así como de la aprobación de la dirección y la comprensión de las necesidades del cliente.

### **3.3 CASO DE ESTUDIO: Aplicación de las metodologías ágiles (Scrum – Kanban) a proyectos de perforación diamantina.**

Scrum.

Scrum se basa en la teoría empírica del control de procesos o empirismo. El empirismo asegura que el conocimiento proviene de la experiencia y de la toma de decisiones basadas en lo conocido. Scrum utiliza un enfoque iterativo e incremental para optimizar el control de riesgos y la previsibilidad. (Ken Schwaber & Jeff Sutherland, 2020).

Agilidad

El entorno de trabajo de las empresas basadas en el conocimiento tiene poco parecido con el origen de la gestión predictiva de proyectos. Ahora existe la necesidad de estrategias de lanzamiento de productos orientadas a la entrega rápida de resultados tangibles y la respuesta ágil y flexible requerida para trabajar en mercados que cambian rápidamente. El producto ahora se basa en modificaciones y aparecen nuevos requisitos. El cliente comienza con una visión bastante clara, pero el nivel de innovación que necesita y la velocidad a la que cambia su industria no le permiten predecir en detalle cómo será el resultado final. Puede que no haya más "productos terminados", sino productos en continua evolución y mejora. (Alexander Menzinsky & Gertrudis López & Juan Palacio, 2016)

Diseño de la perforación.

El diseño de la perforación es un proceso sistemático y ordenado, cuyo objetivo es la construcción de un pozo o sondaje, por el cual se extraerá muestras para el estudio y caracterización del yacimiento. (Diseño de perforación de pozos).

#### **3.3.1 Ciclo económico del precio de los metales, y la desaceleración China.**

Durante el 2015 el índice general de la Bolsa de Valores de Lima (BVL) peruana cayó un 33.4%, su peor desempeño en siete años en medio de la debilidad de los precios de los metales. El mercado de valores local se ha visto afectado este año por una subida de la tasa clave de Estados Unidos y la caída de los precios de las materias primas, en medio de una desaceleración económica en el mayor consumidor de metales, China. (Gabriel Palomino & Wendy Trelles, 2019)

La caída del índice general en 2015 es mayor que la caída del 6,1% en 2014 y la caída del 23,6% en 2013. El sector más afectado en 2015 en la bolsa local fue la pequeña empresa. las mineras con una caída del 67,34% y el sector de la construcción con una caída del 54,4%, según datos de la BVL.

La última baja en el precio de los metales ha afectado a todos los países que dependen de cierta manera de la extracción de sus recursos.

La caída en el precio de los metales influyó en la desaceleración económica del Perú,

el precio del cobre durante el 2014 se contrajo 6,4% y continuo a la baja durante el 2015, atrás quedaron los precios altos el mercado ya no era el mismo.

En este escenario, podemos destacar el papel que juega China en la economía la cual hasta ese momento había sido la mayor demandante de materias primas de Latino America para su industria, esto condujo a un nuevo periodo de aprendizaje al punto de sustituir parte de sus importaciones. A esto podemos sumar que importantes proyectos en Peru vieran postergado sus inicios por temas sociales.

Por ello veremos una breve descripción de lo sucedido con el precio del cobre durante el 2014 y el 2015, el cual es importante ya que exigió que los equipos que se encuentran dentro de la industria minera generaran mejoras en los procesos y proyectos.

En el 2014 y comienzos del 2015, el mercado del cobre se enfrentaba a una interrogante con la caída del precio lo cual condujo que algunas minas en el mundo cerrasen y otras paralizaron sus proyectos exploratorios Greenfield y Brownfield, afectando directamente a los procesos de perforación diamantina, cuya actividad es muy sensible ante dichos cambios en el precio de mercado de los metales.

Pese a ese panorama Perú mantiene un buen posicionamiento para diversificar su matriz productiva minera ya que cuenta con una variedad de recursos que otros países mineros.

Si bien es cierto, las tareas productivas y el precio de los metales son variables y cada una se define por separado, la relación que existe entre ambos factores se define en conjunto.

Ante esta variabilidad cíclica que afecta al sector minero, es importante buscar alternativas de gestión y desarrollo de proyectos que nos permitan cumplir con los cada vez más exigentes retos operativos de la actividad minera, uno de ellos vendría a ser

justamente la perforación diamantina, que como en muchos casos acompaña la actividad minera de inicio a fin.

Se requiere plantear un cambio en la metodología para la generación de los programas de perforación.

Es así que se inicia con la perforación direccional como respuesta a la necesidad de continuar con el programa, se busca alejarse del centro del tajo hacia las periferias, mitigando la interacción con los equipos de acarreo minero y perforando hacia los objetivos desde el borde del tajo.

### **3.4 EL PROBLEMA: Factores que afectan el desarrollo de las perforaciones diamantinas**

En el Perú, los ingresos económicos que genera la industria minería vienen a ser una de las principales fuentes de ingreso que aportan al desarrollo de la nación, con un gran potencial geológico - minero a lo largo del territorio, nuestro país es en la actualidad goza de interés internacional de inversión por su potencial minero que posee, en el cual sobresalen sus reservas de polimetálicas de cobre, plata, oro, plomo y recientemente el litio. En las últimas dos décadas (2001 – 2020), la contribución minera al Producto Bruto Interno (PBI) ha sido de vital importancia para el crecimiento económico del país.

Gracias a esto, en la actualidad existe un gran número de empresas en el mercado peruano dedicadas al rubro de la perforación diamantina, generando con ello un constante incremento de la competencia. En línea a lo mencionado las empresas de perforación, se han visto en la necesidad de implementar mejoras constantes para responder a las necesidades, exigencias y estándares del cliente.

El ciclo de vida de un yacimiento consta de 5 fases:

- Prospección,
- Exploración
- Explotación,
- Beneficio y
- Cierre de mina.

La etapa de prospección se basa en la identificación de depósitos minerales y la estimación de recursos accesibles, seguida de la etapa de exploración que define y cuantifica la ocurrencia mineral del depósito para la decisión de la factibilidad técnica y

económica del proyecto. En la explotación se realiza un conjunto de actividades socioeconómicas para obtener los recursos del yacimiento mineral.

Durante la fase de valoración previa a la explotación se buscan diversos medios para que el mineral sea comercializable y, finalmente, durante la fase de cierre de mina se lleva a cabo un programa de ocupación para asegurar que las actividades operativas se realicen en armonía con el medio ambiente. (Vasquez, 2016)

El propósito principal de la perforación diamantina es obtener muestras subterráneas a diferentes profundidades para obtener la máxima cantidad de información sobre la masa rocosa del yacimiento.

Su principal problema radica en la representatividad de las muestras o testigos, esto dado que la muestra total no se recupera constantemente, también ocurre que la perforación pudo haber cortado en un punto extraordinariamente pobre o excepcionalmente rico del yacimiento.

Otro problema común es la desviación del punto objetivo en el pozo, debido a la fuerza de empuje y la dirección de rotación del pozo, frecuentemente sucede que, a mayor profundidad de perforación, mayor desviación del objetivo planificado.

Existen otros factores externos que inciden en el normal desarrollo de la perforación diamantina, como: la pericia del perforista, el modelo y capacidad de la máquina, el lodo de perforación hasta el estado de los accesorios, materiales de perforación y en menor medida el terreno.

Cuando hablamos de perforación diamantina y como todo proceso tenemos que generar indicadores para medir los avances y rendimientos, siendo en principal indicador el costo del \$/metro, el cual varía de acuerdo con diversos factores como pueden ser: Cantidad de metros ofrecidos, tiempo, ubicación y facilidades de acceso, requerimiento del cliente, equipos con los que cuenta la empresa de perforación, materiales a usar, etc. Todas estas variables impactan directamente al momento de elaborar la estructura de costos del proyecto de perforación, haciendo que el precio calculado del \$/m sea muy variable y específico al proyecto que se planea perforar.

### **3.5 KPI's de Perforación Analizados como Owner**

Dentro de la perforación diamantina existen indicadores de gestión los cuales se convierten en puntos críticos del proceso, siendo necesario que el Owner gestione de manera adecuada la planificación de la perforación. En estos puntos es donde se hace

presente la agilidad como una forma eficiente de dirigir los programas de perforación diamantina.

Como Owner o dueños del proyecto dentro del cual una o más contratistas de perforación diamantina desarrolla sus actividades, debemos enfocarnos e incentivar la mejora del proceso teniendo para ello quizás como el indicador más importante en la perforación, el cual nos indica si vamos mejorando o no, vendría a ser el costo del dólar por metro perforado \$/m. Final, el cual sale de la división del monto total facturado (Costo por metro de perforación, alquileres, gastos administrativos, horas operativas, stand by, etc.), entre el total de metros perforados.

Las actividades que se desarrollan durante el proceso de la perforación diamantina son diversas y estas son cobradas de dos formas costos fijos y variables, siendo las siguientes (Gen01, 2021):

Costos Fijos:

- Gastos Administrativos
- Alquileres
- Movilizaciones de equipos
- Costo por metro de perforación.

Costos Variables:

- Tiempo de Perforación.
- Rimado
- Acondicionamiento
- Cambio de línea
- Rescate o recuperación de tubería.
- Mediciones de trayectoria.
- Charlas de Seguridad.
- Instalaciones y traslados.
- Stand-By.

Justamente en las actividades que tienen costos variables es donde podemos encontrar oportunidades gestionándolos bajo un enfoque ágil.

### **3.6 Aplicación de metodologías ágiles en la gestión de proyecto de perforación diamantina.**

Henry Ford mejoró enormemente la eficiencia y productividad de una línea de producción, al ordenar los procesos con la división y especialización del trabajo, provocando que cada departamento de la empresa comenzara a especializarse en lo que hacía. lo mejor. (Lledó, 2012)

Este concepto ya había sido anunciado con anterioridad por el economista norteamericano Frederick Taylor. Según lo indica Pablo Lledó en su libro.

Antes de Taylor / Ford, cada trabajador de la fábrica era responsable de planificar y ejecutar sus proyectos, con gran libertad para llevar a cabo sus deberes de la manera que creían que era la forma correcta de hacer negocios. Consideraron que el jefe o el gerente tenía un mejor conocimiento del desarrollo de la actividad que todos sus empleados. Hasta el día de hoy, en minas pequeñas e incluso medianas, esta metodología de trabajo continúa, orientando así sus departamentos y proyectos.

En 1985 Motorola introdujo el concepto de "Six Sigma", como parte de este concepto, las empresas debían seguir mejorando y hacer más eficientes sus procesos, en los que solo se podían autorizar 3 fallas por cada millón de mercancías colocadas en ellas. el mercado.

En ese momento, se empezó a ofrecer 'ingeniería simultánea' para que no solo el jefe de proyecto trabaje con diferentes grupos dentro de la compañía en forma matricial, sino además que era muy provechoso incluir a la alta dirección. en decisiones importantes referentes al proyecto, y poder evitar las frecuentes modificaciones que experimentan los proyectos.

Un momento importante que señala Lledó, es cuando el Project Management Institute lanzó la primera edición del PMBOK. Este documento define los lineamientos para un proyecto exitoso, no basta con concentrarse solo en la calidad del producto, sino que, además, es necesario gestionar y planificar de manera integral los procesos en las siguientes áreas (Lledó, 2012, p. 109):

- Alcance
- Tiempo
- Costo
- Calidad
- Recursos humanos

- Comunicaciones
- Riesgos

Lledó refiere que por el año 1995 se pone en auge el concepto "Lean" esto debido al éxito que venía demostrando los procesos que implementaba en sus proyectos Toyota. Rápidamente Estados Unidos llevo estos conceptos a sus empresas para iniciar una era de mejora en la eficiencia de sus procesos.

El mundo reconoce que era importante trabajar proyectos con procesos formales, pero si esos procesos tomaban demasiado tiempo de los proyectos, existía la necesidad de modificar o eliminar cualquiera que no fuera necesario.

Comenzaron a desarrollarse proyectos donde debían tener en cuenta un intercambio inteligente entre "control y gestión de procesos" vs "velocidad y valor para el cliente". Busca mantener un flujo continuo de valor para el cliente ininterrumpido.

Si bien todas las mejores prácticas que se habían desarrollado hasta ahora eran muy buenas para la producción en masa, a veces pecaban más allá del proceso, ralentizaban los proyectos y descuidaban al cliente. Los conceptos lean eliminan todo este excedente de programación, de modo que puede concentrarse en la evaluación del cliente lo más rápido posible. En 2001, un grupo de ingenieros informáticos de Utah, Estados Unidos, escribió el Manifiesto Ágil para la gestión de proyectos de software. Estos conceptos se hicieron populares rápidamente en todo el mundo y comenzaron a utilizarse no solo para el desarrollo de software, sino para todos los demás tipos de proyectos. (Lledó, 2012)

Las metodologías de gestión ágil son términos que describen métodos de gestión por así decirlo modernas que buscan que nuestros proyectos sean más eficientes y rápidos, sin aumentar los costos ni tampoco reducir la calidad del servicio o producto.

A principios de 2000, el Manifiesto para la gestión de proyectos de software ágil comenzó a ganar popularidad con sus Doce principios del flujo del trabajo ágil. Estas iniciativas nos llevan a que los planes y procesos no sean demasiado estrictos, ya que el panorama en el que se desarrolla la perforación diamantina está en constante cambio, por lo que debemos ser flexibles en nuestros planes para poder adaptarnos rápidamente a los cambios que surjan. En el desarrollo de la campaña de perforación, si queremos alcanzar los objetivos indicados al inicio en tiempo y en calidad, esta necesidad de adaptación debe ser rápida para poder cumplir con los entregables solicitados. De estas metodologías de gestión enfocadas una a proyectos de producción masiva o con pocas variables que puedan afectar su desarrollo y la otra enfocada a proyectos donde la incertidumbre sea alta, que requiera mejorar la eficiencia y velocidad durante la gestión

de cualquier tipo de proyectos. Se considera como una alternativa razonable el uso de esta metodología a los proyectos de perforación diamantina la cual esta justamente sujeta a dicha tasa de variabilidad debiendo.

La aplicación de esta metodología ágil (Scrum – Kanban), conlleva a un nuevo ciclo de generación de procesos y organización del equipo de trabajo.

### **3.7 Como Estructurar un Equipo Ágil Para Dirigir la Perforación Diamantina.**

Para la formación de un equipo Ágil, es importante que la empresa tenga una cultura organizacional dinámica, multidisciplinaria y adaptable, que permita la implementación de equipos de trabajo bajo el enfoque ágil de esta manera podemos trabajar y formar equipos que funcionaran de manera ágil permitiendo generar controles y acciones de mejora, estos equipos requieren de un fraccionamiento de las tareas y seguimiento a los planes a corto y mediano plazo, haciendo una retrospectiva constante de las actividades que se puedan optimizar, para ello es importante que el equipo cuente o genere un historial de eventos que llamaremos lecciones aprendidas las cuales pueden abarcar tanto los procesos de seguridad, operativos, logísticos entre otros, que servirán de guía para evitar la recurrencia de estas fallas en los procesos mencionados. (Gen02, 2021) Un ejemplo de la formación de un equipo gestionado de manera ágil y de un

Para estructurar un equipo Ágil con el uso del Scrum y Kanban podemos comenzar:

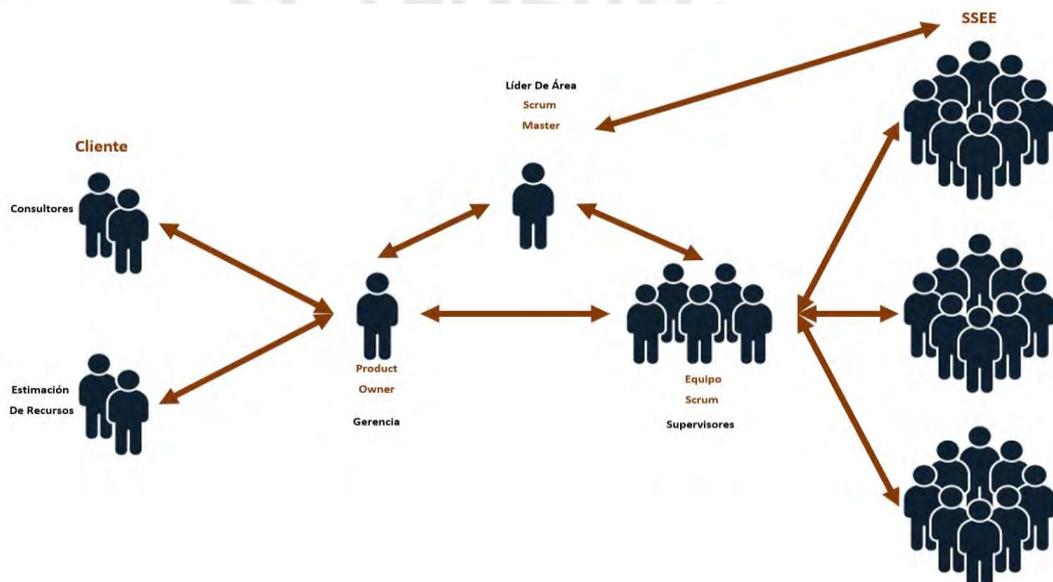
1. Formando equipos, estos deben ser pequeños multidisciplinarios y auto organizados.
2. Dividir las tareas, generando una lista de entregables con objetivos concretos, ordenados de acuerdo con su prioridad, nombrando siempre un responsable para cada entregable.
3. Dividir el tiempo, debemos fijar plazos de tiempo para cada entregable que se asigne los cuales deben ir de 1 a 4 semanas.
4. Realizar reuniones o Sprint diarios con los equipos con el fin de revisar y evaluar el progreso de las tareas asignadas las mismas que no deberían ser de más de 15 minutos.
5. Actualizar las Prioridades, es importante organizar el plan de entregables posterior a cada reunión.
6. Visualizar el flujo de trabajo, debemos dividir el trabajo, describiendo cada actividad y colocarla dentro de un muro con columnas tipo semáforo para revisar rápidamente el estatus de cada tarea asignada.

Como cualquier herramienta de gestión, Scrum y Kanban no son perfectas. No le dicen todo lo que debe hacer, solo nos brindan ciertas restricciones y pautas. Así, por ejemplo, Scrum requiere que se tengan reuniones de duración fija y equipos multidisciplinarios, y Kanban requiere el uso de tableros en los que colocamos notas adhesivas (Post it) con las tareas y el estatus de estas, por cierto, también puedes usar herramientas digitales para usar Kanban.

Curiosamente, el valor de una herramienta es que limita sus opciones. Una herramienta de proceso que le permite hacer cualquier cosa no es muy útil. (Kniberg, H., Skarin, M., de Mary Poppendieck, P., & Anderson, D., 2010)

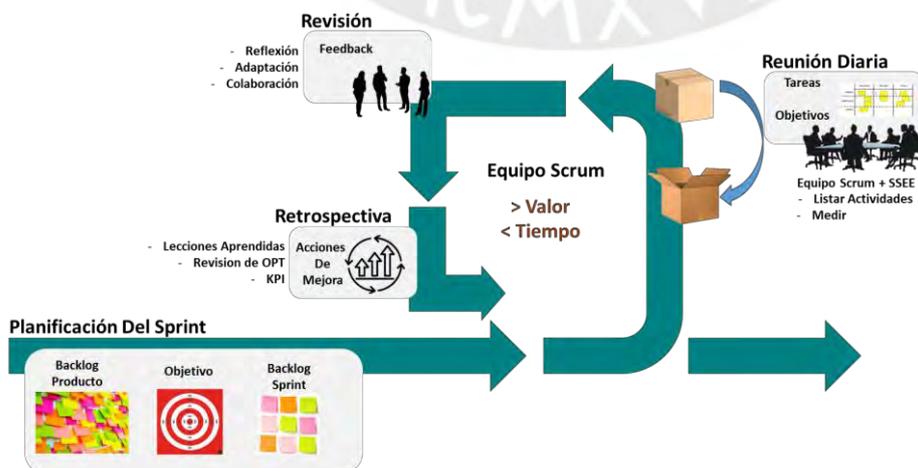
Un framework de trabajo podría ser el siguiente:

**Figura 1: Estructura esquemática del equipo de gestión Ágil de Perforación Diamantina**



Fuente: Elaboración Propia (2021)

**Figura 2: Framework Esquemático del Área De Perforación.**



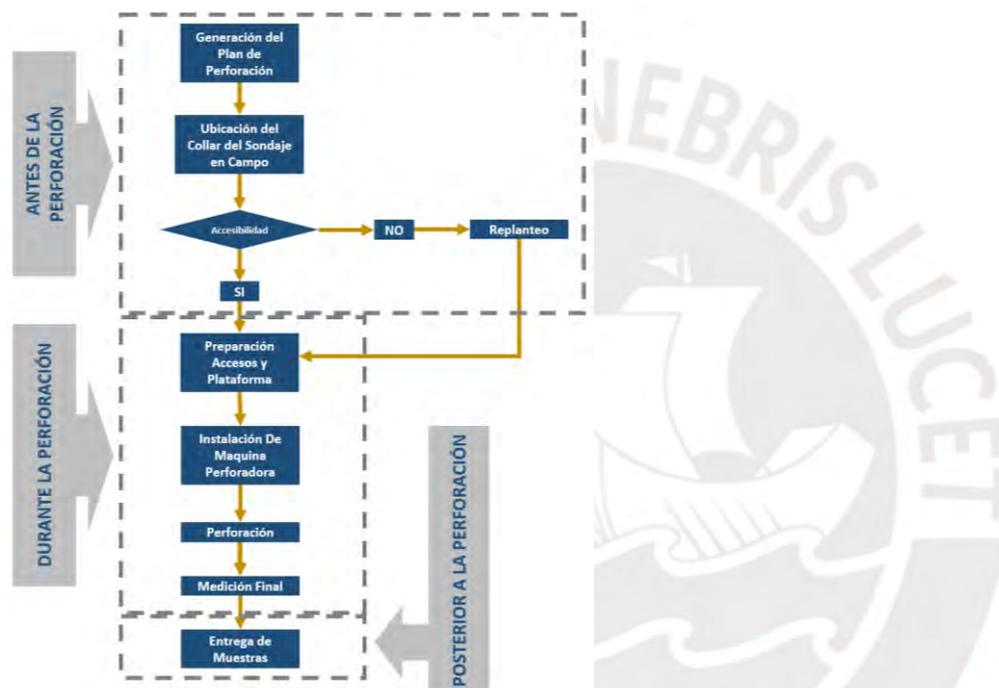
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Considero que la función del equipo ágil debe estar enfocada en obtener oportunidades de mejora que brinden el mayor valor con el menor tiempo usando los mismos recursos.

### 3.8 Análisis de la aplicación de las metodologías ágiles en la gestión de la perforación diamantina.

El análisis del del proceso de perforación diamantina involucra el conocimiento de cada etapa, la cual nos permitirá poder generar controles y/o acciones de mejora pudiendo acortar los tiempos en cada etapa mencionada.

Figura 3: Flujograma esquemático del proceso de perforación diamantina



Fuente de Elaboración Propia (2021)

Este conocimiento nos permitirá a través de la gestión ágil identificar posibles problemas que se tengan durante la perforación.

Estos problemas pueden darse antes de iniciar la perforación diamantina, como, por ejemplo:

- En la ubicación de los puntos de perforación: Muchas veces los planes de perforación se hacen en gabinete sin un reconocimiento previo del área, esto conlleva a que algunos puntos propuestos en el plan inicial deben ser reubicados o hasta en algunos casos descartados por ser inaccesibles.

Es recomendable siempre un reconocimiento preliminar del área antes de planificar la ubicación de los sondajes.

- Accesos y Plataformas: Las demoras más comunes que se dan en esta parte del proceso es la falta de diseño lo cual ocasiona un retrabajo porque no se definieron con detalle los espacios que requiere al conformar la plataforma de perforación diamantina o en otros casos no se consideró la capacidad de los equipos con los que se dispondrá para los trabajos al momento de generar los accesos. Esta falta de verificación puede impactar directamente en el presupuesto asignado para la ejecución de la campaña de perforación.

- Instalación y Estandarización de plataforma: la falta de un estándar o protocolo de instalación de plataforma ocasiona demoras, ya que el personal acomoda o distribuye los componentes y accesorios de la máquina de perforación según su criterio no siempre respetando los espacios, ocasionando áreas saturadas las cuales generan condiciones inseguras y retrabajos o reacomodos de los componentes que no fueron considerados al momento de iniciar con la perforación, ocasionando el incremento de las horas no productivas que disminuyen el tiempo de perforación que se estima cuando se hicieron los cálculos en el presupuesto inicial.

La perforación diamantina se mide por turnos de trabajo de 12 horas cada uno (Día / Noche), usualmente podemos considerar las siguientes actividades que se desarrollan durante estos turnos como principales:

- Tiempo de perforación: es el tiempo efectivo en el cual el equipo de perforación se encuentra cortando el macizo rocoso para la extracción del testigo o núcleo de perforación.

- Horas Operativas: tiempo en el cual el contratista desarrolla actividades como; el acondicionamiento del sondaje, retiro de tubería por cambio de línea o broca, mediciones, y toda actividad asociada a la perforación.

- Horas Stand-By: tiempo en el cual no hay producción y el equipo está parado por diversos factores como: condiciones ambientales, espera de frentes de trabajo, paradas por seguridad, etc.

- Traslados entre plataformas: Tiempo en el cual las máquinas de perforación se trasladan de una ubicación a otra.

### **3.9 Aplicación de la metodología ágil (Scrum – Kanban):**

Es importante mencionar que cada proyecto de perforación es único debido a las condiciones y exigencias propias que puede variar según el tipo de yacimiento,

contratista, línea de perforación, profundidad, tipo de máquina, modalidad de contrato, etc. por lo que antes de empezar a gestionar de manera ágil el proyecto deberán obtener información histórica del proyecto como la siguiente:

- Velocidad promedio de avance (metros/hora), de acuerdo con el tipo de línea de perforación y profundidad.
- Horas Operativas (horas/día), estas horas las pueden si desean, separar por actividades como: acondicionamiento, cambio de línea, tiempo del registro de medición del sondaje, etc.
- Horas de mantenimiento correctivo (horas/día), llevar un control de los eventos que generan estas paralizaciones en la perforación ayuda a encontrar controles y disminuir su recurrencia.
- Stand By (horas/día), son horas no planificadas que causan paralización de los trabajos pudiendo en algunos casos ser condiciones recurrentes como por ejemplo las tormentas eléctricas, derrumbe en accesos, etc. De ser posible debemos generar un registro de las actividades que interfieren o paralizan nuestras actividades para determinar si podemos controlar o minimizar el impacto de estas en nuestros trabajos.
- Traslados y Estandarización (horas/mes), es el tiempo en el cual la maquina está moviéndose a un nuevo punto de perforación después de haber concluido con un sondaje, debiendo desinstalar e instalar todos los componentes de la plataforma. Para ello es importante saber la distancia entre los puntos de perforación, así como los recursos con los que se cuentan para realizar estas actividades.

Ahora si no se cuenta con información o data histórica por ser un proyecto nuevo podrían usar como base la información de algún proyecto similar o los datos entregados por el contratista según su experiencia. La misma que deberá ir actualizándose constantemente para ajustar los tiempos y obtener mejores resultados de gestión.

Con la información recolectada de las entrevistas realizadas compararemos los resultados de la gestión del desarrollo de la gestión de la perforación con y sin la aplicación de la metodología ágil.

Si consideramos que el proyecto es de fácil acceso a pocos minutos de una vía pavimentada, la cual requiere de poco trabajo para conformar las plataformas de perforación diamantina, el depósito ha sido catalogado como un yacimiento de tipo MVT (Mississippi Valley Type), la roca existente en el área es una roca carbonatada ligeramente alterada lo cual hace que la roca sea competente.

Tomaremos como dato que se cuenta con un presupuesto de US\$ 2,000,000.00 para la perforación, los alquileres, gastos administrativos y otros gastos no serán considerados dentro del presupuesto mencionado por ser gastos fijos. El equipo de perforación cuenta con la siguiente información histórica de los trabajos previos que se desarrollaron:

#### Actividades Principales

- Velocidad de perforación promedio es de 2 metros/hora.
- Tiempo efectivo de perforación 14 horas al día
- Stan By por cierre de accesos 3 horas al día
- Traslados y estandarización se ha estimado en 30 horas al mes

#### Costos Promedio de las actividades<sup>1</sup>

- Metro de Perforación US\$ 100.00
- Hora Operativa US\$ 90.00
- Hora Stand By US\$ 90.00
- Hora Traslados y estandarización US\$ 90.00

En base a la información presentada realizaremos un análisis de la cantidad de metros a perforar con dicho presupuesto, estimando el costo por metro final que se tendría. Tomaremos solo cuatro actividades principales mencionadas para desarrollar el análisis, teniendo los siguientes casos:

**Caso N° 1:** La perforación se desarrolla de manera tradicional con una gestión en la cual el Cliente y el Contratista se reúnen una vez al mes para los efectos de valorizar los metros perforados. En base a los datos históricos tenemos que en promedio el contratista invierte 14 horas al día en perforar, teniendo 10 horas de otras actividades detallados en el cuadro:

**Tabla 2: Estructura de montos**

Actividad	Unidad	Costo	Horas Día	Horas Mes	Metros Día	Metros Mes	Total \$
Perforación	Metros	\$ 100	14	420	28	840	\$ 84,000
Horas Operativas	Horas	\$ 90	6	180	0	0	\$ 16,200
Stand-By	Horas	\$ 90	3	90	0	0	\$ 8,100
Traslados y Estandarización	Horas	\$ 90	1	30	0	0	\$ 2,700

<sup>1</sup> Los costos mencionados son aproximados específicamente para este ejercicio y no representan en ningún caso un rango de costos del mercado, pues como se mencionó el precio del metro de perforación es muy variable y dependen de las condiciones y requerimientos para la ejecución de la perforación.

Total	\$	111,000
\$/m	\$	132

Fuente: Elaboración Propia, 2020, todos los montos han sido cambiados por ser datos confidenciales.

Al cabo de un mes de 30 días se perforo 840 metros, con un costo final de US\$ 111,000. Con lo que el costo final del metro de perforación diamantina es de US\$ 132.00 por metro.

**Caso N° 2:** En este escenario mediante la aplicación de la metodología ágil, el cual a analizado la data histórica el equipo ha conseguido optimizar el tiempo de las otras actividades para incrementar el tiempo de perforación. Con ello obtuvieron una reducción de 2.5 horas con lo que el tiempo para perforar paso de 14 a 16.5 horas al día.

**Tabla 3: Estructura de montos aplicando la gestión ágil**

Actividad	Unidad	Costo	Horas Día	Horas Mes	Metros Día	Metros Mes	Total \$
Perforación	Metros	\$ 100	16.5	495	33	990	\$ 99,000
Horas Operativas	Horas	\$ 90	5	150	0	0	\$ 13,500
Stand-By	Horas	\$ 90	2	60	0	0	\$ 5,400
Traslados y Estandarización	Horas	\$ 90	0.5	15	0	0	\$ 1,350
Total							\$ 119,250
\$/m							\$ 120

Fuente: Elaboración Propia, 2020, todos los montos han sido cambiados por ser datos confidenciales.

Al cabo de un mes de 30 días se perforo 990 metros, con un costo final de US\$ 119,250. Con lo que el costo final del metro de perforación diamantina es de US\$ 120.00 por metro.

### **Análisis del ejemplo.**

En caso N°1 nos representa una gestión en la que el contratista y el cliente no desarrollan sinergias y cada uno trabaja por separado, siguiendo el plan inicial de perforación propuesto.

El caso N°2, bajo la metodología ágil se constituye un equipo multidisciplinario, el cual se encarga de identificar oportunidades en el proceso de perforación diamantina en aquellas actividades que tienen costos variables y aplicando técnicas de

retroalimentación constante, oportunidades de mejora, lecciones aprendidas, e identificando las causas de los retrasos. Se toma acción en coordinación con el contratista para mejorar todo aquel proceso que presente una oportunidad de optimizar, se consigue disminuir el tiempo de las actividades complementarias a la perforación y el tiempo ahorrado pasa a sumar al tiempo de perforación. Con acciones para cada actividad que podemos ver en la Figura 4.

**Figura 4: Cuadro esquemático de actividades bajo la gestión ágil.**



*Fuente: Elaboración Propia, 2020, todos los montos han sido simulados.*

- Capacitación, tener personal capacitado y calificado permite mejorar los conocimientos y habilidades de las personas, minimizando el riesgo de fallas operativas con la consecuente pérdida de los sondajes durante el proceso de perforación.
- Mejora de Insumos, para la perforación diamantina la mejora de insumos puede impactar directamente en tener un fluido de perforación que cumpla con su función de limpiar el pozo de perforación y mantenga estable la pared, minimizando el riesgo de atrapamientos por derrumbe del pozo.
- Interferencias operativas, la planificación y coordinación con las otras áreas que interactúen con las actividades de perforación es vital en este punto la comunicación para ello en las reuniones diarias se deben hacer seguimiento a todas las interacciones.
- Disposición de áreas, es importante planificar la distribución de todos los componentes de la perforación antes del ingreso de la maquina sobre todo si dentro de la plataforma se ejecutaran diversos sondajes con distintos azimuts, esta planificación previa conducirá a un ahorro de tiempo y no mover innecesariamente los demás componentes.

Por tanto, continuando con el análisis, si tuviese un presupuesto de US\$2,000,000 y con los datos obtenidos en ambos casos se tendría que: En el Caso 1 con el presupuesto que se tiene podríamos hacer alrededor de 15,135 metros a un costo de US\$ 132.00 el metro, sin embargo en el Caso 2 vemos que una gestión ágil enfocado en optimizar actividades recurrentes nos permitiría obtener un mayor beneficio con los mismos recursos que se cuentan, en este caso obtendríamos 16,604 metros a un costo de US\$ 120.00 el metro, siendo un incremento del 10% en el metraje deseado, es decir

tendríamos un 10% más de información ya que recordemos que el objetivo de la perforación es obtener muestras para el análisis y estudio.

**Figura 5: Cuadro comparativo Caso N°1 Vs. Caso N°2**

Budget (DDH)	Caso	\$/m	Total De Metros
\$2,000,000	Caso N° 1	\$ 132	15,135
	Caso N° 2	\$ 120	16,604



**Hacer Mas, con lo  
Mismo**

*Fuente: Elaboración Propia, 2020.*



## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

### 4.1 Lo tradicional Vs. La Agilidad

Tabla 4: Lo Tradicional vs. La Agilidad

Tradicionales	Metodología Ágiles (Scrum – Kanban)
Tiene como base normas provenientes de estándares. Tiene poca flexibilidad ante los cambios.	Tiene como base el manifiesto ágil. Es ideal para soportar los cambios durante el proyecto.
Tiene procesos mucho más controlados y rigurosos con numerosas políticas y normas	Tiene procesos menos controlados, con pocos principios los cuales son realizados por el equipo
Tiene mayor número de roles, grupos más grandes.	Son pocos los roles, todos trabajando en el mismo lugar.
Funciona mejor con proyectos con poca incertidumbre.	Es ideal en proyectos con mayor incertidumbre.

### 4.2 Porque La Agilidad a Través de Scrum y Kanban

Scrum nos define 3 roles: Dueño del Proyecto (Product Owner), es el que establece la visión y prioridades del proyecto, el equipo Scrum, es el que ejecuta las actividades del proyecto y el Scrum Master, viene a ser el facilitador el cual lidera el proceso.

En cambio, Kanban no establece ningún rol en lo absoluto. Siendo mucho más intuitivo y de fácil aplicación y comprensión por el equipo de gestión.

En Scrum y Kanban, se pueden agregar tantos roles adicionales como desee. Pero es importante tener claridad al momento de asignar un rol adicional para que sus funciones no entren en conflicto con otros roles produciendo un doble esfuerzo o si es un proyecto muy pequeño puede llevar a una optimización insuficiente para una micro gestión.

Estoy convencido que cada vez que surgen cambios estos pueden traer oportunidades de mejora, cuando vemos que las interacciones con otras actividades del entorno extractivo minero aumentan o cuando cada vez el tema de perforación en proyectos Greenfield es más sensible a temas ambientales y sociales. Nos encontramos ante situaciones que exigen una respuesta adecuada del equipo que lidera la actividad de perforación, para así disminuir los problemas que ocasionaban los stand-by,

mantenimientos correctivos, horas improductivas, falta de repuestos entre otras. Que se irán suscitando a medida que avanzamos en el proyecto.

La metodología ágil a pesar de ya existir desde hace algunos años, aún se piensa que solo era para proyectos informáticos donde hay diversos proyectos que han probado su valor. Sin embargo, fuera del campo informático su aplicación si bien es poca, está aumentando y generando interés como una nueva herramienta más para gestionar los proyectos. En nuestro país no hay muchos reportes ni antecedentes de la aplicación de la metodología Scrum fuera de los proyectos informáticos. La metodología Scrum junto con la del Kanban tienen un potencial para aplicarlo en diversos proyectos y actividades de la industria minero-energética, pues su aplicación y entendimiento es simple y adaptativo, basado en las experiencias y el potencial de las personas motivadas en encontrar soluciones y adaptarse a situaciones que nos obligan a pensar fuera de la caja y dar resultados rápidos.

La gestión Ágil no reemplaza la gestión tradicional, viene a ser un complemento adaptativo con el cual los equipos de trabajo pueden mejorar sus aptitudes y relaciones interpersonales generando sinergias que a su vez contribuyen al éxito de los proyectos, superando restricciones e incertidumbres que no siempre la gestión tradicional de los proyectos de perforación es capaz de anticipar.

Empecemos a darle velocidad de reacción, flexibilidad a los planes seguimiento a las tareas a través de los Spring para revisar cualquier distorsión que afecte a los objetivos, incentivando la cultura de mejora continua y lecciones aprendidas, para que de esta manera las iniciativas puedan fluir adecuándonos a los cambios que se podrían dar durante el desarrollo de las actividades de perforación diamantina, con el uso del Scrum - Kanban, como metodología de gestión, podemos:

- Brindar una alternativa a la perforación durante el desarrollo de actividades en paralelo a las de minado.
- Lograr optimizar el ciclo de la perforación.
- Mejorar la precisión de los objetivos a perforar.
- Cumplir con el programa de perforación.
- Optimizar los recursos para lograr un mejor resultado con los mismos recursos.
- Generar un ambiente de trabajo seguro y controlado.

### **4.3 Buenas Practicas**

Para mejorar las buenas prácticas de manera eficiente en los proyectos, y de esta forma conseguir que nuestros proyectos sean exitosos, debemos enfocarnos en promover y revisar de manera constante las buenas prácticas y ver como estas van evolucionando y adaptándose en nuestros proyectos. Si tomamos como referencia las enseñanzas de Henry Ford y su modelo de producción en masa, vemos que la evolución de gestión de proyectos está en un camino que busca la mejora del proceso sin que esto incurra en un aumento de costo o recurso para los equipos, es ahí donde encaja la gestión de proyectos bajo las metodologías ágiles.

Por tanto, podemos decir que un proyecto se considera exitoso si cumple de manera eficiente con el presupuesto planificado, el cronograma establecido, un servicio y producto de calidad, si sostenible y satisface las expectativas del cliente.

Algunas buenas prácticas que podemos generar en las actividades de perforación serian:

- Mejorar los tiempos de acondicionamiento
- Mejorar la selección de aditivos
- Revisión periódica de la tubería de perforación
- Contar con un 30% de repuestos críticos
- Seleccionar las brocas adecuadas acorde al terreno a perforar.
- Capacitar periódicamente al perforista.

Los procesos de gestión de calidad con estructuras matriciales, debemos buscar que este flujo sea continuo complementando y alineando la metodología ágil, que nos permita brindar un servicio de calidad. (Gen03, 2021)

En este aspecto el tiempo viene a ser un valor agregado el cual hace que nuestro producto tenga un valor debido a información temprana y pueda permitirnos cambiar las prioridades a medida que avanzamos en conocimiento e información de lo que vamos perforando y aprendiendo durante en el desarrollo del proyecto.

### **4.4 Conclusiones Y Recomendaciones**

Si tomamos mayor atención a la formación de un buen equipo de trabajo y las comunicaciones de este grupo de personas, podemos lograr resultados efectivos y alineados a los objetivos planificados del proyecto, puede ser más beneficioso que si solamente implementamos los procesos.

Tener buenas prácticas y un historial de lecciones aprendidas ayuda a este proceso, sin embargo, la gestión ágil optimiza la toma de decisiones en periodos cortos que afectan una parte del proceso y resultan en una suma para cumplir con el objetivo.

La aplicación de la gestión ágil no sustituye la gestión tradicional es más bien una herramienta mucha más fácil de aplicar y de dirigir en equipos pequeños de personas, fomentando el aprendizaje y la retroalimentación, es una metodología cuyo valor principal lo dan las personas. Y considero que puede ser una herramienta para otras áreas de la actividad minera.

Los métodos ágiles a veces se denominan métodos ligeros, especialmente porque tienden a ser menos restrictivos en comparación a los métodos tradicionales. De hecho, según lo indicado en el manifiesto ágil tenemos que el primer principio es “Personas e interacciones sobre procesos y herramientas”.

Usar las herramientas de gestión adecuadas nos ayudará a tener éxito en el proyecto, sin embargo, esto no garantiza el éxito. Combine y mezcle las herramientas de gestión que necesita. Muchos equipos que utilizan el Kanban tienen reuniones o sprint diarios (del Scrum). Utilice lo que funcione para usted.

Podemos decir que las herramientas Scrum y Kanban son prácticos de forma tal que podemos experimentar y adaptar el proceso al entorno de nuestro trabajo. En realidad, tenemos que de cierta forma experimentar y adaptar si deseamos tener éxito. Scrum y Kanban nos proporcionan un conjunto de reglas y límites para mejorar nuestros procesos, no nos darán las respuestas, haciendo que cada equipo ágil tome y adapte estas herramientas a la realidad de su entorno.

## BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Acosta, R. (2014). *Metodología para la definición de fases a partir de un secuenciamiento de bloques en un rajo abierto*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/116878>

Alexander Menzinsky & Gertrudis López & Juan Palacio. (2016). *Scrum Manager*.

Alfaro, M. (2009). *Efecto de la Aplicación de Leyes de Corte en el Cálculo de un Programa de Producción*. Obtenido de Repositorio Académico de la Universidad de Chile: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103387/cf-alfaro\\_mc.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103387/cf-alfaro_mc.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Australian Drilling Industry Training Committee Limited. (1997). *Drilling: the manual of methods, applications, and management*. CRC Press.

Bermejo, M. (2011). *El Kanban*. Barcelona, España: UOC.

Calderón, A., & Rebaza, J. V. (2007). *Metodologías ágiles*. Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

Canós, J., Letelier, P., & Penadés, M. C. (2003). *Metodologías ágiles en el desarrollo de software*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Christopher Handscomb, Christiaan Heyning, and Jannik Woxholth. (2019). Giants can dance: Agile organizations in asset-heavy industries. *McKinsey & Company*, 2.

Cristopher, D. P. (2017). *Planificación Minera a Cielo Abierto Considerando Diseño Optimo de Rampas*. Obtenido de Universidad De Chile: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146684/Planificaci%C3%B3n-minera-a-cielo-abierto-considerando-dise%C3%B1o-optimo-de-rampas.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Donoso Muñoz, M. J. (2014). El mercado del cobre chileno frente a la problemática financiera internacional. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. Vol 22 N°1, 99-115.

Fernández, J. (2013). *Introducción a las metodologías ágiles. Otras formas de analizar y desarrollar*. España: Universitat Oberta de Catalunya.

Gabriel Palomino & Wendy Trelles. (2019). *Plan Estratégico de Credicorp Capital Sociedad Agente de Bolsa S.A.* Ica: Centrum PUCP.

Galdames, B. (2015). *Apuntes Curso Gestión de Operaciones Mineras*. Santiago,; Departamento de Ingeniería Civil de Minas, Universidad de Chile.

- Gen01. (21 de Junio de 2021). Gestión de la Perforación Diamantina. (J. Becerra, Entrevistador)
- Gen02. (24 de 06 de 2021). Gestión De la Perforación Diamantina. (J. Becerra, Entrevistador)
- Gen03. (25 de 06 de 2021). Gestión de la Perforación Diamantina. (J. Becerra, Entrevistador)
- Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.* (2013). Newtown Square, Pensilvania 19073-3299 EE.UU.: Project Management Institute, Inc.
- Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos: Guía del Pmbok.* (2017). Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 EE.UU: Project Management Institute.
- Hinrichsen, C. (2015). *Planificación Minera de Largo Plazo: ¿Táctica o estratégica? Perspectiva N°9.* Obtenido de Gestión y Economía Minera Ltda: <https://perspectivagem.files.wordpress.com/2015/04/persp9-marzo2015.pdf>
- Ken Schwaber & Jeff Sutherland. (2020). *La Guía Scrum.*
- Kniberg, H., Skarin, M., de Mary Poppendieck, P., & Anderson, D. (2010). *Kanban y Scrum—obteniendo lo mejor de ambos.* ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA: C4Media Inc.
- Limited, A. D. (1997). *Drilling: the manual of methods, applications, and management.* New York: Lewis Publisher.
- Lledó, P. (2012). *Gestión Ágil de Proyectos: Lean Project Management.* Estados Unidos.
- Martínez, Juan Ignacio & Comino López, Miguel. (2018). El Método Ágil Scrum, Evolución y Aplicación en la Administración de Proyectos. *22nd International Congress on Project Management and Engineering*, 1 - 17.
- Pees, S. T. (2004). *Inventor and History.* Obtenido de Oil History: <http://www.petroleumhistory.org/OilHistory/pages/Diamond/inventor.html>
- Project Management Institute.* (21 de 06 de 2020). Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre: [https://es.wikipedia.org/wiki/Project\\_Management\\_Institute](https://es.wikipedia.org/wiki/Project_Management_Institute)
- Rivas, H. P. (2019). Modernas tecnologías para la exploración petrolera: estudio histórico. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E21), 237-253.
- Schwarz, M. (13 de 2 de 2013). *Perforación diamantina de proyectos mineros.* Obtenido de Blog sobre Minería, Industria, Inversiones y Finanzas, Gestión de Operaciones y Proyectos Mineros: <http://max-schwarz.blogspot.com/2013/02/perforacion-diamantina-de-proyectos.html>

- Scott, D. (s.f.). Obtenido de [http://pdc-guru.com/uploads/2/8/7/9/2879895/daw\\_d-scott\\_history-and-impact-of-synthetic-diamond-cutters-in-og.pdf](http://pdc-guru.com/uploads/2/8/7/9/2879895/daw_d-scott_history-and-impact-of-synthetic-diamond-cutters-in-og.pdf)
- Scott, D. (2006). *The History and Impact of Synthetic Diamond*. Obtenido de ResearchGate: [http://pdc-guru.com/uploads/2/8/7/9/2879895/daw\\_d-scott\\_history-and-impact-of-synthetic-diamond-cutters-in-og.pdf](http://pdc-guru.com/uploads/2/8/7/9/2879895/daw_d-scott_history-and-impact-of-synthetic-diamond-cutters-in-og.pdf)
- Silvestre, J. J. (2014). *App Web SCRUM*. Universidad Politecnica de Catalunia.
- Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986). *The new new product development game*. Obtenido de Harvard business review: <http://damiantgordon.com/Methodologies/Papers/The%20New%20Product%20Development%20Game.pdf>
- The Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. (2012). *JORC Code*. Obtenido de [http://www.jorc.org/docs/JORC\\_Code\\_2012\\_Spanish\\_translation\\_March\\_2018.pdf](http://www.jorc.org/docs/JORC_Code_2012_Spanish_translation_March_2018.pdf)
- Thompson, R & Visser, A. (2006). Mine Machine Productivity 2006. En R. Thompson, *Employing best practice in constructing, designing, monitoring and maintaining haul roads*. (págs. 1-9). Perth, Western Australia.
- Trigás Gallego, M. (2012). *Metodologia scrum*. Obtenido de Openaccess.uoc.edu: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/17885/1/mtrigasTFC0612memoria.pdf>
- Vasquez, A. T. (2016). *Analisis y Mejora de la Calidad en el Proceso de Perforacion Diamantina Utilizando la Metodologia DMAIC*. Chile: Universidad Andres Bello.
- Whittle, D. (2011). *Open Pit Planning and Design*. En P. Darling (Ed.), *SME Mining Engineering Handbook*. E.E.U.U.: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Williamson, D. (2013). *Fundamentos de los fluidos de perforación*. Obtenido de Academia.edu: [https://www.academia.edu/11281445/Fundamentos\\_de\\_los\\_fluidos\\_de\\_perforaci%C3%B3n](https://www.academia.edu/11281445/Fundamentos_de_los_fluidos_de_perforaci%C3%B3n)
- Zender, Y. O. (2017). *Scrum En Proyectos De Construcción*. Perú.