



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ETAPAS CRÍTICAS EN EL DISEÑO DE UN PLAN DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN UNA CAMPAÑA DE PERFORACIÓN GEOLÓGICA

CORA TRIANA RAMÍREZ

PROFESOR GUÍA: PAUL BOSCH, PhD y HÉCTOR VALDÉS GONZÁLEZ, PhD

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

SANTIAGO – CHILE
2024



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ETAPAS CRÍTICAS EN EL DISEÑO DE UN PLAN DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN UNA CAMPAÑA DE PERFORACIÓN GEOLÓGICA

POR: CORA TRIANA RAMÍREZ

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESOR GUIA: Paul Bosch, PhD y Héctor Valdés González, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 1: Lorenzo Reyes-Bozo, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 2: José Luis Salazar N., PhD

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y de
Sistemas

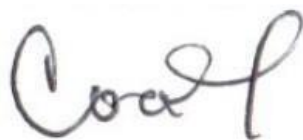
Marzo, 2024

Santiago, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado: **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ETAPAS CRÍTICAS EN EL DISEÑO DE UN PLAN DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN UNA CAMPAÑA DE PERFORACIÓN GEOLÓGICA**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría (o co-autoría) y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.



CORA TRIANA RAMÍREZ

Firma

Este trabajo lo dedico ...

*A mis papás Álvaro Martín (QEPD) y Adelaida; a mi hija María Juliana y a mi nieta perruna
Almendra Yohana.*

Los amo con toda mi alma.

Gracias por ser mis más fieles porristas en cada etapa y desafío.

Papito... mi amor y gratitud hasta el cielo... ¡al mejor Papá del mundo!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por permitirme cursar y culminar este programa académico.

Agradezco a la Virgen de Guadalupe, mi Madre Celestial y mi ejemplo de mujer líder intachable.

Agradezco a los profesores de la Universidad del Desarrollo, que me instruyeron en esta etapa, especialmente al profesor Héctor Valdés González por su profesionalismo, paciencia, orientación, consejo y enseñanzas.

Agradezco al personal administrativo y la coordinación del programa, por su amabilidad, entrega y eficiencia.

Agradezco a los compañeros de la cohorte y a mis compañeros en la faena minera, que aportaron a este trabajo desde su experiencia y formación.

Agradezco a mis papás, maestros en lo académico y en la vida.

Agradezco a mi familia y amigos en Colombia y en Chile por el apoyo, la confianza, la comprensión y el cariño.

Agradezco a Colombia, por ser mi amada tierra natal y por haber dado un hogar con base en los valores, la educación, el amor y la fe.

Agradezco a Chile, mi segunda Patria, “el país de las oportunidades”, que nos acogió a mi hija y a mí sin hacernos sentir alguna vez extranjeras.

Agradezco a La Serena, nuestro hogar por elección.

Agradezco a la empresa a la cual pertencí hasta hace poco, KGHM Chile SpA por vincularme a su programa de continuación de estudios en su momento, por el apoyo financiero, por la confianza y por facilitarme las condiciones en esta etapa académica.

Agradezco a las escuelas, por donde he tenido el honor de pasar y que tanto han aportado a mi crecimiento profesional y personal: la Escuela Urbana Bolívar (Ábrego – Colombia); el Colegio Santa Bárbara (Ábrego – Colombia); la Universidad Industrial de Santander UIS (Bucaramanga – Colombia); la Universidad Santo Tomás (Bogotá – Colombia); el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC (Bogotá – Colombia) y la Universidad del Desarrollo UDD (Santiago de Chile).

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ETAPAS CRÍTICAS EN EL DISEÑO DE UN PLAN DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN UNA CAMPAÑA DE PERFORACIÓN GEOLÓGICA

CORA TRIANA RAMÍREZ

Bajo la supervisión de los Profesores Paul Bosch y Héctor Valdés González, PhD, en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

Este trabajo ofrece un análisis de las etapas cruciales que impactan los datos más relevantes producidos en los procesos de perforación comunes en las operaciones mineras del Norte de Chile. Dichos datos son proveídos a las áreas encargadas de construir el modelo geológico, el cual es la base para la valorización económica de un yacimiento minero. El objetivo de este trabajo es proponer una metodología para la definición de etapas críticas del proceso, aportando así a la garantía de la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero. Para lograrlo, se propone una aproximación mixta, cualitativamente basada en entrevistas semiestructuradas a 16 informantes claves para la comprensión de cómo y porqué se definen las etapas críticas, lo que además se complementó con una pauta cuantitativa para la evaluación de la criticidad de cada una de estas etapas. Posteriormente, se llevó a cabo un *focus group* para verificación y discusión de los hallazgos. De esta manera se determinan las etapas críticas, sobre los cuales se deben diseñar e implementar medidas efectivas de control. Los datos muestran que, al evaluar las 17 etapas preestablecidas, los siguientes se posicionan como las más críticas: perforación, geología, muestreo, análisis químico, preparación mecánica y almacenamiento e inventario de muestras; soportadas por un proceso de aseguramiento y control de calidad entendido como transversal a lo largo de la cadena de valor. Se evidencia la necesidad de sumar las siguientes 4 etapas que no se habían considerado en un principio: planificación y etapa de licitación y compromisos contractuales; base de datos; modelamiento geológico; estimación de recursos. Adicionalmente, se revela la necesidad de invertir recursos y esfuerzos en tecnología, infraestructura y en el involucramiento y capacitación del personal de todos los niveles; para el fortalecimiento de la garantía de los entregables en los procesos, y que estos cumplan a nivel auditable. En síntesis, la metodología propuesta, permite identificar las etapas más críticas y proponer de qué manera se logra que la información y las muestras generadas de la campaña de sondaje, sean auditables y aporten al cumplimiento de los estándares de las normas internacionales.

Palabras clave: mejora continua, trazabilidad de la información, auditabilidad de reservas y recursos mineros, gestión del talento humano, minería chilena.

HIGHLIGHTS

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ETAPAS CRÍTICAS EN EL DISEÑO DE UN PLAN DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN UNA CAMPAÑA DE PERFORACIÓN GEOLÓGICA

CORA TRIANA RAMÍREZ

- Propone una metodología para la definición de etapas críticas del proceso
- Aplica aproximación mixta complementada por un *focus group*
- Considera opiniones de 16 personas con experiencia específica en minería en Chile
- Muestra que la definición de etapas críticas del proceso aporta a entrega auditable
- Logra información y muestras auditables y acordes a estándares internacionales

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	10
1.1	LA DEFINICIÓN DE ETAPAS CRÍTICAS DEL PROCESO COMO PUNTO DE PARTIDA DE UN PLAN DE CALIDAD.....	11
1.2	BREVE DISCUSIÓN DE LA LITERATURA	11
1.3	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	17
1.4	OBJETIVO GENERAL	17
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i>	17
1.5	PROPUESTA METODOLÓGICA	18
1.6	ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO.....	21
2	INFORMACIÓN Y RESULTADOS	23
2.1	PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	23
2.2	PROCESO DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN	26
2.3	LOS DATOS RECOGIDOS:	26
2.4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	28
2.5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
2.6	METODOLOGÍA PROPUESTA:.....	46
3	ARTÍCULO	48
4	CONCLUSIONES GENERALES	71
4.1	PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS.....	72
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
6	ANEXO: REPORTE DE PLAGIO.....	77
7	ANEXO: xxxxxx.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CATEGORÍAS DE RESPUESTAS (FUENTE DE ELABORACIÓN PROPIA)	26
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1. RESULTADO DE ENTREVISTA ORAL (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	33
FIGURA 2. RESULTADOS DE APLICACIÓN DE LA PAUTA CUANTITATIVA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)	33
FIGURA 3. RESULTADOS DE FOCUS GROUP (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	33

1 INTRODUCCIÓN

A través de la historia, la extracción de minerales ha proporcionado condiciones para el avance y mejora en la calidad y el estilo de vida de los seres humanos.

En el caso específico de los metales, estos son utilizados en las operaciones de construcción, electrónica, educación, desarrollo automotriz, medicina y áreas de la salud y relacionadas, tuberías, como insumo a la agricultura, purificación del agua y hasta en temas más domésticos como utensilios de cocina y productos de belleza.

Chile es reconocido mundialmente por su gran desarrollo en la industria minera y por tener yacimientos de alta ley. A su vez, la minería es una de las bases económicas del país, lo que se traduce en gran medida en provisión de empleo y generación de progreso.

Frecuentemente, profesionales e inversionistas de diversas partes del mundo se dirigen a Chile en busca de mejores condiciones para invertir, aprender y trabajar; en minería.

Es por lo expuesto precedentemente que queda en evidencia la necesidad de una constante evolución de la industria minera a nivel cultural, operativo, de seguridad, salud ocupacional, eficiencia y calidad de los productos finales.

Uno de los grandes pilares de la minería es la geología y su área de modelamiento y estimación de recursos, desde donde se proponen nuevos targets de exploración y explotación. Las nuevas propuestas, surgen de los resultados geoquímicos que se obtienen como producto de las investigaciones y análisis hechos a muestras que se obtienen, generalmente, por medio de sondajes extractivos.

Estos resultados además de constituir un valioso insumo científico son la base para la cotización en la bolsa de valores internacionales, instancia donde se presentan las mineras que deseen entrar a ser valoradas y cumplir con los estándares internacionales; y es este aval el que da confianza a posibles inversionistas.

Los códigos y normas que regulan los requerimientos de las bolsas de valores exigen normalización, orden y entregables en categoría de auditables, por lo cual es necesario apoyarse en herramientas como los planes de calidad, los cuales constituyen una alternativa para documentar los procedimientos y protocolos de las operaciones, de manera que se logre su estandarización. Adicionalmente, los planes de calidad aportan a la formalización de los

registros de los procesos y a la realización de la mejora continua y del desarrollo del talento humano.

Uno de los pasos previos para el diseño de un plan de calidad y su posterior implementación, es definir las etapas críticas del proceso global. Es decir, las etapas que al presentar alguna falla causan mayor impacto en los objetivos estratégicos y operacionales.

Esta definición de etapas críticas, idealmente, debe generarse con la opinión y criterio de personas con formación y experiencia específica, que conozcan los procesos en campañas de perforación con fines de investigación geológica.

Por otra parte, para cualquier proceso de calidad, de cualquier rubro, el factor humano es determinante de éxito. El vincular al personal, capacitarlo constantemente, hacerlo parte de los objetivos y valorar desde la Alta Dirección el gran y único aporte de quienes tienen experiencia en terreno y en condiciones reales.

Resumiendo, la evolución de la minería chilena no es opcional y nos puede brindar interesantes y enriquecedoras experiencias como personas y profesionales, a nivel individual y colectivo.

1.1 La definición de etapas críticas del proceso como punto de partida de un plan de calidad

Entendida esta realidad, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cuáles son las etapas críticas en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica de manera que con esta definición se aporte a la garantía de la calidad información que ingresa al proceso de modelamiento y estimación de recursos?

En efecto, las campañas de perforación con fines de análisis geológicos en los yacimientos mineros requieren de un análisis de los puntos críticos del proceso cuyos resultados sirvan de base a la propuesta de implementación de medidas que fortalezcan la calidad de la información y las muestras físicas que se generan en el proceso.

1.2 Breve discusión de la literatura

Dentro de los sondajes de perforación, que tienen lugar en la industria minera, se encuentran aquellos que se llevan a cabo con el fin de obtener muestras del yacimiento minero, que son

sometidas a análisis y cuya información generada se utiliza en estudios químicos y geológicos.

Típicamente, en una fecha establecida dentro del año, el líder del equipo de geología junto a sus colaboradores, hacen la planificación de las áreas de la propiedad minera, en la cual se efectúan los sondajes de perforación ya mencionados. Durante dicha vigencia anual, se llevan a cabo estas operaciones y se generan los productos (tangibles e intangibles) objeto de análisis y discusión en el presente proyecto.

En el proceso de obtención de estas muestras y información relacionada a estas, participan técnicos y profesionales expertos, de diversas disciplinas y que intervienen en etapas diferentes e interconectadas entre sí.

Documentos tales como la norma canadiense NI 43-101 y el código australiano JORC (Joint Ore Reserves Committee), constituyen normativas internacionales, que establecen las pautas para la preparación de informes dirigidos a bolsas de valores, documentos esenciales para evaluar la viabilidad financiera y para maximizar el valor de los activos mineros de las empresas (Carrasco & Mayorga, 2021).

Los planes de calidad son los documentos en los cuales se plasman los lineamientos de cómo hacer los trabajos y operaciones. Y es justamente un plan de calidad la herramienta idónea a implementar en una campaña típica de perforación con fines de investigación geológica y en los cuales, además, se establecen las características que deben tener los productos y entregables de dichas operaciones, de manera tal que se consideren correctamente obtenidos y por tanto entren en categoría de “auditables” (Ordinola, 2021).

Para el cumplimiento de este propósito es necesario determinar cuáles son las variables claves que facilitan la implementación de un programa de aseguramiento y control de calidad en los puntos críticos de la cadena de valor de una campaña de sondajes para geología. Con el fin de llegar al nivel deseado, se requiere, en primer lugar, de un sondeo a nivel cultural, acerca de la percepción del personal y de las condiciones para diseñar un plan de calidad. Adicionalmente, se necesita un análisis de los puntos críticos del proceso.

En resumen, es necesario hacer un análisis de las etapas críticas dentro de la cadena de valor e implementar medidas de aseguramiento y control de calidad, con el fin de fortalecer la

trazabilidad de la información y garantizar la calidad de las muestras físicas que se generan, como producto de los procesos.

Este trabajo investigativo es encabezado por el proceso de aseguramiento y control de calidad, con la participación de las personas que lideran los procesos en terreno y de geólogos o ingenieros senior.

El impacto de la calidad de la información es tal, que garantiza la aceptación de la bolsa de valores respecto a la estimación de reservas y recursos minerales del yacimiento (Carrasco, 2022).

Es por esto, que se considera fundamental la definición de las medidas que sean necesarias, para el logro del cumplimiento de la norma y por tanto la obtención de una data de la cual se garantice calidad exigida internacionalmente.

Aseguramiento y control de calidad en exploración geológica

El aseguramiento y control de la calidad tienen como elemento inherente el mejoramiento continuo (Rincón & Aldana, 2021), el cual a su vez resulta en impactos positivos en el cumplimiento de los requisitos establecidos para cada entregable, eficacia y rentabilidad de los procesos (Lay-De-León et al., 2022).

Se considera que los objetivos de un buen programa de aseguramiento y control de calidad en exploración geológica se resumen en evitar el ingreso de errores de impacto a la base de datos utilizada para el modelamiento y estimación de recursos; demostrar que el muestreo se ejecutó de forma correcta y garantizar que se cuenta con una buena información geológica (Alaina, 2023). De esta manera se da fe de que la calidad de la información en la que se basa el modelo de recursos pueda ser confirmada, por equipos auditores y evaluadores externos.

El aseguramiento y control de calidad en minería, tiene antecedentes históricos, como lo es el conocido caso Bre-X, en el cual hubo inversionistas que fueron estafados por geólogos inescrupulosos que alteraron el contenido de oro de las muestras que se enviaron al laboratorio de análisis químico, para luego promocionar y vender acciones de una mina en Indonesia, como si tuviesen un valor superior al real (Villacorta & Mansur, 2023).

Al descubrirse esta situación se convirtió en un escándalo de grandes proporciones mediáticas, económicas y legales; de la cual se derivó la conclusión de que es necesario que

todas las compañías mineras que aspiren a hacer explotación deben cumplir con una serie de requisitos y normas auditables, dentro de las que actualmente se encuentran el código australiano JORC y las Norma Canadiense NI 43.101. (Alaina, 2023).

En la actualidad encontramos algunos modelos de implementación de sistemas de aseguramiento y control de calidad en minería tales como los descritos por Alania (2023), en minera Chungar; y por Rojas (2019), en la unidad minera Toquepala; ambas en Perú.

El talento humano como factor clave en el logro de objetivos de calidad

Es un hecho demostrado que el personal en terreno constituye el grupo de quienes desempeñan un papel fundamental en la consecución de objetivos típicos de los planes de calidad en cualquier rubro de la industrial, tales como: la reducción de tiempos operativos, el mejoramiento de la eficiencia operativa y la gradual eliminación de cualquier error derivado de la actividad (Lay-De-León et al., 2022).

Es por lo anterior, que se hace necesario el involucrar a los colaboradores en alguna intención que se tenga respecto a implementar un plan de calidad. Este involucramiento implica el fortalecer sus competencias a través de las capacitaciones de los líderes de los procesos (Escalante, 2021) y de los demás colaboradores de otros niveles jerárquicos.

El impacto que tiene el talento humano en el logro de los objetivos es de tal magnitud que se considera que los niveles de cumplimiento están ampliamente influenciados por la actitud de los empleados y su disposición a adaptarse a los cambios (Lay-De-León et al., 2022).

Garantía de la calidad de información

De manera general se define que la ejecución de un programa de calidad en minería tiene como objetivo asegurar la integridad de la información; es decir, garantizar que los resultados del muestreo y que los datos generados sean confiables. Para esto se diseñan procedimientos y protocolos de muestreo y análisis, en yacimientos mineros, cuyas implementaciones posibiliten la validación y confiabilidad de los recursos a explotar, por medio de recolección de muestras y su posterior etapa analítica. De esta forma se confirma la buena aplicación de los trabajos que se plantearon desde el muestreo hasta el análisis químico (Rojas, 2019).

El correcto diseño e implementación de protocolos en las etapas del muestreo, análisis químico y modelamiento mejoran significativamente la garantía de la calidad de la información y la confianza en la producción que se ha de obtener de determinado yacimiento y de las virtudes que se ofrecen a posibles inversionistas.

En la industria minera y con miras a mejorar el proceso de calidad en el tratamiento de muestras obtenidas por perforación, se recomienda mantener constante supervisión en las etapas del muestreo, además de crear conciencia a todo el personal acerca de la relevancia del programa de control de calidad (Ancalle, 2020).

Por otro lado, es fundamental el conocimiento del modelo geológico que se haya construido con base en la información recopilada en campaña de sondajes anteriores, debido a que esta información permite proponer mejores posturas de los siguientes sondajes de perforación (Ordinola, 2021).

Ahora bien, para la operación de la perforación diamantina como tal, es necesario garantizar la calidad y buen estado de las herramientas y equipos; así como la correcta preparación y uso de los aditivos, como ingrediente de los lodos de perforación (Rivera & Román, 2023).

Por otro lado, es importante incluir la gestión del talento humano como elemento clave para el logro de la garantía de la calidad de la información. Las organizaciones que han implementado la administración del talento lo han realizado con el propósito de fortalecer el alcance de los objetivos estratégicos, al mismo tiempo que lo hacen con el fin de atraer, retener y potenciar el desarrollo de sus colaboradores, especialmente en esta era digital (Paiva, 2023).

Control de calidad y la importancia de las mediciones

Desde el punto de vista de la gestión, es necesario incluir herramientas de medición del cumplimiento de los objetivos de cada proceso, asegurando que se evidencie cuáles son las acciones correctivas y preventivas a tomar. Estas detecciones son una clara fuente de información hacia el diseño y el planteamiento de los controles a implementar para el cumplimiento de los objetivos operacionales y estratégicos de las organizaciones (Uribe, 2019).

El control de calidad tiene como objetivo verificar si las medidas implementadas mediante el aseguramiento de calidad hayan cumplido su propósito. Adicionalmente, el control de calidad permite identificar oportunamente los procesos que requieren algún plan de acción conducente a la mejora.

En concordancia con esto, se afirma que para los procesos de base de datos y el modelamiento y estimación de recursos es fundamental que el control de calidad se encuentre implementado de una manera tal que se hayan detectado posibles fallas y se haya hecho su correspondiente análisis de causas y acciones de mejoras derivadas; dado que es necesario que la información que estos procesos reciben sea totalmente confiable y auditable. (Carrasco, 2022).

Norma internacional NI 43-101 y Código JORC

Con respecto a los proyectos mineros destinados a ser listados en bolsas de valores, estos deben cumplir normas internacionales, las cuales ofrecen marcos aptos para el diseño del control de calidad en muestras recolectadas durante actividades de exploración, como trabajo de campo geológico, perforaciones diamantinas y de tipo aire reverso; dado que permiten garantizar la calidad de la información que ingresa a la base de datos geológica generando valor al proyecto minero (Carrasco, 2022; Alania, 2023; Alonso, 2020).

La norma canadiense NI 43.101 y el código australiano JORC exigen un reporte que abarque información técnica en la cual se describa de forma detallada la forma como se obtuvieron los datos y que se esté en la capacidad de suministrar las evidencias, respaldos y registros de cada etapa (Jallo & Flores, 2023).

Finalmente, y habiendo revisado las principales contribuciones que aportan o han aportado a la línea de trabajo de este proyecto, es posible indicar que una oportunidad de desarrollo se encuentra en el hecho que no existe, para el caso de campañas de investigación con fines de investigación geológica, información suficiente o certeza, respecto de determinación de etapas críticas, dentro del proceso global. Lo que autoriza la siguiente como contribución para este proyecto de grado.

1.3 Contribución del trabajo

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizar este proyecto ha sido la necesidad de determinación de las etapas que generan mayor impacto en el proceso global de una campaña de perforación con fines de investigación geológica, de manera que se pueda dar formalidad a las acciones de mejora continua de cara a la garantía la calidad de los entregables tangibles e intangibles y la información incluida en ellos. Por lo tanto, se propone un análisis que integra puntos críticos identificados en el control sobre las diferentes etapas de la cadena de valor, de manera tal que aporte al diseño e implementación de un programa de aseguramiento y control de calidad en campañas de sondajes. En este sentido este trabajo contribuye a la generación de valor y garantía de la información que se genera en los procesos asociados a las campañas de perforación con fines de investigación geológica.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, este trabajo considera los siguientes como objetivo general y objetivos específicos para este trabajo de tesis.

1.4 Objetivo general

Proponer una metodología para la definición de etapas críticas del proceso, aportando así a la garantía de la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero.

1.4.1 Objetivos específicos

- Diseñar una metodología que permita obtener información acerca de la criticidad de las etapas que componen un proceso.
- Evaluar opiniones y aportes de expertos, a nivel profesional y técnico, en la identificación de las etapas más críticas del proceso global, en una campaña de perforación con fines de investigación geológica.
- Seleccionar las etapas de mayor impacto en una campaña de perforación con fines de investigación geológica.

1.5 Propuesta metodológica

Paradigma y diseño: Luego de delimitado el problema de investigación aplicada, el enfoque que mejor responde al objetivo de este proyecto es una aproximación mixta (Pereira, 2011), cuya primera fase es cualitativa con base en entrevistas individuales (Cortés et al., 2014). La segunda fase es la aplicación de una pauta cuantitativa de evaluación de criticidad de las etapas del proceso global (del Castillo-Serpa et al, 2009; Riquelme, et al, 2023). El diseño descriptivo permite un análisis sistemático de hechos y características que conduce a garantizar la calidad de la información, razón por la cual este tipo de aproximaciones constituye una valiosa fuente de información para conocer la opinión y percepción que miembros de la organización tiene en relación con la temática.

Para la validación del instrumento investigativo, estas dos primeras fases son sometidas a una prueba piloto inicial, con un colaborador de experiencia media; ejercicio del cual se evidencia la necesidad de hacer ajuste del instrumento. Seguidamente, se aplica un segundo piloto, con colaborador de perfil similar, derivando en un segundo ajuste del instrumento. Finalmente, el instrumento es validado por el profesor Guía Héctor Valdés González, PhD.; para su aplicación

En la tercera fase de la investigación, se realiza un *focus group* con expertos (Sánchez-oro & Robina, 2020), cuyo objeto de discusión son los resultados obtenidos en la primera y segunda fase, entendiendo que dicha información permite la determinación de etapas según los objetivos propuestos.

Población sobre la que se efectúa el estudio: Para la entrevista oral (*primera fase*) y la pauta cuantitativa (*segunda fase*), se invitó 16 personas de diferentes niveles académicos y de experiencia en la minería del Norte de Chile, las cual poseían en promedio de 14 años de experiencia (1 año es el valor mínimo y un máximo de 35 de años). De ellos, 100% trabajan para una empresa contratista.

Posteriormente, en *focus group* (*tercera fase*), cinco geólogos senior, analizaron los resultados dados en la primera y segunda fase; y evalúan el impacto de la calidad de la información de los diferentes entregables, en las diecisiete etapas identificadas en total; concluyendo en la escogencia de los cinco más relevantes.

Entorno: el análisis se hace sobre la cadena de valor del proceso, desde la planificación de los sondajes de perforación que dan lugar a la obtención de la muestra en la plataforma de

perforación hasta los análisis químicos y su evaluación estadística; y el almacenamiento e inventario de las muestras.

La descripción y al análisis se centra en yacimientos mineros del Norte de Chile.

Intervenciones: se involucra al personal experto en las diferentes etapas del proceso (en total diecisiete), a fin de conocer los detalles técnicos, experimentales y reales en el trabajo en terreno y la generación de los entregables tangibles e intangibles en cada caso.

Se hace entrevista y se aplica una pauta cuantitativa diseñada para la evaluación de la criticidad de cada una de las diecisiete etapas.

Además, se indaga acerca en la propuesta del control de la implementación en el proceso que participa o ha participado cada persona.

En la primera fase, las preguntas planteadas son abiertas y en concreto son las siguientes. Estas preguntas corresponden a las tres etapas del instrumento investigativo que se describen a continuación:

Etapa 1: caracterización del presente y comprensión de la realidad

1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?
2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?
3. En otras empresas que haya trabajado ¿de qué manera se encontraba implementado el aseguramiento y control de calidad?

Etapa 2: caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación.

4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica?
5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?
6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?
7. ¿De qué manera asegura la calidad del entregable en la etapa que usted participa?

8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minería del norte de Chile?

9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?

Etapas 3: auditorias, cambios y efectos

10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoria como líder de su proceso? ¿Por qué?

Como segunda fase se aplica una pauta cuantitativa diseñada para la evaluación de la criticidad de cada una de las diecisiete etapas del proceso. Las instrucciones para el diligenciamiento de esta pauta, cita como sigue:

“En el marco de una campaña de perforación con fines de investigación geológica, califique el nivel de criticidad de cada etapa de la cadena de valor del proceso. Considerando, en horizontal, que probabilidad hay de que ocurra la falla (de 1 a 5), y que nivel de impacto tendría este evento, en vertical (en caso de que ocurra la falla). Donde 1 es el grado mínimo y 5 es el grado máximo”.

- *Una vez analizados los dos parámetros (vertical y horizontal), coloque una X donde se dé el cruce de las dos calificaciones dadas por usted.*

- *Repita el mismo procedimiento para las 17 etapas planteadas.”*

La multiplicación de las dos puntuaciones dadas, resulta en la calificación de la criticidad para cada etapa.

En la *tercera fase*, cinco geólogos senior, en un *focus group*, analizaron los resultados acerca de la criticidad de las etapas identificadas en las fases investigativas anteriores, concluyendo cuales serían finalmente las cinco etapas críticas del proceso que fue el foco de discusión.

Plan de análisis de los datos: se entregaron los datos documentados en cada fase de la aplicación de la herramienta metodológica de investigación, se determinaron las etapas que se consideraron procesos independientes dentro proceso global y se analizó la criticidad de cada una de estas. Hecho lo anterior, se seleccionaron las cinco etapas con mayor puntaje.

Las acciones y conclusiones del plan de análisis de datos fueron documentados y centralizados por el área de control de calidad.

Las conclusiones obtenidas se convirtieron en objeto de discusión y análisis en un *focus group*, donde participaron 5 geólogos senior, quienes ayudaron a definir finalmente las cinco etapas críticas y dieron opinión experta de la forma como se debía implementar el aseguramiento y control de calidad en estas.

Ética: se establecen compromisos de veracidad y confidencialidad para todos los responsables de proveer a la data y para quienes la evalúen y detecten oportunidades de mejora.

1.6 Organización y presentación de este trabajo

Este trabajo de grado posee cuatro capítulos principales y se organiza como sigue:

Capítulo 1: Presenta el marco conceptual del proyecto, contextualizándolo, proponiendo objetivos y discutiendo desde la literatura la pertinencia del foco de la investigación, su contribución, y presentando a su vez un marco metodológico para su desarrollo e implementación.

Capítulo 2: Asociado a recogida de información, modelos y datos. También explicita resultados.

Capítulo 3: El proyecto de grado, se presenta en formato resumido en un artículo académico que se estructura de la siguiente manera:

1. Título
2. Resumen
3. Introducción
 - a. Aseguramiento y control de calidad en exploración geológica
 - b. El talento humano como factor clave en el logro de objetivos de calidad
 - c. Garantía de la calidad de información
 - d. Control de calidad y la importancia de las mediciones
 - e. Norma internacional NI 43-101 y Código JORC
4. Metodología
5. Resultados
 - a. Análisis de resultados

- b. Discusión de resultados
 - c. Metodología propuesta
6. Conclusiones
 7. Referencias

Capítulo 4: Finalmente las conclusiones generales derivadas de este trabajo, y una dirección para la investigación futura, la cual considera aquellas preguntas no contestadas durante el desarrollo de este trabajo, se presentan en este capítulo.

Referencias bibliográficas

Anexos

2 INFORMACIÓN Y RESULTADOS

Para abordar este trabajo de investigación se ha optado por una aproximación mixta, que permite considerar la siguiente estructura para la presentación de la información y sus análisis:

2.1 Procedimiento de recogida y análisis de datos

Esta investigación analiza al interior de una campaña de investigación con fines de investigación geológica la criticidad de las etapas del proceso global y cuáles de estas se consideran de mayor impacto. Por tal motivo, se llevó a cabo en el año 2023 entrevistas individuales con preguntas abiertas, complementado con una pauta cuantitativa de evaluación de criticidad con la finalidad de recoger información para su posterior análisis en un *focus group*. En particular se solicitó responder preguntas y temáticas, explicando sus ideas y respuestas con sus palabras y en el caso de la pauta cuantitativa asignando valores en escala propuesta y explicada.

El método utilizado en este estudio es de carácter descriptivo, dado que se miden y recolecta información de diferentes aspectos o dimensiones del elemento en la investigación.

Fechas en que se recogieron los datos

- Se hicieron las entrevistas individuales y se aplicó pauta cuantitativa entre el 23 de noviembre de 2023 y 01 de diciembre de 2023.
- El *focus group* se llevó a cabo el 30 de diciembre de 2023.

Coherencia con lo planificado:

Le entrevista propuesta inicialmente, debió ser modificada parcialmente desde el piloteo, agregando y modificando preguntas en sus etapas, para hacerla más precisa y coherente.

Se aplicó el mismo instrumento a todos los intervinientes.

En terreno hubo la necesidad de reagendar a algunas de las personas, debido a que, al estar en faena minera, surgieron en varios casos prioridades de tipo operacional para los entrevistados.

Fortalezas y debilidades del proceso:

Fortalezas:

- Proceso rápido
- Con consentimiento informado y transparencia
- Proceso ético
- Bien recibido por la empresa
- Bien recibido por el personal en terreno
- Se logró entrevistar personal técnico y profesional, con diversos niveles de experiencia y formación
- En el *focus group* se contó con participantes de amplia experiencia y alto nivel
- Permitió dar respuesta a la pregunta de investigación

Las debilidades propias de la investigación de contexto se circunscriben a la conveniencia que hubiese significado el considerar los siguientes elementos:

- La vinculación de personal de otras empresas en las entrevistas
- La inclusión a personas de nivel gerencial en el *focus group*
- El análisis de controles específicos para cada etapa del proceso (comenzando con las etapas críticas determinadas)

Población y muestras

Además de o planteado en el marco metodológico, en la sección de población sobre la que se efectuará el estudio, donde se identifica la muestra, se hace notar que para la selección de participantes se utilizó una muestra no probabilística ya que se seleccionó a profesionales y técnicos dentro de la organización porque se estimó que pudieran tener mayor conocimiento de la materia.

Instrumento.

Como se indicó anteriormente, para recoger información sobre el tema denominado “propuesta metodológica para la determinación de etapas críticas en el diseño de un plan de aseguramiento y control de calidad en una campaña de perforación geológica”, se utilizó el cuestionario con base en tres etapas, una pauta cuantitativa y un *focus*

group. Este cuestionario que sirve en una primera instancia para lograr introducir al entrevistado sobre el tema en mención y su percepción respecto al mismo. En la primera fase, de entrevista oral, el instrumento consta de diez preguntas, todas respuestas abiertas, de la misma forma como se muestra en la tabla siguiente.

1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?
2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?
3. En otras empresas que haya trabajado ¿de qué manera se encontraba implementado el aseguramiento y control de calidad?
4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña de sondeos con fines de investigación geológica?
5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?
6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?
7. ¿De qué manera asegura la calidad del entregable en la etapa que usted participa?
8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minería del norte de Chile?
9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?
10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoría como líder de su proceso? ¿Por qué?

Este cuestionario se aplicó como elemento de consulta durante las entrevistas personales realizadas, previo consentimiento informado. A partir de dichas instancias se provoca un

espacio de conversación en relación con la “propuesta metodológica para la determinación de etapas críticas en el diseño de un plan de aseguramiento y control de calidad en una campaña de perforación geológica”, además de conocer qué conocimientos se tiene con respecto a las normas específicas que se aplican en el control de calidad en minería y en los procesos que cada persona participa.

2.2 Proceso de recogida de información

Como se ha indicado anteriormente, se aplicó un instrumento basado en una entrevista semi-estructurada, a través de un cuestionario de respuestas abiertas las que han permitido agrupar las respuestas por categorías claves, concentrando la información para analizarla posteriormente de forma cualitativa. Adicionalmente, se llevó a cabo una segunda fase donde se aplicó una pauta cuantitativa. Se cerró el proceso de recolección de datos con un *focus group*, en la cual se contó con opinión de profesionales senior.

2.3 Los datos recogidos:

A continuación, se exponen los resultados de las interrogantes planteadas, organizados en categorías según los diversos tipos de respuestas obtenidas.

Tabla 1. Categorías de respuestas (Fuente de elaboración propia)

Preguntas	Categorías
Etapas 1: caracterización del presente y comprensión de la realidad	
1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?	- Cumplimiento de procesos - Proceso clave para el negocio
2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?	- Percepción positiva - Percepción relativa - Percepción variada
3. ¿En otras empresas que haya trabajado de qué manera se encontraba implementado el aseguramiento y control de calidad?	- Controles operacionales - Supervisión - Consultorías externas
Etapas 2: caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación.	

Preguntas	Categorías
<p>4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Planteamiento de recomendaciones - Construcción de plataformas de sondajes - Perforación - Control de sondajes (RC y DDH) - Medición de trayectoria - Topografía - Chequeo a regularización - Fotografía de sondajes - Geotecnia - Geología - Corte - Muestreo - Envío a preparación mecánica - Preparación mecánica - Análisis químico - Control de calidad de leyes químicas - Almacenamiento e inventario de muestras
<p>5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación - Buena comunicación - Chequeos y autochequeos - Mantenimientos - Consultorias
<p>6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración - Competencia - Buena comunicación - Responsabilidad - Disciplina y constancia - Entusiasmo - Capacidad del trabajo en equipo - Capacidad de autocrítica

Preguntas	Categorías
7. ¿De qué manera aseguro la calidad del entregable en la etapa que usted participa?	<ul style="list-style-type: none"> - Revisiones cruzadas - Autochequeo - Revisión de experto - Buena comunicación - Consultorías externas
8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minera del norte de Chile?	<ul style="list-style-type: none"> - Incompetencia del personal a cargo - Sistema de turnos - Se prioriza la cantidad sobre la calidad - Tecnología insuficiente - Talento humano no es prioridad - Mala actitud del personal
9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?	<ul style="list-style-type: none"> - Involucramiento del personal - Plan de incentivos
Etapa 3: auditorias, cambios y efectos	
10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoria como líder de su proceso?	<ul style="list-style-type: none"> - Favoreciendo la posibilidad de demostrar cumplimiento - Favoreciendo la posibilidad de materializar la mejora continua - Favoreciendo la posibilidad de estandarizar las operaciones

2.4 Análisis e interpretación de los datos

A continuación, se expone el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de las entrevistas, considerando las categorías planteadas en la Tabla I.

Etapa 1: caracterización del presente y comprensión de la realidad

1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?

Al consolidar las respuestas a esta pregunta, nos encontramos que el 94% de los entrevistados tienen una definición cercana, mas no precisa, lo que queda de manifiesto en opiniones como la de E3 (Técnico geominería con 10 años de experiencia), quien afirma que se trata de “Velar porque se entregue un producto o resultado de calidad”; y lo que afirma E5 (técnico geológico, estudiante de ingeniería, con 13 años de experiencia) “Planificar que todo esté en orden y salga bien respecto a los trabajos y con un mejoramiento continuo”. Por su parte E7 (Técnico geológico con 35 años de experiencia en minería), comenta “Son reglas que se fijan para cierta preparación de un producto; ya sea en protocolo, estándares, normas ISO”. Por otra parte, E4 (Geólogo con 4 años de experiencia) representando el 6% de la población, hace referencia al enfoque de negocio; dando como opinión “Es un proceso clave en el negocio de la minería, en el cual se debe llevar el control y el aseguramiento en paralelo, con los profesionales adecuados y con la tecnología adecuada”.

Al profundizar en las opiniones recibidas, se puede evidenciar que sólo el 11% de los entrevistados, conocen las normas internacionales que regulan los procesos de calidad en minería; con respuestas como las dadas por E15 (Geólogo 5 años de experiencia) “Se trata del Código JORC”. Las demás personas, manifiestan que saben que debe existir alguna normativa, pero desconocen específicamente el nombre de estas, lo cual queda de manifiesto en opiniones tales como “No sé. Deberían existir, pero no conozco los datos específicos” (E1, Geóloga microscopista con 15 años de experiencia, Magister en Geofísica).

Al momento de discutir estas respuestas en el *focus group*, FG1 (geólogo con 30 años de experiencia) opina que “estas respuestas sí reflejan lo que diría el promedio del personal del mundo minero”.

Por su parte FG2 (geólogo con 40 años de experiencia) afirma que “Los procedimientos dados por la empresa mandante o la jefatura son suficientes, dado que estos documentos se hacen con base en la normativa técnica, la cual no es de fácil entendimiento para el personal en terreno”.

De otro lado, FG4 (geólogo con 40 años de experiencia) comenta “En la minería chilena no se encuentra muy normados los procesos. Se implementan según la exigencia de los posibles clientes y a conveniencia; sobre todo, en la mediana minería y en empresas mineras que son de tipo familiar”.

2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?

En relación con este interrogante, el 87.5% del personal entrevistado opina que existe una percepción positiva, y que se recibiría de buena forma; incluso E9 (técnico geológico con 35 años de experiencia), manifiesta textualmente “Representaría una mejora en la calidad de vida de uno como trabajador”

Por otra parte, el 6.3% afirma que la percepción depende de cada individuo, tal como opina E11 (Geóloga junior) “Eso depende de la persona y del rol que ejerza la persona en el servicio” y el restante 6.3% cree que existen dos corrientes, como lo manifiesta E16 (geólogo con 2 años de experiencia) “Pienso que hay dos corrientes: las personas que están acostumbradas a hacer las cosas de una manera y son reacias a nuevas propuestas; y la segunda corriente son las personas que están más abiertas al cambio y que están dispuestas a ver nuevas opciones y no quedarse en el pasado. Actualmente va ganando más terreno la corriente de quienes están abiertos al cambio”.

De otro lado, en el *focus group*, FG2 (geólogo con 40 años de experiencia), opina que “en minería es evidente la evolución en la mentalidad de las personas con respecto a la mejora continua”.

3. En otras empresas que haya trabajado ¿de qué manera se encontraba implementado el aseguramiento y control de calidad?

Analizando las respuestas dadas a esta pregunta, un 47,1% señala que ha participado u observado controles típicos operacionales, tal como comenta E10 (Técnico geológico con 11 años de experiencia) “En preparación mecánica en laboratorios, había controles granulométricos”; y como manifestó E15 (geólogo con 5 años de experiencia) “se aplica el QAQC de leyes, insertando muestras ciegas para el análisis químico, con el fin de evaluar parámetros como la exactitud y la precisión”. Por otra parte, el 35,3% de los entrevistados comenta que el control de calidad que han presenciado se basa en supervisiones, tal como señala E13 (técnico geológico con 13 años de experiencia) “se hacían revisiones de supervisores o revisiones cruzadas”. Adicionalmente, un 17,6% manifiesta que han hecho parte de servicios donde el control de calidad la ejercían empresas o personas externas al

proceso al que pertenecían, lo que queda en evidencia con el aporte de E9 (Técnico geológico con 35 años de experiencia) “Control de calidad estaba afuera y no había retroalimentación”; y se complementa con lo que afirma E5 (Técnico geológico con 13 años de experiencia, actualmente estudia ingeniería industrial) “se hacía contratación de empresas consultoras y auditoras externas”.

El total de las personas entrevistadas muestran su interés en que se les aplique algún tipo de control de calidad. En particular comentan que es necesario que alguien de mayor experiencia específica en la labor que ellos desempeñan, audite o revise su trabajo y le haga recomendaciones para la mejora o le corrija donde se pueda estar equivocando, tal como lo expone E15 (Geólogo 5 años de experiencia) “Podemos detectar errores oportunamente”; o la opinión de E12 (Técnico geológico con 12 años de experiencia) “de otra forma no se puede comprobar que los resultados que se entregan son confiables”.

Al exponer estas respuestas en el focus group, FG4 (geólogo con 40 años de experiencia) comenta lo siguiente: “es muy positivo el hecho de que el personal en terreno actualmente solicite que se les audite o que se les aplique consultoría de alguien con mayor experiencia que ellos, porque esto refleja un cambio de mentalidad y una mejora continua. De igual forma se debe tener como foco que la ley química es la que refleja si se hizo bien el proceso y es el parámetro por cuidar”.

Etapas 2: caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación.

4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica?

Los resultados de la entrevista se consolidan desde tres fuentes que se describen a continuación.

Fuente 1: la entrevista oral, figura 1, muestra que las personas opinan que las etapas más críticas, de las 17 planteados son las siguientes: perforación, chequeo de regularización, fotografía, geología, muestreo.

La figura 1, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los entrevistados en la pregunta 4, las puntuaciones corresponden a la cantidad de personas que incluyeron determinada etapa dentro de las 5 opciones que consideran más críticas.

Las barras destacadas en azul, en la figura 1, son las etapas que clasificaron como las de mayor puntuación.

Fuente 2: la pauta cuantitativa de análisis de criticidad de procesos, figura 2, arroja las siguientes etapas como las de puntuación de mayor impacto en la calidad de la información y calidad de los trabajos: perforación, control de sondajes, geología, muestreo y análisis químico.

La figura 2, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los entrevistados en la pauta cuantitativa. Las puntuaciones corresponden a los resultados matemáticos de evaluación de la criticidad (barras), combinado con la frecuencia con que clasificaron para los entrevistados como las que más impacto tienen en el proceso global (línea roja).

Las barras destacadas en azul, en la figura 2, son las etapas que clasificaron como las de mayor puntuación

Fuente 3: el análisis de criticidad de procesos, en el *focus group* (figura 3), arroja los siguientes procesos como los que más afectan en la calidad de los entregables, tangibles e intangibles: perforación, geología, muestreo, almacenamiento e inventario de muestras.

La figura 3, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los participantes en el *focus group*. Las puntuaciones corresponden a la cantidad de personas que incluyeron determinada etapa dentro de las opciones que consideran más críticas.

Las barras destacadas en azul, en la figura 3, son las etapas que clasificaron como las de mayor puntuación.

Por otro lado, en el *focus group* FG1 propone “La preparación mecánica y el análisis químico debería entenderse como una sola etapa, a cargo del laboratorio e incluirlo como una de las cinco etapas críticas”, en lo cual estuvo de acuerdo FG5.

Adicionalmente, FG1 opina “el QAQC no debe ser considerado dentro de la evaluación de criticidad de las etapas, es indispensable y es transversal a todo el proceso”. Esta opinión tuvo el apoyo de FG2, FG3, FG4, FG5.

Por otra parte, FG4 pide “Se debe añadir dentro de la cadena los siguiente tres procesos; base de datos, modelamiento geológico, estimación de recursos”, propuesta en la que concordaron FG1, FG2 y FG5. En el mismo sentido FG5 propone “Se debería incluir una etapa de

planificación, con lo que esté establecido en los contratos en la perforación”, opinión en la que está de acuerdo FG1.

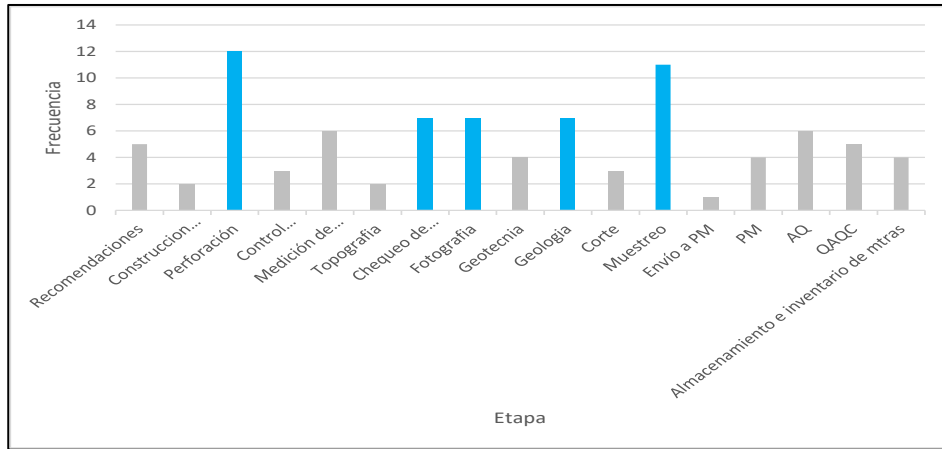


Figura 1. Resultado de entrevista oral (Fuente: elaboración propia)

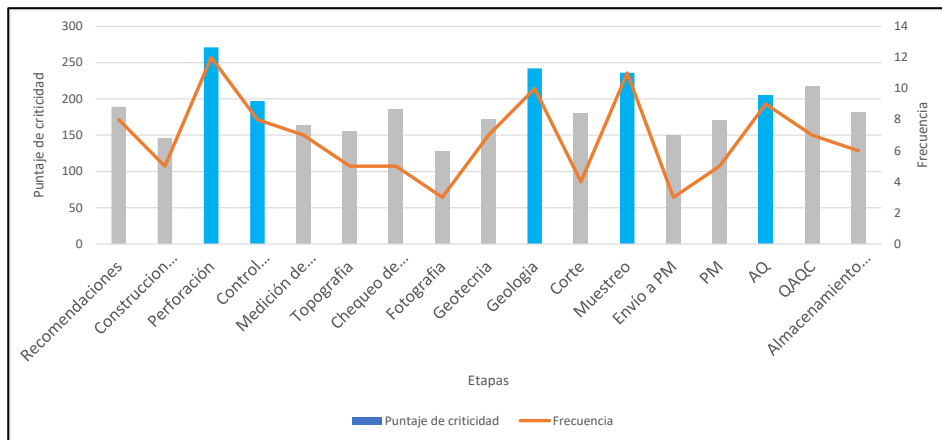


Figura 2. Resultados de aplicación de la pauta cuantitativa (Fuente: Elaboración propia)

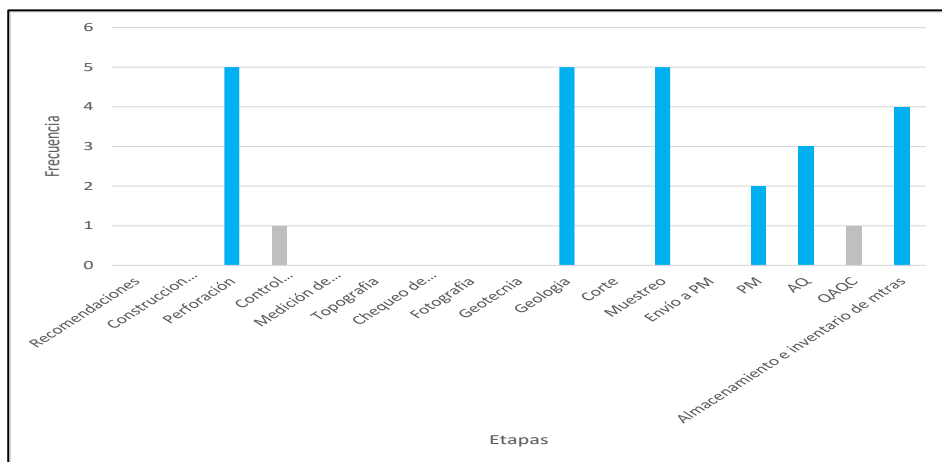


Figura 3. Resultados de focus group (Fuente: Elaboración propia)

5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?

Antes esta pregunta, las estrategias que mayoritariamente propusieron los entrevistados, consideran elementos de aseguramiento de calidad y de control de calidad, las cuales se describen a continuación:

- Garantizar personal capacitado, con un porcentaje de opinión de 21,2%. Lo que expresan los siguientes entrevistados "Las personas deberían tener capacitaciones e involucramiento en los procesos" (E15, Geólogo con 5 años de experiencia).

"Es necesario dar capacitación al personal en el tema específico y que el personal pase por un proceso de entrenamiento" (E5, Geólogo con 4 años de experiencia)

"Se debe brindar capacitaciones constantes" (E8, Supervisor de muestrera con 15 años de experiencia.).

- Buena comunicación (13,5%), lo que se evidencia con opiniones como "Se debe implementar un buen flujo de información" (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia).

- Chequeos y autochequeos (28,8%) "Se requiere hacer revisiones cruzadas por parte de otros procesos en el flujo del trabajo" (E16, geólogo con 2 años de experiencia).

"Se debería hacer siempre un autochequeo en todas las etapas" (E12, Técnico geológico con 12 años de experiencia)

- Mantenimientos (21,2%), "se debe asegurar que se empleen siempre materiales y herramientas en buen estado" (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia).

- Consultorías (15,4%) "para los procesos críticos es necesario contar con la validación de un profesional senior" (E4, Geólogo con 4 años de experiencia)

6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?

Analizando las respuestas obtenidas en las entrevistas, un 25% de los entrevistados opinan que el orden es la cualidad necesaria para que el trabajo se haga de buena manera, lo que

queda de manifiesto en opiniones como “Comenzar un trabajo desordenado genera errores” (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia) y “El orden hace que todo funcione” (E6, técnico geológico, estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia).

Por otro lado, el 20% comenta que la buena comunicación es lo fundamental. En las respuestas categorizadas en este apartado, nos encontramos con aportes como “Lo clave es la buena comunicación y el correcto flujo de información (E8, Supervisor de muestrera con 15 años de experiencia.).

El 17.5% afirman que la responsabilidad es la cualidad que no puede faltar, tal como manifiesta E9 (técnico geológico con 35 años de experiencia) “La responsabilidad no debe faltar, porque es una confianza que le están dando a uno y hacer mal el trabajo produce un efecto dominó”.

Se suma la opinión de un 15% que presentan opiniones como la que da E10 (Técnico geológico con 11 años de experiencia) “Que las personas no trabajen de forma mecanizada, sino que sepan para qué hacen los trabajos”, destacando de esta manera la importancia de la comprensión de las labores y de la garantía de las competencias de las personas que participan en cada proceso.

Adicionalmente, un 10% opinan que la capacidad de trabajar en equipo es la cualidad más importante que debe estar presente para lograr objetivos, en este sentido el E8 afirma la cualidad infaltable es “la capacidad de trabajar todos juntos y con respeto” por otro lado E13 (Técnico geológico con 13 años de experiencia) señala que “se debe tratar de complementarse y trabajar en grupo”.

El 5% de las respuestas obtenidas apunta a disciplina y constancia como las cualidades imprescindibles, con aportes tales como los siguientes “Uno tiene que ser constante y eficaz” (E13, Técnico geológico con 13 años de experiencia); “Se debe ser disciplinado y constante en los trabajos” (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia).

Es importante considerar también, el 5% que se enfocan en la importancia de la capacidad de autocrítica, lo cual queda en evidencia con comentarios tales como “Todas las personas tienen que ser autocríticas al momento de tomar una tarea” (E11, Geóloga junior). En el mismo sentido, se encuentra la siguiente opinión “Destaco la capacidad de ser una persona abierta, que reciba observaciones constructivas, para la mejora; una persona que sepa

escuchar, ya que en este rubro hay diversas opiniones para un mismo proceso, y hay que saber escuchar posturas diferentes a las de uno" (E16, geólogo con 2 años de experiencia).

Por otra parte, el 2,5% de las respuestas, apuntan a la relevancia del entusiasmo, donde un colaborador opinó "Primero que todo creo que lo más importante son las ganas de trabajar. Creo que, si una persona sólo viene a trabajar por ganar dinero, no es la forma adecuada. Creo que uno tiene que sentir pasión por lo que realiza, para el fin común del proceso completo" (E6, Técnico geológico con 14 años de experiencia, actualmente estudia ingeniería en minas).

7. ¿De qué manera asegura la calidad del entregable en la etapa que usted participa?

Las respuestas obtenidas ante esta pregunta muestran una inclinación mayoritaria hacia las Revisiones cruzadas con un 40.9% con opiniones tales como las del E6 (técnico geológico, estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia) "Generalmente uno se hace un autochequeo, pero cuando hay otra persona que te revise es mucho mejor. Esta persona puede hacerte ver las cosas que tú no ves, para que puedas asumir y mejorar".

Por otro lado, el 27,3% de las respuestas apuntan a "Buena comunicación" comentando "Se debe dejar un buen cambio de turno siempre, con claridad y orden" (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia) y lo aportado por otro colaborador "Mi autocontrol es gestionar o solicitar la información de entrada. Por ejemplo ¿para qué se está pidiendo este trabajo?, esto con el fin hacer una buena planificación" (E6, técnico geológico, estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia))

El autochequeo es la estrategia de control que aplican el 18,2% de los entrevistados, afirmando "Siempre hay que hacer un continuo chequeo de lo que uno hace" (E7, Técnico geológico, con 35 años de experiencia).

Un 9,1% afirman que el mejor control de calidad para sus entregas es la revisión de un profesional senior o un experto dentro del equipo, lo que queda en evidencia con opiniones tales como "Se hacen revisiones por parte de alguien con mayor experiencia". (E4, Geólogo con 4 años de experiencia).

El 4,5% restante manifiesta que el control de calidad que aplican a sus propias entregas y trabajos se basa en la revisión de terceros, laboratorios externos o auditorías de tercera

parte, según lo manifestado por E1 (Geóloga microscopista con 15 años de experiencia, Magister en Geofísica) “Se envía muestras a laboratorio secundario”.

Al someter los resultados a la opinión del *focus group*, se encuentra que FG2 (geólogo con 40 años de experiencia), comenta “En general los procesos deben tener revisión de la supervisión en terreno y auditoría interna y/o externa; de manera que vayan asegurando que las cosas se están haciendo bien”.

Por su parte FG3 (geólogo con 15 años de experiencia), opina que “lo más importante es asegurar la trazabilidad de las tareas; y la mejor forma de hacerlo es obedeciendo los procedimientos”.

8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minería del norte de Chile?

Ante esta pregunta el 31,8% de los entrevistados dieron respuesta que apunta a la incompetencia de las personas que se encuentran a cargo de los procesos y la toma de decisiones; lo cual se fundamenta en opiniones tales como “Se evidencia la falta de experiencia de las personas que están a cargo” (E14, hidrogeóloga, con 10 años de experiencia en minería) y “Existe una burocracia excesiva y los procesos se llenan de papeles innecesarios” (E12, técnico geológico con 12 años de experiencia en minería).

Por otra parte, un 22,7% opina que la debilidad mayor es que el talento humano no es prioridad para las organizaciones, lo que queda de manifiesto en expresiones como las siguientes “Falta actualización en tema de capacitación” (E7, técnico geológico con 35 años de experiencia); “Se debe dar más chance a que las personas se preparen y se actualicen” (E9, técnico geológico con 35 años de experiencia) y “Falta inversión hacia los trabajadores” (E13, Técnico geológico con 13 años de experiencia)

De otro lado un 22,7% manifiesta que el problema es que en general “la cantidad es más importante que la calidad de los trabajos” (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia).

En contraste, un 9,1% comenta que el sistema de turnos que existe en Chile debilita la calidad de los productos y servicios de la minería. Al respecto, E15 (geólogo con 5 años de experiencia en minería) manifiesta que “El sistema de turnos es bueno para las personas, pero hace que

las pegas se hagan por separado y que no siempre se le dé una continuidad al proceso". En el mismo sentido, E3 (Técnico geológico, con 10 años de experiencia) opina por su parte que "un turno trabaja de una manera y el otro turno llega a trabajar de otra".

Un 9,1% adicional, señala que la problemática mayor radica en las actitudes de las personas, tal como se manifestó en las siguientes opiniones "La resistencia al cambio de algunas personas es el principal problema" (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia) y "El problema radica en la conducta de cada trabajador" (E12, Técnico geológico, con 12 años de experiencia).

El 4,5% restante opina que la mayor debilidad de la minería chilena en este momento es la falta de inversión en actualización de tecnología, tal como lo expresa E7 (Técnico geológico con 35 año de experiencia) "Cuando no hay actualización y no se asume que hay nuevas tecnologías, nos vamos quedando atrás".

9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?

Analizando las respuestas a esta pregunta, el 93,8% de los entrevistados opinan que la mejor forma de conseguir que el personal en terreno se vincule dando lo mejor de sí a la implementación de un plan de calidad es haciendo participes a los colaboradores y educando en relación con los objetivos y las ventajas de este proceso; por ejemplo, E4 (Geólogo con 4 años de experiencia) expresa que "se debe educar, informar para qué estoy haciendo el proceso de la implementación del plan de aseguramiento y control de calidad. Se les debe comunicar que no se trata de cuestionar su trabajo, sino de mejorar la calidad de los entregables y para bien del negocio". De otro lado, el 6,3% restante, considera que la mejor forma de conseguir un involucramiento es mediante el ofrecimiento de incentivos, tal como lo manifestó E12 (técnico geológico con 12 años de experiencia) "Daria premiaciones e incentivos, por participación y por las mejores ideas y cosas así".

Etapa 3: auditorias, cambios y efectos

10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoria como líder de su proceso?

Según los hallazgos, el 77.8% opina que la mayor razón que aumenta la confianza de los posibles auditados mediante un plan de calidad es porque aumenta la capacidad para demostrar el cumplimiento de los estándares establecidos y la competencia del personal. Este alto porcentaje lo respaldan respuestas textuales como las que siguen: “Se genera confianza en los trabajos que uno hace y los que hace su equipo”. (E6, técnico geológico, estudiante de ingeniería, con 14 años de experiencia) y “Existe mayor confianza de que todo está en orden” (E13, técnico geológico con 13 años de experiencia en minería).

“En esas condiciones se tiene la posibilidad de demostrar como lo estamos haciendo y que estos procedimientos están de acuerdo con las normas internacionales” (E4, geólogo con 4 años de experiencia).

Además, el 11.1% de los encuestados cree que la ventaja distintiva de un plan de aseguramiento y control de calidad frente a las auditorías radica en su capacidad para facilitar la implementación de la mejora continua, con opiniones como “si uno tiene implementado un sistema, tiene mayor probabilidad de aplicar mejora continua” (E12, técnico geológico, con 12 años de experiencia) y “se crea la necesidad de corregir y mejorar sobre las debilidades que se vayan evidenciando” (E1, Geóloga microscopista con 15 años de experiencia, Magister en Geofísica.)

Mientras que otro 11.1% indica que el valor añadido se centra en al aumento de la probabilidad de estandarización de las operaciones “El tener el proceso estandarizado nos permitiría tener mayor orden, registro diario y confianza en el trabajo” (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia) y “El hecho de tener los procedimientos e instructivos documentados, haría que los trabajos fueran estandarizados” (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia).

Al discutir estas respuestas en el *focus group*, FG2 (geólogo con 40 años de experiencia) señala lo siguiente: “Es necesario incluir supervisión y auditoria establecida en cada proceso, de manera constante. Es fundamental que la persona sienta el respaldo y que se sienta parte

de un plan. Esta práctica permitiría al trabajador detectar errores y mejorarlos oportunamente; además de ampliar sus conocimientos en conversación y retroalimentación técnica con la persona que tiene mayor formación y/o experiencia en el tema que estén trabajando. Además, por fortuna la auditoria se está empezando a ver como lo que realmente es: una herramienta para la mejora”.

2.5 Discusión de resultados

Considerando la primera etapa de *caracterización del presente y la comprensión de la realidad*, y en relación con las preguntas de dicha etapa se distingue respecto del aseguramiento de la calidad, que este es comprendido como propio y en general con dominio del tema, si bien se evidencia ausencia de precisión en los conceptos. En ese sentido, pocos profesionales conocen las normas atinentes, considerando eso sí, que, desde una opinión experta, que, para la minería chilena, no se encuentran muy normados estos procesos. Estos hallazgos están de acuerdo con los resultados propuestos por Rojas (2019), en cuyo trabajo se afirma que un plan de calidad contiene documentación para la estandarización (como procedimientos y protocolos) y tiene como objetivo garantizar que la información generada en los procesos mineros tiene una alta calidad y que se puede utilizar para el control mineral. Por otra parte, según concepto de Mora (2022), es fundamental la elección de las estrategias de mejora continua adecuadas al iniciar cualquier proyecto, ya que esto contribuye significativamente a obtener resultados eficientes.

De otro ángulo, se considera imprescindible el cumplimiento de los diversos protocolos para la demostración de la eficacia de los procesos y la calidad de los productos finales. Es clave, además, la implementación de diversas herramientas de mejora continua, utilizando el Ciclo de Deming (Cruz Medina et al, 2017). como marco principal con el fin de dar garantía de una gestión ordenada.

Cuando se consideró la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad, es posible establecer una percepción positiva para dicha implementación, limitada esta, por la persona que interviene y del rol que ejerza en el proyecto.

Desde una mirada de sus experiencias previas, se evidencia que han participado u observado controles típicos operacionales, verificación de condiciones óptimas de equipos e

instrumentación, programas de limpieza y orden en instalaciones, entre otras. Controles presenciados que operaban con base en supervisiones o revisiones cruzadas, o simplemente ejecutados con participación de empresas o personas externas.

Lo cual coincide con lo que se afirma desde algunos trabajos investigativos que se han realizado en torno a este tema, concluyendo que un plan de calidad impacta positivamente asegurando que los trabajos de obtención de data se han hecho de forma correcta y generando mayor confianza en los resultados (Alaina, 2023).

Es un hecho, directamente relacionado que se ha dado una evolución en la mentalidad de los trabajadores de terreno y con ello los gestores del talento humano han asumido nuevos desafíos. De esta manera, tanto lo expresado por los trabajadores entrevistados como lo concluido por Paiva (2023), nos lleva a evidenciar que el trabajador ya no permite, ni debe, ser tratado como una máquina de producción; sino que desean ser tenidos en cuenta, incluso a niveles más estratégicos. Los colaboradores proponen que se valore su experiencia en el terreno mismo y el conocimiento de las condiciones reales de las labores. Hoy en día, los líderes de las empresas han ido entendiendo esta realidad, y enfocan sus políticas de talento humano en atraer, retener y desarrollar las cualidades, más aún en el momento histórico que se vive a nivel de nuevas tecnologías (Paiva, 2023).

De lo anterior se establece con claridad, la relevancia de obtener el compromiso por parte de los individuos con los objetivos de la organización. Esto se logra cuando las personas, desde la convicción y la responsabilidad, se involucran en el desafío de la mejora continua. Por lo tanto, se debe crear una atmósfera adecuada para que el personal pueda contribuir con su talento en la evolución de los procesos, mientras que al mismo tiempo crecen y se desarrollan como seres humanos y como profesionales. En el mismo sentido, se debe considerar que es esencial proporcionar capacitación y fomentar la automejora en los colaboradores de todos los niveles operativos y jerárquicos.

Se evidencia además que las personas en minería, actualmente, asocian los planes de calidad principalmente a los controles que se insertan para evaluar la etapa de análisis químico. Es poca la conciencia que hay en el personal entrevistado con respecto a la necesidad de implementar medidas de aseguramiento y control de calidad en las demás etapas del proceso global, lo cual coincide con lo expuesto en investigaciones existentes acerca de este tema

(Alaina, 2023). En este sentido, Ancalle (2020), menciona las diversas etapas de la cadena de valor, y propone un robusto plan de calidad para estas. Algunas de las etapas que en esta fuente se mencionan coinciden con las 17 etapas que se pusieron como marco inicial en las entrevistas hechas en el presente trabajo.

Dados estos hallazgos se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: Mantener el perfil de las personas seleccionadas y contratadas, para continuar sobre esta base con la comprensión y dominio general del tema, mejorando el foco en la precisión de los conceptos; capacitar a los profesionales del equipo en normas técnicas de su área de desempeño para evolucionar en el diseño de protocolos con base técnica; gestionar asesorías expertas en técnicas de mejora continua, estándares ISO, comunicación efectiva y la ejecución de planes de calidad para mejorar la eficiencia de los resultados, dar garantía a la correcta ejecución de la recopilación de datos y aumentar la confianza en los resultados obtenidos; diseñar un plan de capacitación y sensibilización para dar mejores fundamentos teóricos a todos los colaboradores en cuanto a lo que es y significa un plan de calidad.

Ahora bien, en cuanto a la **caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación**, se obtienen resultados muy cercanos desde las tres fuentes que se tomaron las respuestas; siendo las definitivas las que se han dado en el *focus group*.

Dicho lo anterior, y desde esa perspectiva, se considera que los procesos que más afectan la calidad de la información y las muestras, producto del proceso, son los siguientes: perforación, geología, muestreo, almacenamiento e inventario de muestras y laboratorio (que incluiría preparación mecánica de muestras y análisis químico). Complementariamente, el proceso QA/QC debe considerarse como una etapa infaltable y transversal a toda la cadena de valor.

Por otra parte, las etapas a considerar en la cadena de valor deben ser 21 (y no 17, como se planteó en principio para el presente trabajo)

1. Planificación y etapa de licitación y compromisos contractuales.
2. Planteamiento de recomendaciones
3. Construcción de plataformas de sondajes
4. Perforación
5. Control de sondajes (RC y DDH)

6. Medición de trayectoria
7. Topografía
8. Chequeo a regularización
9. Fotografía de sondajes
10. Geotecnia
11. Geología
12. Corte
13. Muestreo
14. Envío a preparación mecánica
15. Preparación mecánica
16. Análisis químico
17. Almacenamiento e inventario de muestras
18. Base de datos
19. Modelamiento geológico
20. Estimación de Recursos.

Y como etapa N°21 el Aseguramiento y control de calidad (QA/QC), de la cual se concluye que debe aplicar a las otras 20.

Del listado definido precedentemente, las etapas que se han añadido, producto de las conclusiones derivadas del *focus group*, son la número 1, 18, 19 y 20,

Esta inclusión, coincide además con la relevancia que da Acevedo (2017) a la base de datos y buen manejo de la información en los procesos de geología; lo cual se encuentra en coherencia con la propuesta que hacen Carrasco & Mayorga (2022), quienes plantean estas tres etapas, como actividades claves de exploración geológica, dentro del programa de calidad que se propone en su trabajo.

Ahora bien, respecto a la definición de las 5 etapas que generan mayor impacto en los entregables (tangibles e intangibles), en opinión general de los entrevistados, todas las etapas son importantes y en la medida que se avance en el proceso de implementación del plan de calidad, debe tender a abarcarse todas estas con la misma rigurosidad; independientemente de que se comience por la implementación del plan de calidad con foco en las que se determinen como las más críticas.

Por otra parte, tenemos la opinión de Long (2003), autor referente en aseguramiento y control de calidad en minería, quien afirma que la información que se genera en estos procesos se categoriza en tres grandes grupos que son: ensayos, geología y geotecnia; lo cual coincide parcialmente con la investigación hecha por Ancalle, (2020) quien da prioridad a la cadena de custodia de las muestras, la calidad del mapeo y la geotecnia.

De otro lado, se hace evidente para los entrevistados en el presente trabajo los procesos de control de calidad de leyes y almacenamiento e inventario de muestras; son considerados procesos críticos y que requieren puntos de control robustos, medibles y eficientes. Lo cual nos lleva a concluir que estos hallazgos están parcialmente de acuerdo con los resultados comunicados por otros autores (Long, 2003; Ancalle, 2020).

Con respecto a las estrategias de aseguramiento y control de calidad que se debe implementar en cada una de las etapas, se concluye que los procesos deben tener revisión sistemática de un profesional con experiencia y auditoría interna; de manera que el aseguramiento de la calidad se haga de manera diaria y rutinaria y se garantice que las cosas se están haciendo bien. Desde esta perspectiva, se desea que ante la existencia de desviaciones, las mismas sean detectadas oportunamente. Además, se considera que, si los procedimientos se encuentran bien diseñados, obedeciendo a la normativa técnica y las indicaciones de las empresas mandares, si están hechos por las personas a cargo en terreno y si se aplican de manera rigurosa; los resultados deberían cumplir con los requisitos planteados para cada producto y servicio.

En relación con los controles de calidad específicos para cada proceso, las respuestas obtenidas en las entrevistas son diversas. En este sentido, en la publicación de Alaina (2023), se puede encontrar una propuesta de la forma como se podría controlar estas etapas. Sin embargo, el análisis individual de los controles a implementar en cada etapa crítica merece un análisis independiente y profundo, con profesionales senior y colaboradores con amplia experiencia en cada proceso.

Teniendo en cuenta las evidencias expuestas precedentemente, se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: fortalecer las competencias de las personas de los procesos que manejan datos de manera directa, para disminuir la manipulación de información; gestionar inversión en infraestructura e instalaciones para mejorar las áreas

físicas donde se lleva a cabo el proceso de almacenamiento e inventario de muestras; promover el análisis riguroso de los controles de calidad a implementar en cada una de las etapas del proceso, por parte de expertos en cada tema para garantizar la claridad de los requisitos legales, técnicos y contractuales que se deben cumplir en cada entregable (tangible e intangible) y para asegurar el cumplimiento de los mismos.

Con respecto al impacto que tendría un plan de aseguramiento y control de calidad en los temas de **Auditorias** el personal entrevistado afirma que tiene conciencia de que en este contexto se sentirían más seguros y confiados al ser auditados.

Por su parte Carrasco (2022), en la propuesta que plantea en su trabajo investigativo, propone las auditorías internas como parte de los controles del plan de calidad; lo cual fortalece las condiciones para enfrentar una auditoría externa.

Es importante considerar los aportes de Huarcaya (2021), quien señala que los procesos encaminados a la mejora de la gestión deben comenzar con la confección de los procedimientos de las operaciones de interés, seguido de la determinación y implementación de los controles en terreno mediante la inspección, y como medida final utilizar herramientas de mejora continua. Todo esto dentro del marco de la norma ISO 10005: 2005, la cual es una guía que orienta, acerca de los planes de calidad.

Es clave crear conciencia de la responsabilidad que tienen todos los colaboradores que participan en determinada etapa, en los diversos niveles. El involucramiento de todas las personas conduce la detección de oportunidades de mejora a tiempo, de manera que se puedan obtener los productos y servicios planificados (Bonilla, 2024).

Paralelamente, se propone definir e implementar los puntos de control, sobre las cinco etapas que se han sido clasificadas como las más relevantes.

Complementariamente se recomienda aplicar el ciclo de mejora continua PHVA (Cruz Medina et al. 2017), sobre las etapas que se han definido como las más críticas según los resultados del presente trabajo. El proceso debe comenzar por una etapa de sensibilización e involucramientos del personal de todas las empresas y niveles, relacionadas al proceso global.

Posteriormente, se debe avanzar en el fortalecimiento de las competencias de las personas a nivel individual y a nivel de equipo.

La fase de PLANEAR debe involucrar revisión de la normativa técnica y legal; y revisión de los compromisos contractuales de todas las partes involucradas. Esta fase debe fortalecerse con el aporte del personal más experimentado dentro de la organización y debe concluir con el diseño de los protocolos de trabajo y la gestión de los recursos necesarios y de forma oportuna.

La segunda fase (HACER), es propiamente la puesta en marcha y debe constar de una etapa previa de capacitación y entrenamiento sobre los protocolos diseñados.

La tercera fase (VERIFICAR), trata del diseño y aplicación de herramientas de medición como indicadores de gestión, auditorías internas y de segunda parte, la aplicación de las herramientas de la calidad (Cruz Medina et al, 2017).

La cuarta Fase (ACTUAR), consiste en proponer e implementar acciones de mejora (correctiva o preventiva) de acuerdo con lo concluido en la tercera etapa. Esta cuarta fase, debe enlazar de manera cíclica con la primera Fase, generando de esta forma un proceso de mejora continua; que garantiza que la calidad que los entregables en estos procesos, cumplen a nivel auditable.

Dados estos hallazgos se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: Implementar un plan de auditorías internas para evidenciar oportunamente fallas y que la organización se encuentre mejor preparada frente a auditorías externas; declarar el compromiso de la alta dirección en cuanto a inversión en tecnología, instalaciones y capacitación asertiva al talento humano para contar con los recursos necesarios que exige la calidad; planificar en el mediano y largo plazo el involucramiento en el plan de calidad de las demás etapas del proceso que no clasificaron dentro de las más críticas para lograr progresivamente abarcar la cobertura de todas las etapas de la cadena de valor, en el proceso global

2.6 Metodología propuesta:

La metodología que se propone consiste en la determinación de la criticidad de las etapas de un proceso en una campaña de perforación con fines de investigación geológica.

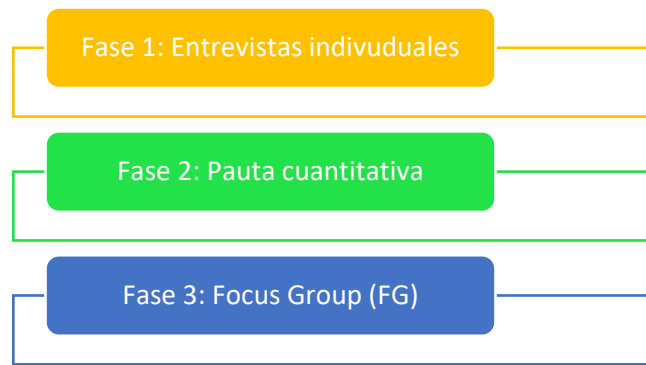


Figura 4: Fases de la metodología propuesta (Fuente: Elaboración propia)

La pertinencia de estas fases obedece a la siguiente descripción: Se aplica un método de investigación mixto; el cual se materializa con las fases investigativas que se describen a continuación.

Descriptor fase 1: se hace entrevista semiestructurada oral e individual, donde se evalúa cuáles serían las cinco etapas más críticas del proceso en opinión del personal en terreno, con conocimientos y/o experiencia en minería. Además, se indaga acerca de la percepción que tienen las personas en relación con un plan de calidad y de las necesidades que manifiestan con respecto al tema.

Descriptor fase 2: se implementa pauta cuantitativa, en la cual se evalúa el nivel de criticidad de cada etapa de la cadena de valor del proceso. Considerando qué probabilidad hay de que ocurra la falla (de 1 a 5), y que nivel de impacto tendría este evento (en caso de que ocurra la falla). Donde 1 es el grado mínimo y 5 es el grado máximo.

Descriptor fase 3: se convoca un equipo de profesionales senior (geólogos y/o ingenieros) y se someten a opinión y discusión los resultados de las dos primeras fases con el fin de decidir en los puntos que hubiese divergencia. Una vez analizados los resultados en el *focus group*, se procede a determinar las etapas que se consideran más críticas y sobre las cuales se debe establecer el alcance que ha de tener el plan de calidad a implementar, con el objetivo de aportar al cumplimiento de las normas internacionales que dan los estándares en minería y que posibilitan la cotización en las bolsas de valores del mundo.

Por otro lado, del *focus group* se debe concluir si es necesaria agregar etapas al proceso que se consideren significativas para los productos tangibles e intangibles de los procesos.

3 ARTÍCULO

El presente apartado, recoge la investigación contextualizada motivo de este proyecto de grado, y es presentada en formato de artículo académico. Se trata de un artículo conciso, escrito en el formato típico de revistas especializadas o de conferencias, de acuerdo con reglas específicas definidas por la dirección del programa.

El artículo, ha sido cuidadosamente redactado con el fin de que se haga fácilmente entendible y logre expresar de un modo claro y sintético lo que se pretende comunicar, considerando las citas y referencias respectivas de los estudios que lo fundamentan. El trabajo realizado, se sintetiza entonces como artículo, para facilitar al trabajo de quienes puedan estar interesados en consultar la obra original.

Este trabajo, considera y discute, a través de un proyecto aplicado, desarrollado en un contexto de realidad profesional, la integración de herramientas y conocimientos que se han adquirido en las líneas de desarrollo del programa. Lo que se consolida en una investigación profesional contextualizada a la realidad profesional que se expone, la que se relacionada con líneas y ámbitos específicos abordados en el plan de estudios del programa, permitiendo integrar, de manera adecuada, los conocimientos teóricos y metodológicos desarrollados en él.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ETAPAS CRÍTICAS EN EL DISEÑO DE UN PLAN DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN UNA CAMPAÑA DE PERFORACIÓN GEOLÓGICA

CORA TRIANA RAMÍREZ

^a Graduado del programa de Magister en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Desarrollo, ctrianar@udd.cl

Resumen:

Este trabajo ofrece un análisis de las etapas cruciales que impactan los datos más relevantes producidos en los procesos de perforación comunes en las operaciones mineras del Norte de Chile. Dichos datos son proveídos a las áreas encargadas de construir el modelo geológico, el cual es la base para la valorización económica de un yacimiento minero. El objetivo de este trabajo es proponer una metodología para la definición de etapas críticas del proceso, aportando así a la garantía de la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero. Para lograrlo, se propone una aproximación mixta, cualitativamente basada en entrevistas semiestructuradas a 16 informantes claves para la comprensión de cómo y por qué se definen las etapas críticas, lo que además se complementó con una pauta cuantitativa para la evaluación de la criticidad de cada una de estas etapas. Posteriormente, se llevó a cabo un focus group para verificación y discusión de los hallazgos. De esta manera se determinan las etapas críticas, sobre las cuales se deben diseñar e implementar medidas efectivas de control. Los datos muestran que, al evaluar las 17 etapas preestablecidas, los siguientes se posicionan como las más críticas: perforación, geología, muestreo, análisis químico, preparación mecánica y almacenamiento e inventario de muestras; soportadas por un proceso de aseguramiento y control de calidad entendido como transversal a lo largo de la cadena de valor. Se evidencia la necesidad de sumar las siguientes 4 etapas que no se habían considerado en un principio: planificación y etapa de licitación y compromisos contractuales; base de datos; modelamiento geológico; estimación de recursos. Adicionalmente, se revela la necesidad de invertir recursos y esfuerzos en tecnología, infraestructura y en el involucramiento y capacitación del personal de todos los niveles; para el fortalecimiento de la garantía de los entregables en los procesos, y que estos cumplan a nivel auditable. En síntesis, la metodología propuesta, permite identificar las etapas más críticas y proponer de qué manera se logra que la información y las muestras generadas de la campaña de sondaje, sean auditables y aporten al cumplimiento de los estándares de las normas internacionales.

Palabras clave: mejora continua, trazabilidad de la información, auditabilidad de reservas y recursos mineros, gestión del talento humano, minería chilena.

1. Introducción

Dentro de los sondajes de perforación, que tienen lugar en la industria minera, se encuentran aquellos que se llevan a cabo con el fin de obtener muestras del yacimiento minero, que son sometidas a análisis y cuya información generada se utiliza en estudios químicos y geológicos.

Típicamente, en una fecha establecida dentro del año, el líder del equipo de geología junto a sus colaboradores, hacen la planificación de las áreas de la

propiedad minera, en la cual se efectúan los sondajes de perforación ya mencionados. Durante dicha vigencia anual, se llevan a cabo estas operaciones y se generan los productos (tangibles e intangibles) objeto de análisis y discusión en el presente proyecto.

En el proceso de obtención de estas muestras y información relacionada a estas, participan técnicos y profesionales expertos, de diversas disciplinas y que intervienen en etapas diferentes e interconectadas entre sí.

Documentos tales como la norma canadiense NI 43-101 y el código australiano JORC (*Joint Ore Reserves Committee*), constituyen normativas internacionales, que establecen las pautas para la preparación de informes dirigidos a bolsas de valores, documentos esenciales para evaluar la viabilidad financiera y para maximizar el valor de los activos mineros de las empresas (Carrasco & Mayorga, 2021).

Los planes de calidad son los documentos en los cuales se plasman los lineamientos de cómo hacer los trabajos y operaciones. Y es justamente un plan de calidad la herramienta idónea a implementar en una campaña típica de perforación con fines de investigación geológica y en los cuales, además, se establecen las características que deben tener los productos y entregables de dichas operaciones, de manera tal que se consideren correctamente obtenidos y por tanto entren en categoría de “auditable” (Ordinola, 2021).

Para el cumplimiento de este propósito es necesario determinar cuáles son las variables claves que facilitan la implementación de un programa de aseguramiento y control de calidad en los puntos críticos de la cadena de valor de una campaña de sondajes para geología. Con el fin de llegar al nivel deseado, se requiere, en primer lugar, de un sondeo a nivel cultural, acerca de la percepción del personal y de las condiciones para diseñar un plan de calidad. Adicionalmente, se necesita un análisis de los puntos críticos del proceso.

En resumen, es necesario hacer un análisis de las etapas críticas dentro de la cadena de valor e implementar medidas de aseguramiento y control de calidad, con el fin de fortalecer la trazabilidad de la información y garantizar la calidad de las muestras físicas que se generan, como producto de los procesos.

Este trabajo investigativo es encabezado por el proceso de aseguramiento y control de calidad, con la participación de las personas que lideran los procesos en terreno y de geólogos o ingenieros senior.

El impacto de la calidad de la información es tal, que garantiza la aceptación de la bolsa de valores respecto a la estimación de reservas y recursos minerales del yacimiento (Carrasco, 2022).

Es por esto, que se considera fundamental la definición de las medidas que sean necesarias, para el

logro del cumplimiento de la norma y por tanto la obtención de una data de la cual se garantiza calidad exigida internacionalmente.

Aseguramiento y control de calidad en exploración geológica

El aseguramiento y control de la calidad tienen como elemento inherente el mejoramiento continuo (Rincón & Aldana, 2021), el cual a su vez resulta en impactos positivos en el cumplimiento de los requisitos establecidos para cada entregable, eficacia y rentabilidad de los procesos (Lay-De-León et al., 2022).

Se considera que los objetivos de un buen programa de aseguramiento y control de calidad en exploración geológica se resumen en evitar el ingreso de errores de impacto a la base de datos utilizada para el modelamiento y estimación de recursos; demostrar que el muestreo se ejecutó de forma correcta y garantizar que se cuenta con una buena información geológica (Alaina, 2023). De esta manera se da fe de que la calidad de la información en la que se basa el modelo de recursos pueda ser confirmada, por equipos auditores y evaluadores externos.

El aseguramiento y control de calidad en minería, tiene antecedentes históricos, como lo es el conocido caso Bre-X, en el cual hubo inversionistas que fueron estafados por geólogos inescrupulosos que alteraron el contenido de oro de las muestras que se enviaron al laboratorio de análisis químico, para luego promocionar y vender acciones de una mina en Indonesia, como si tuviesen un valor superior al real (Villacorta & Mansur, 2023).

Al descubrirse esta situación se convirtió en un escándalo de grandes proporciones mediáticas, económicas y legales; de la cual se derivó la conclusión de que es necesario que todas las compañías mineras que aspiren a hacer explotación deben cumplir con una serie de requisitos y normas auditables, dentro de las que actualmente se encuentran el código australiano JORC y las Norma Canadiense NI 43.101. (Alaina, 2023).

En la actualidad encontramos algunos modelos de implementación de sistemas de aseguramiento y control de calidad en minería tales como los descritos por Alaina (2023), en minera Chungar; y por Rojas

(2019), en la unidad minera Toquepala; ambas en Perú.

El talento humano como factor clave en el logro de objetivos de calidad

Es un hecho demostrado que el personal en terreno constituye el grupo de quienes desempeñan un papel fundamental en la consecución de objetivos típicos de los planes de calidad en cualquier rubro de la industrial, tales como: la reducción de tiempos operativos, el mejoramiento de la eficiencia operativa y la gradual eliminación de cualquier error derivado de la actividad (Lay-De-León et al., 2022).

Es por lo anterior, que se hace necesario el involucrar a los colaboradores en alguna intención que se tenga respecto a implementar un plan de calidad. Este involucramiento implica el fortalecer sus competencias a través de las capacitaciones de los líderes de los procesos (Escalante, 2021) y de los demás colaboradores de otros niveles jerárquicos.

El impacto que tiene el talento humano en el logro de los objetivos es de tal magnitud que se considera que los niveles de cumplimiento están ampliamente influenciados por la actitud de los empleados y su disposición a adaptarse a los cambios (Lay-De-León et al., 2022).

Garantía de la calidad de información

De manera general se define que la ejecución de un programa de calidad en minería tiene como objetivo asegurar la integridad de la información; es decir, garantizar que los resultados del muestreo y que los datos generados sean confiables. Para esto se diseñan procedimientos y protocolos de muestreo y análisis, en yacimientos mineros, cuyas implementaciones posibiliten la validación y confiabilidad de los recursos a explotar, por medio de recolección de muestras y su posterior etapa analítica. De esta forma se confirma la buena aplicación de los trabajos que se plantearon desde el muestreo hasta el análisis químico (Rojas, 2019).

El correcto diseño e implementación de protocolos en las etapas del muestreo, análisis químico y modelamiento mejoran significativamente la garantía de la calidad de la información y la confianza en la producción que se ha de obtener de determinado

yacimiento y de las virtudes que se ofrecen a posibles inversionistas.

En la industria minera y con miras a mejorar el proceso de calidad en el tratamiento de muestras obtenidas por perforación, se recomienda mantener constante supervisión en las etapas del muestreo, además de crear conciencia a todo el personal acerca de la relevancia del programa de control de calidad (Ancalle, 2020).

Por otro lado, es fundamental el conocimiento del modelo geológico que se haya construido con base en la información recopilada en campaña de sondajes anteriores, debido a que esta información permite proponer mejores posturas de los siguientes sondajes de perforación (Ordinola, 2021).

Ahora bien, para la operación de la perforación diamantina como tal, es necesario garantizar la calidad y buen estado de las herramientas y equipos; así como la correcta preparación y uso de los aditivos, como ingrediente de los lodos de perforación (Rivera & Román, 2023).

Por otro lado, es importante incluir la gestión del talento humano como elemento clave para el logro de la garantía de la calidad de la información. Las organizaciones que han implementado la administración del talento lo han realizado con el propósito de fortalecer el alcance de los objetivos estratégicos, al mismo tiempo que lo hacen con el fin de atraer, retener y potenciar el desarrollo de sus colaboradores, especialmente en esta era digital (Paiva, 2023).

Control de calidad y la importancia de las mediciones

Desde el punto de vista de la gestión, es necesario incluir herramientas de medición del cumplimiento de los objetivos de cada proceso, asegurando que se evidencie cuáles son las acciones correctivas y preventivas a tomar. Estas detecciones son una clara fuente de información hacia el diseño y el planteamiento de los controles a implementar para el cumplimiento de los objetivos operacionales y estratégicos de las organizaciones (Uribe, 2019).

El control de calidad tiene como objetivo verificar si las medidas implementadas mediante el aseguramiento de calidad hayan cumplido su propósito. Adicionalmente, el control de calidad permite

identificar oportunamente los procesos que requieren algún plan de acción conducente a la mejora.

En concordancia con esto, se afirma que para los procesos de base de datos y el modelamiento y estimación de recursos es fundamental que el control de calidad se encuentre implementado de una manera tal que se hayan detectado posibles fallas y se haya hecho su correspondiente análisis de causas y acciones de mejoras derivadas; dado que es necesario que la información que estos procesos reciben sea totalmente confiable y auditable. (Carrasco, 2022).

Norma internacional NI 43-101 y Código JORC

Con respecto a los proyectos mineros destinados a ser listados en bolsas de valores, estos deben cumplir normas internacionales, las cuales ofrecen marcos aptos para el diseño del control de calidad en muestras recolectadas durante actividades de exploración, como trabajo de campo geológico, perforaciones diamantinas y de tipo aire reverso; dado que permiten garantizar la calidad de la información que ingresa a la base de datos geológica generando valor al proyecto minero (Carrasco, 2022; Alania, 2023; Alonso, 2020).

La norma canadiense NI 43.101 y el código australiano JORC exigen un reporte que abarque información técnica en la cual se describa de forma detallada la forma como se obtuvieron los datos y que se esté en la capacidad de suministrar las evidencias, respaldos y registros de cada etapa (Jallo & Flores, 2023).

Entendida esta realidad, y considerando la revisión bibliográfica presentada, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cuáles son las etapas críticas en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica de manera que con esta definición se aporte a la garantía de la calidad información que ingresa al proceso de modelamiento y estimación de recursos?

En efecto, las campañas de perforación con fines de análisis geológicos en los yacimientos mineros requieren de un análisis de los puntos críticos del proceso cuyos resultados sirvan de base a la propuesta de implementación de medidas que fortalezcan la calidad de la información y las muestras físicas que se generan en el proceso.

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizar este proyecto ha sido la necesidad de determinación de las etapas que generan mayor impacto en el proceso global de una campaña de perforación con fines de investigación geológica, de manera que se pueda dar formalidad a las acciones de mejora continua de cara a la garantía la calidad de los entregables tangibles e intangibles y la información incluida en ellos. Por lo tanto, se propone un análisis que integra puntos críticos identificados en el control sobre las diferentes etapas de la cadena de valor, de manera tal que aporte al diseño e implementación de un programa de aseguramiento y control de calidad en campañas de sondajes. En este sentido este trabajo contribuye a la generación de valor y garantía de la información que se genera en los procesos asociados a las campañas de perforación con fines de investigación geológica.

Entendido esto, el objetivo de este trabajo es proponer una metodología para la definición de etapas críticas del proceso, aportando así a la garantía de la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero.

2. Metodología

Paradigma y diseño: Luego de delimitado el problema de investigación aplicada, el enfoque que mejor responde al objetivo de este proyecto es una aproximación mixta (Pereira, 2011), cuya primera fase es cualitativa con base en entrevistas individuales (Cortés et al., 2014). La segunda fase es la aplicación de una pauta cuantitativa de evaluación de criticidad de las etapas del proceso global (del Castillo-Serpa et al, 2009; Riquelme, et al, 2023). El diseño descriptivo permite un análisis sistemático de hechos y características que conduce a garantizar la calidad de la información, razón por la cual este tipo de aproximaciones constituye una valiosa fuente de información para conocer la opinión y percepción que miembros de la organización tiene en relación con la temática.

Para la validación del instrumento investigativo, estas dos primeras fases son sometidas a una prueba piloto inicial, con un colaborador de experiencia media; ejercicio del cual se evidencia la necesidad de hacer

ajuste del instrumento. Seguidamente, se aplica un segundo piloto, con colaborador de perfil similar, derivando en un segundo ajuste del instrumento. Finalmente, el instrumento es validado por el profesor Guía Héctor Valdés González, PhD.; para su aplicación.

En la tercera fase de la investigación, se realiza un *focus group* con expertos (Sánchez-oro & Robina, 2020), cuyo objeto de discusión son los resultados obtenidos en la primera y segunda fase, entendiendo que dicha información permite la determinación de etapas según los objetivos propuestos.

Población sobre la que se efectúa el estudio: Para la entrevista oral (*primera fase*) y la pauta cuantitativa (*segunda fase*), se invitó 16 personas de diferentes niveles académicos y de experiencia en la minería del Norte de Chile, las cual poseían en promedio de 14 años de experiencia (1 año es el valor mínimo y un máximo de 35 de años). De ellos, 100% trabajan para una empresa contratista.

Posteriormente, en *focus group* (*tercera fase*), cinco geólogos senior, analizaron los resultados dados en la primera y segunda fase; y evalúan el impacto de la calidad de la información de los diferentes entregables, en las diecisiete etapas identificadas en total; concluyendo en la escogencia de los cinco más relevantes.

Entorno: el análisis se hace sobre la cadena de valor del proceso, desde la planificación de los sondeos de perforación que dan lugar a la obtención de la muestra en la plataforma de perforación hasta los análisis químicos y su evaluación estadística; y el almacenamiento e inventario de las muestras.

La descripción y al análisis se centra en yacimientos mineros del Norte de Chile.

Intervenciones: se involucra al personal experto en las diferentes etapas del proceso (en total diecisiete), a fin de conocer los detalles técnicos, experimentales y reales en el trabajo en terreno y la generación de los entregables tangibles e intangibles en cada caso.

Se hace entrevista y se aplica una pauta cuantitativa diseñada para la evaluación de la criticidad de cada una de las diecisiete etapas.

Además, se indaga acerca en la propuesta del control de la implementación en el proceso que participa o ha participado cada persona.

En la primera fase, las preguntas planteadas son abiertas y en concreto son las siguientes. Estas preguntas corresponden a las tres etapas del instrumento investigativo que se describen a continuación:

Etapas 1: caracterización del presente y comprensión de la realidad

1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?
2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?
3. En otras empresas que haya trabajado ¿de qué manera se encontraba implementado el aseguramiento y control de calidad?

Etapas 2: caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación.

4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña de sondeos con fines de investigación geológica?
5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?
6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?
7. ¿De qué manera asegura la calidad del entregable en la etapa que usted participa?
8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minería del norte de Chile?
9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?

Etapas 3: auditorias, cambios y efectos

10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoria como líder de su proceso? ¿Por qué?

Como segunda fase se aplica una pauta cuantitativa diseñada para la evaluación de la criticidad de cada una de las diecisiete etapas del proceso. Las

instrucciones para el diligenciamiento de esta pauta, cita como sigue:

“En el marco de una campaña de perforación con fines de investigación geológica, califique el nivel de criticidad de cada etapa de la cadena de valor del proceso. Considerando, en horizontal, que probabilidad hay de que ocurra la falla (de 1 a 5), y que nivel de impacto tendría este evento, en vertical (en caso de que ocurra la falla). Donde 1 es el grado mínimo y 5 es el grado máximo.

- *Una vez analizados los dos parámetros (vertical y horizontal), coloque una X donde se dé el cruce de las dos calificaciones dadas por usted.*
- *Repita el mismo procedimiento para las 17 etapas planteadas.”*

La multiplicación de las dos puntuaciones dadas, resulta en la calificación de la criticidad para cada etapa.

En la tercera fase, cinco geólogos senior, en un *focus group*, analizaron los resultados acerca de la criticidad de las etapas identificadas en las fases investigativas anteriores, concluyendo cuales serían finalmente las cinco etapas críticas del proceso que fue el foco de discusión.

Plan de análisis de los datos: se entregaron los datos documentados en cada fase de la aplicación de la herramienta metodológica de investigación, se determinaron las etapas que se consideraron procesos independientes dentro proceso global y se analizó la criticidad de cada una de estas. Hecho lo anterior, se seleccionaron las cinco etapas con mayor puntaje.

Las acciones y conclusiones del plan de análisis de datos fueron documentados y centralizados por el área de control de calidad.

Las conclusiones obtenidas se convirtieron en objeto de discusión y análisis en un *focus group*, donde participaron 5 geólogos senior, quienes ayudaron a definir finalmente las cinco etapas críticas y dieron opinión experta de la forma como se debía implementar el aseguramiento y control de calidad en estas.

Ética: se establecen compromisos de veracidad y confidencialidad para todos los responsables de proveer a la data y para quienes la evalúen y detecten oportunidades de mejora.

3. Resultados

A continuación, se exponen los resultados de las interrogantes planteadas, organizados en categorías según los diversos tipos de respuestas obtenidas.

Tabla I - Categorías de respuestas (Fuente: elaboración propia)

Preguntas	Categorías
<i>Etapa 1: caracterización del presente y comprensión de la realidad</i>	
1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento de procesos - Proceso clave para el negocio
2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?	<ul style="list-style-type: none"> - Percepción positiva - Percepción relativa - Percepción variada
3. ¿En otras empresas que haya trabajado de qué manera se encontraba implementado el aseguramiento y control de calidad?	<ul style="list-style-type: none"> - Controles operacionales - Supervisión - Consultorías externas
<i>Etapa 2: caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación.</i>	
4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica?	<ul style="list-style-type: none"> - Planteamiento de recomendaciones - Construcción de plataformas de sondajes - Perforación - Control de sondajes (RC y DDH) - Medición de trayectoria - Topografía

Preguntas	Categorías
	<ul style="list-style-type: none"> - Chequeo a regularización - Fotografía de sondajes - Geotecnia - Geología - Corte - Muestreo - Envío a preparación mecánica - Preparación mecánica - Análisis químico - Control de calidad de leyes químicas - Almacenamiento e inventario de muestras
5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación - Buena comunicación - Chequeos y autochequeos - Mantenimientos - Consultorias
6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración - Competencia - Buena comunicación - Responsabilidad - Disciplina y constancia - Entusiasmo - Capacidad del trabajo en equipo - Capacidad de autocrítica
7. ¿De qué manera aseguro la calidad del entregable en la etapa que usted participa?	<ul style="list-style-type: none"> - Revisiones cruzadas - Autochequeo - Revisión de experto - Buena comunicación - Consultorías externas
8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los	<ul style="list-style-type: none"> - Incompetencia del personal a cargo - Sistema de turnos

Preguntas	Categorías
procesos en la minera del norte de Chile?	<ul style="list-style-type: none"> - Se prioriza la cantidad sobre la calidad - Tecnología insuficiente - Talento humano no es prioridad - Mala actitud del personal
9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?	<ul style="list-style-type: none"> - Involucramiento del personal - Plan de incentivos
<i>Etapa 3: auditorias, cambios y efectos</i>	
10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoria como líder de su proceso?	<ul style="list-style-type: none"> - Favoreciendo la posibilidad de demostrar cumplimiento - Favoreciendo la posibilidad de materializar la mejora continua - Favoreciendo la posibilidad de estandarizar las operaciones

3.1 Análisis de datos

A continuación, se expone el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de las entrevistas y del *focus group*, considerando las categorías planteadas en la Tabla I, anterior.

Etapa 1: caracterización del presente y comprensión de la realidad

1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?

Al consolidar las respuestas a esta pregunta, nos encontramos que el 94% de los entrevistados tienen una definición cercana, mas no precisa, lo que queda de manifiesto en opiniones como la de E3 (Técnico geominería con 10 años de experiencia), quien afirma que se trata de “Velar porque se entregue un producto o resultado de calidad”; y lo que afirma E5 (técnico geológico, estudiante de ingeniería, con 13 años de experiencia) “Planificar que todo esté en orden y salga bien respecto a los trabajos y con un mejoramiento continuo”. Por su parte E7 (Técnico geológico con 35 años de experiencia en minería), comenta “Son reglas que se fijan para cierta preparación de un producto; ya sea en protocolo, estándares, normas ISO”.

Por otra parte, E4 (Geólogo con 4 años de experiencia) representando el 6% de la población, hace referencia al enfoque de negocio; dando como opinión “Es un proceso clave en el negocio de la minería, en el cual se debe llevar el control y el aseguramiento en paralelo, con los profesionales adecuados y con la tecnología adecuada”.

Al profundizar en las opiniones recibidas, se puede evidenciar que sólo el 11% de los entrevistados, conocen las normas internacionales que regulan los procesos de calidad en minería; con respuestas como las dadas por E15 (Geólogo 5 años de experiencia) “Se trata del Código JORC”. Las demás personas, manifiestan que saben que debe existir alguna normativa, pero desconocen específicamente el nombre de estas, lo cual queda de manifiesto en opiniones tales como “No sé. Deberían existir, pero no conozco los datos específicos” (E1, Geóloga microscopista con 15 años de experiencia, Magister en Geofísica).

Al momento de discutir estas respuestas en el *focus group*, FG1 (geólogo con 30 años de experiencia) opina que “estas respuestas sí reflejan lo que diría el promedio del personal del mundo minero”.

Por su parte FG2 (geólogo con 40 años de experiencia) afirma que “Los procedimientos dados por la empresa mandante o la jefatura son suficientes, dado que estos documentos se hacen con base en la normativa técnica, la cual no es de fácil entendimiento para el personal en terreno”.

De otro lado, FG4 (geólogo con 40 años de experiencia) comenta “En la minería chilena no se encuentra muy normados los procesos. Se implementan según la exigencia de los posibles clientes y a conveniencia; sobre todo, en la mediana minería y en empresas mineras que son de tipo familiar”.

2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?

En relación con este interrogante, el 87.5% del personal entrevistado opina que existe una percepción positiva, y que se recibiría de buena forma; incluso E9 (técnico geológico con 35 años de experiencia), manifiesta textualmente “Representaría una mejora en la calidad de vida de uno como trabajador”

Por otra parte, el 6.3% afirma que la percepción depende de cada individuo, tal como opina E11 (Geóloga junior) “Eso depende de la persona y del rol que ejerza la persona en el servicio” y el restante 6.3% cree que existen dos corrientes, como lo manifiesta E16 (geólogo con 2 años de experiencia) “Pienso que hay dos corrientes: las personas que están acostumbradas a hacer las cosas de una manera y son reacias a nuevas propuestas; y la segunda corriente son las personas que están más abiertas al cambio y que están dispuestas a ver nuevas opciones y no quedarse en el pasado. Actualmente va ganando más terreno la corriente de quienes están abiertos al cambio”.

Por otra parte, en el *focus group*, FG2 (geólogo con 40 años de experiencia), opina que “en minería es evidente la evolución en la mentalidad de las personas con respecto a la mejora continua”.

3. En otras empresas que haya trabajado ¿de qué manera se encontraba implementado el aseguramiento y control de calidad?

Analizando las respuestas dadas a esta pregunta, un 47,1% señala que ha participado u observado controles típicos operacionales, tal como comenta E10 (Técnico geológico con 11 años de experiencia) “En preparación mecánica en laboratorios, había controles granulométricos”; y como manifestó E15 (geólogo con 5 años de experiencia) “se aplica el QAQC de leyes,

insertando muestras ciegas para el análisis químico, con el fin de evaluar parámetros como la exactitud y la precisión". Por otra parte, el 35,3% de los entrevistados comenta que el control de calidad que han presenciado se basa en supervisiones, tal como señala E13 (técnico geológico con 13 años de experiencia) "se hacían revisiones de supervisores o revisiones cruzadas". Adicionalmente, un 17,6% manifiesta que han hecho parte de servicios donde el control de calidad la ejercían empresas o personas externas al proceso al que pertenecían, lo que queda en evidencia con el aporte de E9 (Técnico geológico con 35 años de experiencia) "Control de calidad estaba afuera y no había retroalimentación"; y se complementa con lo que afirma E5 (Técnico geológico con 13 años de experiencia, actualmente estudia ingeniería industrial) "se hacía contratación de empresas consultoras y auditoras externas".

El total de las personas entrevistadas muestran su interés en que se les aplique algún tipo de control de calidad. En particular comentan que es necesario que alguien de mayor experiencia específica en la labor que ellos desempeñan, audite o revise su trabajo y le haga recomendaciones para la mejora o le corrija donde se pueda estar equivocando, tal como lo expone E15 (Geólogo 5 años de experiencia) "Podemos detectar errores oportunamente"; o la opinión de E12 (Técnico geológico con 12 años de experiencia) "de otra forma no se puede comprobar que los resultados que se entregan son confiables".

Al exponer estas respuestas en el *focus group*, FG4 (geólogo con 40 años de experiencia) comenta lo siguiente: "es muy positivo el hecho de que el personal en terreno actualmente solicite que se les audite o que se les aplique consultoría de alguien con mayor experiencia que ellos, porque esto refleja un cambio de mentalidad y una mejora continua. De igual forma, se debe tener como foco que la ley química es la que refleja si se hizo bien el proceso y es el parámetro por cuidar".

Etapas 2: caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación.

4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña de sondeos con fines de investigación geológica?

Los resultados de la entrevista se consolidan desde tres fuentes que se describen a continuación.

Fuente 1: la entrevista oral, figura 1, muestra que las personas opinan que las etapas más críticas, de las 17 planteados son las siguientes: perforación, chequeo de regularización, fotografía, geología, muestreo.

La figura 1, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los entrevistados en la pregunta 4, las puntuaciones corresponden a la cantidad de personas que incluyeron determinada etapa dentro de las 5 opciones que consideran más críticas.

Las barras destacadas en azul, en la figura 1, son las etapas que clasificaron como las de mayor puntuación.

Fuente 2: la pauta cuantitativa de análisis de criticidad de procesos, figura 2, arroja las siguientes etapas como las de puntuación de mayor impacto en la calidad de la información y calidad de los trabajos: perforación, control de sondeos, geología, muestreo y análisis químico.

La figura 2, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los entrevistados en la pauta cuantitativa. Las puntuaciones corresponden a los resultados matemáticos de evaluación de la criticidad (barras), combinado con la frecuencia con que clasificaron para los entrevistados como las que mas impacto tienen en el proceso global (línea roja).

Las barras destacadas en azul, en la figura 2, son las etapas que clasificaron como las de mayor puntuación

Fuente 3: el análisis de criticidad de procesos, en el *focus group* (figura 3), arroja los siguientes procesos como los que más afectan en la calidad de los entregables, tangibles e intangibles: perforación, geología, muestreo, almacenamiento e inventario de muestras.

La figura 3, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los participantes en el *focus group*. Las puntuaciones corresponden a la cantidad de personas que incluyeron determinada etapa dentro de las opciones que consideran más críticas.

Las barras destacadas en azul, en la figura 3, son las etapas que clasificaron como las de mayor puntuación.

Por otro lado, en el *focus group* FG1 propone “La preparación mecánica y el análisis químico debería entenderse como una sola etapa, a cargo del laboratorio e incluirlo como una de las cinco etapas críticas”, en lo cual estuvo de acuerdo FG5.

Adicionalmente, FG1 opina “el QAQC no debe ser considerado dentro de la evaluación de criticidad de las etapas, es indispensable y es transversal a todo el proceso”. Esta opinión tuvo el apoyo de FG2, FG3, FG4, FG5.

Por otra parte, FG4 pide “Se debe añadir dentro de la cadena los siguiente tres procesos; base de datos, modelamiento geológico, estimación de recursos”, propuesta en la que concordaron FG1, FG2 y FG5. En el mismo sentido FG5 propone “Se debería incluir una etapa de planificación, con lo que esté establecido en los contratos en la perforación”, opinión en la que está de acuerdo FG1.

5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?

Antes esta pregunta, las estrategias que mayoritariamente propusieron los entrevistados, consideran elementos de aseguramiento de calidad y de control de calidad, las cuales se describen a continuación:

- *Garantizar personal capacitado*, con un porcentaje de opinión de 21,2%. Lo que expresan los siguientes entrevistados "Las personas deberían tener capacitaciones e involucramiento en los procesos" (E15, Geólogo con 5 años de experiencia).
"Es necesario dar capacitación al personal en el tema específico y que el personal pase por un proceso de entrenamiento" (E5, Geólogo con 4 años de experiencia)
"Se debe brindar capacitaciones constantes" (E8, Supervisor de muestrera con 15 años de experiencia.).
- *Buena comunicación* (13,5%), lo que se evidencia con opiniones como "Se debe implementar un buen flujo de información" (E3 (Técnico geominería con 10 años de experiencia).
- *Chequeos y autochequeos* (28,8%) ("Se requiere hacer revisiones cruzadas por parte

de otros procesos en el flujo del trabajo" (E16, geólogo con 2 años de experiencia).

"Se debería hacer siempre un autochequeo en todas las etapas" (E12, Técnico geológico con 12 años de experiencia)

- *Mantenimientos* (21,2%), "se debe asegurar que se empleen siempre materiales y herramientas en buen estado" (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia))
- *Consultorías* (15,4%) "para los procesos críticos es necesario contar con la validación de un profesional senior" (E4, Geólogo con 4 años de experiencia)

6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?

Analizando las respuestas obtenidas en las entrevistas, un 25% de los entrevistados opinan que el *orden* es la cualidad necesaria para que el trabajo se haga de buena manera, lo que queda de manifiesto en opiniones como “Comenzar un trabajo desordenado genera errores” (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia) y “El orden hace que todo funcione” (E6, técnico geológico, estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia).

Por otro lado, el 20% comenta que la *buena comunicación* es lo fundamental. En las respuestas categorizadas en este apartado, nos encontramos con aportes como “Lo clave es la buena comunicación y el correcto flujo de información (E8, Supervisor de muestrera con 15 años de experiencia.).

El 17.5% afirman que la *responsabilidad* es la cualidad que no puede faltar, tal como manifiesta E9 (técnico geológico con 35 años de experiencia) “La responsabilidad no debe faltar, porque es una confianza que le están dando a uno, y hacer mal el trabajo produce un efecto dominó”.

Se suma la opinión de un 15% que presentan opiniones como la que da E10 (Técnico geológico con 11 años de experiencia) “Que las personas no trabajen de forma mecanizada, sino que sepan para qué hacen los trabajos”, destacando de esta manera la importancia de la comprensión de las labores y de la garantía de las *competencias de las personas* que participan en cada proceso.

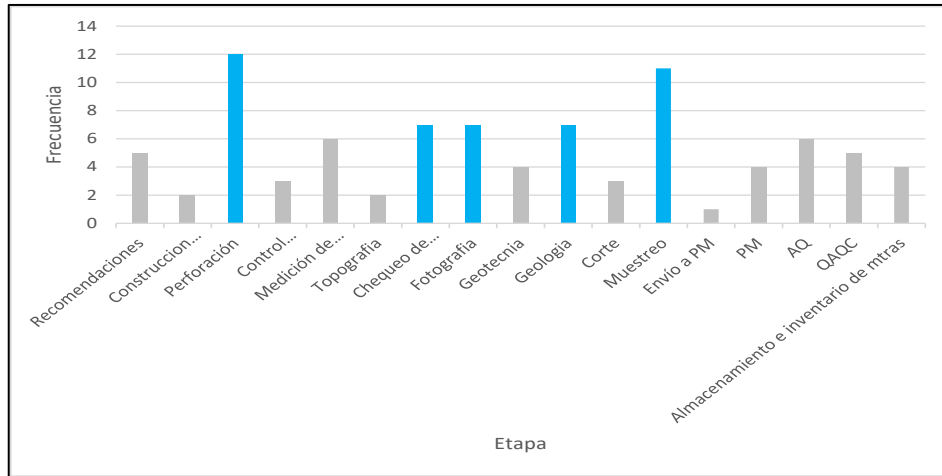


Figura 1: Resultados de entrevista oral (Fuente: Elaboración propia)

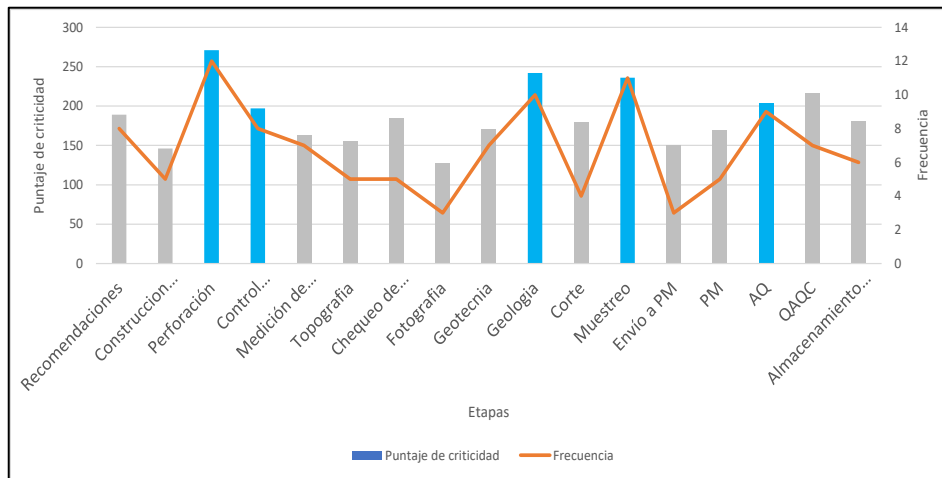


Figura 2: Resultados de aplicación de la pauta cuantitativa (Fuente: Elaboración propia)

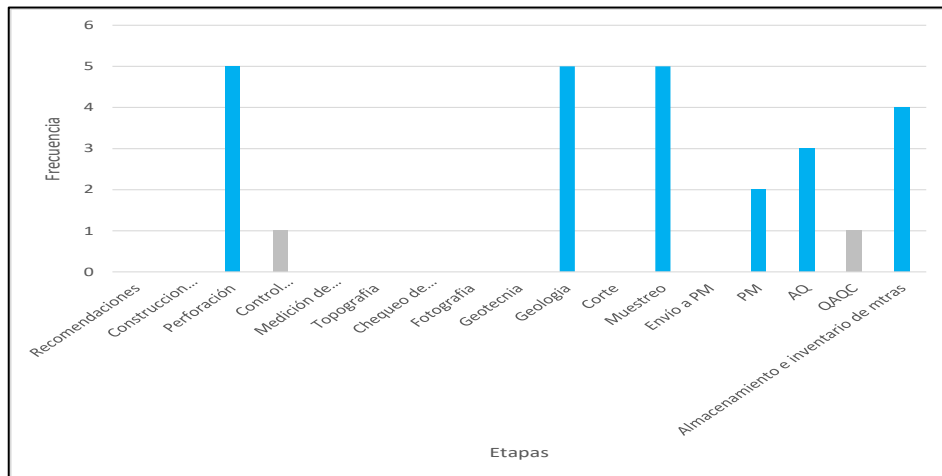


Figura 3: Resultados de focus group (Fuente: Elaboración propia)

Adicionalmente, un 10% opinan que *la capacidad de trabajar en equipo* es la cualidad más importante que debe estar presente para lograr objetivos, en este sentido el E8 afirma la cualidad infaltable es "la capacidad de trabajar todos juntos y con respeto" "por otro lado E13 (Técnico geológico con 13 años de experiencia) señala que "se debe tratar de complementarse y trabajar en grupo" .

El 5% de las respuestas obtenidas apunta a *disciplina y constancia* como las cualidades imprescindibles, con aportes tales como los siguientes "Uno tiene que ser constante y eficaz" (E13, Técnico geológico con 13 años de experiencia); "Se debe ser disciplinado y constante en los trabajos" (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia).

Es importante considerar también, el 5% que se enfocan en la importancia de la *capacidad de autocrítica*, lo cual queda en evidencia con comentarios tales como "Todas las personas tienen que ser autocríticas al momento de tomar una tarea" (E11, Geóloga junior). En el mismo sentido, se encuentra la siguiente opinión "Destaco la capacidad de ser una persona abierta, que reciba observaciones constructivas, para la mejora; una persona que sepa escuchar, ya que en este rubro hay diversas opiniones para un mismo proceso, y hay que saber escuchar posturas diferentes a las de uno" (E16, geólogo con 2 años de experiencia).

Por otra parte, el 2,5% de las respuestas, apuntan a la relevancia del *entusiasmo*, donde un colaborador opinó "Primero que todo creo que lo más importante son las ganas de trabajar. Creo que, si una persona sólo viene a trabajar por ganar dinero, no es la forma adecuada. Creo que uno tiene que sentir pasión por lo que realiza, para el fin común del proceso completo" (E6, Técnico geológico con 14 años de experiencia, actualmente estudia ingeniería en minas).

7. ¿De qué manera asegura la calidad del entregable en la etapa que usted participa?

Las respuestas obtenidas ante esta pregunta muestran una inclinación mayoritaria hacia las *Revisiones cruzadas* con un 40.9% con opiniones

tales como las del E6 (técnico geológico, estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia) "Generalmente uno se hace un autochequeo, pero cuando hay otra persona que te revise es mucho mejor. Esta persona puede hacerte ver las cosas que tú no ves, para que puedas asumir y mejorar".

Por otro lado, el 27,3% de las respuestas apuntan a "Buena comunicación" comentando "Se debe dejar un buen cambio de turno siempre, con claridad y orden" (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia) y lo aportado por otro colaborador "Mi autocontrol es gestionar o solicitar la información de entrada. Por ejemplo ¿para qué se está pidiendo este trabajo?, esto con el fin hacer una buena planificación" (E6 (técnico geológico, estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia))

El autochequeo es la estrategia de control que aplican el 18,2% de los entrevistados, afirmando "Siempre hay que hacer un continuo chequeo de lo que uno hace" (E7, Técnico geológico, con 35 años de experiencia).

Un 9,1% afirman que el mejor control de calidad para sus entregas es la revisión de un profesional senior o un experto dentro del equipo, lo que queda en evidencia con opiniones tales como "Se hacen revisiones por parte de alguien con mayor experiencia". (E4, Geólogo con 4 años de experiencia).

El 4,5% restante manifiesta que el control de calidad que aplican a sus propias entregas y trabajos se basa en la revisión de terceros, laboratorios externos o auditorías de tercera parte, según lo manifestado por E1 (Geóloga microscopista con 15 años de experiencia, Magister en Geofísica) "Se envía muestras a laboratorio secundario".

Al someter los resultados a la opinión del *focus group*, se encuentra que FG2 (geólogo con 40 años de experiencia), comenta "En general los procesos deben tener revisión de la supervisión en terreno y auditoría interna y/o externa; de manera que vayan asegurando que las cosas se están haciendo bien".

Por su parte FG3 (geólogo con 15 años de experiencia), opina que "lo más importante es asegurar la trazabilidad de las tareas. Y la mejor forma de hacerlo es obedeciendo los procedimientos".

8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minería del norte de Chile?

Ante esta pregunta el 31,8% de los entrevistados dieron respuesta que apunta a la incompetencia de las personas que se encuentran a cargo de los procesos y la toma de decisiones; lo cual se fundamenta en opiniones tales como "Se evidencia la falta de experiencia de las personas que están a cargo" (E14, hidrogeóloga, con 10 años de experiencia en minería) y "Existe una burocracia excesiva y los procesos se llenan de papeles innecesarios" (E12, técnico geológico con 12 años de experiencia en minería).

Por otra parte, un 22,7% opina que la debilidad mayor es que el talento humano no es prioridad para las organizaciones, lo que queda de manifiesto en expresiones como las siguientes "Falta actualización en tema de capacitación" (E7, técnico geológico con 35 años de experiencia). "Se debe dar más chance a que las personas se preparen y se actualicen" (E9, técnico geológico con 35 años de experiencia) y "Falta inversión hacia los trabajadores" (E13, Técnico geológico con 13 años de experiencia)

De otro lado un 22,7% manifiesta que el problema es que en general "la cantidad es más importante que la calidad de los trabajos" (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia).

En contraste, un 9,1% comenta que el sistema de turnos que existe en Chile debilita la calidad de los productos y servicios de la minería. Al respecto, E15 (geólogo con 5 años de experiencia en minería) manifiesta que "El sistema de turnos es bueno para las personas, pero hace que las pegas se hagan por separado y que no siempre se le dé una continuidad al proceso". En el mismo sentido, E3 (Técnico geológico, con 10 años de experiencia) opina por su parte que "un turno trabaja de una manera y el otro turno llega a trabajar de otra".

Un 9,1% adicional, señala que la problemática mayor radica en las actitudes de las personas, tal como se manifestó en las siguientes opiniones "La resistencia al cambio de algunas personas es el principal problema" (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia) y "El problema radica en la conducta de cada trabajador" (E12, Técnico geológico, con 12 años de experiencia).

El 4,5% restante opina que la mayor debilidad de la minería chilena en este momento es la falta de inversión en actualización de tecnología, tal como lo expresa E7 (Técnico geológico con 35 años de experiencia) "Cuando no hay actualización y no se asume que hay nuevas tecnologías, nos vamos quedando atrás".

9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?

Analizando las respuestas a esta pregunta, el 93,8% de los entrevistados opinan que la mejor forma de conseguir que el personal en terreno se vincule dando lo mejor de sí a la implementación de un plan de calidad es haciendo partícipes a los colaboradores y educando en relación con los objetivos y las ventajas de este proceso; por ejemplo, E4 (Geólogo con 4 años de experiencia) expresa que "se debe educar, informar para qué estoy haciendo el proceso de la implementación del plan de aseguramiento y control de calidad. Se les debe comunicar que no se trata de cuestionar su trabajo, sino de mejorar la calidad de los entregables y para bien del negocio". De otro lado, el 6,3% restante, considera que la mejor forma de conseguir un involucramiento es mediante el ofrecimiento de incentivos, tal como lo manifestó E12 (técnico geológico con 12 años de experiencia) "Daría premiaciones e incentivos, por participación y por las mejores ideas y cosas así".

Etapa 3: auditorias, cambios y efectos

10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le daría a usted más

confianza a la hora de abordar una auditoria como líder de su proceso?

Según los hallazgos, el 77.8% opina que la mayor razón que aumenta la confianza de los posibles auditados mediante un plan de calidad es porque aumenta la capacidad para demostrar el cumplimiento de los estándares establecidos y la competencia del personal. Este alto porcentaje lo respaldan respuestas textuales como las que siguen: “Se genera confianza en los trabajos que uno hace y los que hace su equipo”. (E6, técnico geológico, estudiante de ingeniería, con 14 años de experiencia) y “Existe mayor confianza de que todo está en orden” (E13, técnico geológico con 13 años de experiencia en minería).

“En esas condiciones se tiene la posibilidad de demostrar como lo estamos haciendo y que estos procedimientos están de acuerdo con las normas internacionales” (E4, geólogo con 4 años de experiencia).

Además, el 11.1% de los encuestados cree que la ventaja distintiva de un plan de aseguramiento y control de calidad frente a las auditorías radica en su capacidad para facilitar la implementación de la mejora continua, con opiniones como “si uno tiene implementado un sistema, tiene mayor probabilidad de aplicar mejora continua” (E12, técnico geológico, con 12 años de experiencia) y “se crea la necesidad de corregir y mejorar sobre las debilidades que se vayan evidenciando” (E1, Geóloga microscopista con 15 años de experiencia, Magister en Geofísica.)

Mientras que otro 11.1% indica que el valor añadido se centra en al aumento de la probabilidad de estandarización de las operaciones “El tener el proceso estandarizado nos permitiría tener mayor orden, registro diario y confianza en el trabajo” (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia) y “El hecho de tener los procedimientos e instructivos documentados, haría que los trabajos fueran estandarizados” (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia).

Al discutir estas respuestas en el *focus group*, FG2 (geólogo con 40 años de experiencia) señala lo

siguiente: “Es necesario incluir supervisión y auditoria establecida en cada proceso, de manera constante. Es fundamental que la persona sienta el respaldo y que se sienta parte de un plan. Esta práctica permitiría al trabajador detectar errores y mejorarlos oportunamente; además de ampliar sus conocimientos en conversación y retroalimentación técnica con la persona que tiene mayor formación y/o experiencia en el tema que estén trabajando. Además, por fortuna la auditoria se está empezando a ver como lo que realmente es: una herramienta para la mejora”.

3.2 Discusión de resultados

Considerando la primera etapa *de caracterización del presente y la comprensión de la realidad*, y en relación con las preguntas de dicha etapa se distingue respecto del aseguramiento de la calidad, que este es comprendido como propio y en general con dominio del tema, si bien se evidencia ausencia de precisión en los conceptos. En ese sentido, pocos profesionales conocen las normas atinentes, considerando eso sí, que, desde una opinión experta, que, para la minería chilena, no se encuentran muy normados estos procesos. Estos hallazgos están de acuerdo con los resultados propuestos por Rojas (2019), en cuyo trabajo se afirma que un plan de calidad contiene documentación para la estandarización (como procedimientos y protocolos) y tiene como objetivo garantizar que la información generada en los procesos mineros tiene una alta calidad y que se puede utilizar para el control mineral.

Por otra parte, según concepto de Mora (2022), es fundamental la elección de las estrategias de mejora continua adecuadas al iniciar cualquier proyecto, ya que esto contribuye significativamente a obtener resultados eficientes.

De otro ángulo, se considera imprescindible el cumplimiento de los diversos protocolos para la demostración de la eficacia de los procesos y la calidad de los productos finales. Es clave, además, la implementación de diversas herramientas de mejora continua, utilizando el Ciclo de Deming (Cruz Medina

et al, 2017). como marco principal con el fin de dar garantía de una gestión ordenada.

Cuando se consideró la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad, es posible establecer una percepción positiva para dicha implementación, limitada esta, por la persona que interviene y del rol que ejerza en el proyecto.

Desde una mirada de sus experiencias previas, se evidencia que han participado u observado controles típicos operacionales, verificación de condiciones óptimas de equipos e instrumentación, programas de limpieza y orden en instalaciones, entre otras. Controles presenciados que operaban con base en supervisiones o revisiones cruzadas, o simplemente ejecutados con participación de empresas o personas externas.

Lo cual coincide con lo que se afirma desde algunos trabajos investigativos que se han realizado en torno a este tema, concluyendo que un plan de calidad impacta positivamente asegurando que los trabajos de obtención de data se han hecho de forma correcta y generando mayor confianza en los resultados (Alaina, 2023).

Es un hecho, directamente relacionado que se ha dado una evolución en la mentalidad de los trabajadores de terreno y con ello los gestores del talento humano han asumido nuevos desafíos. De esta manera, tanto lo expresado por los trabajadores entrevistados como lo concluido por Paiva (2023), nos lleva a evidenciar que el trabajador ya no permite, ni debe, ser tratado como una máquina de producción; sino que desean ser tenidos en cuenta, incluso a niveles más estratégicos. Los colaboradores proponen que se valore su experiencia en el terreno mismo y el conocimiento de las condiciones reales de las labores. Hoy en día, los líderes de las empresas han ido entendiendo esta realidad, y enfocan sus políticas de talento humano en atraer, retener y desarrollar las cualidades, más aún en el momento histórico que se vive a nivel de nuevas tecnologías (Paiva, 2023).

De lo anterior se establece con claridad, la relevancia de obtener el compromiso por parte de los

individuos con los objetivos de la organización. Esto se logra cuando las personas, desde la convicción y la responsabilidad, se involucran en el desafío de la mejora continua. Por lo tanto, se debe crear una atmósfera adecuada para que el personal pueda contribuir con su talento en la evolución de los procesos, mientras que al mismo tiempo crecen y se desarrollan como seres humanos y como profesionales. En el mismo sentido, se debe considerar que es esencial proporcionar capacitación y fomentar la automejora en los colaboradores de todos los niveles operativos y jerárquicos.

Se evidencia además que las personas en minería, actualmente, asocian los planes de calidad principalmente a los controles que se insertan para evaluar la etapa de análisis químico. Es poca la conciencia que hay en el personal entrevistado con respecto a la necesidad de implementar medidas de aseguramiento y control de calidad en las demás etapas del proceso global, lo cual coincide con lo expuesto en investigaciones existentes acerca de este tema (Alaina, 2023). En este sentido, Ancalle (2020), menciona las diversas etapas de la cadena de valor, y propone un robusto plan de calidad para estas. Algunas de las etapas que en esta fuente se mencionan coinciden con las 17 etapas que se pusieron como marco inicial en las entrevistas hechas en el presente trabajo.

Dados estos hallazgos se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: Mantener el perfil de las personas seleccionadas y contratadas, para continuar sobre esta base con la comprensión y dominio general del tema, mejorando el foco en la precisión de los conceptos; capacitar a los profesionales del equipo en normas técnicas de su área de desempeño para evolucionar en el diseño de protocolos con base técnica; gestionar asesorías expertas en técnicas de mejora continua, estándares ISO, comunicación efectiva y la ejecución de planes de calidad para mejorar la eficiencia de los resultados, dar garantía a la correcta ejecución de la recopilación de datos y aumentar la confianza en los resultados obtenidos;

diseñar un plan de capacitación y sensibilización para dar mejores fundamentos teóricos a todos los colaboradores en cuanto a lo que es y significa un plan de calidad.

Ahora bien, en cuanto a la *caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación*, se obtienen resultados muy cercanos desde las tres fuentes que se tomaron las respuestas; siendo las definitivas las que se han dado en el *focus group*.

Dicho lo anterior, y desde esa perspectiva, se considera que los procesos que más afectan la calidad de la información y las muestras, producto del proceso, son los siguientes: perforación, geología, muestreo, almacenamiento e inventario de muestras y laboratorio (que incluiría preparación mecánica de muestras y análisis químico). Complementariamente, el proceso QA/QC debe considerarse como una etapa infaltable y transversal a toda la cadena de valor.

Por otra parte, las etapas a considerar en la cadena de valor deben ser 21 (y no 17, como se planteó en principio para el presente trabajo)

1. Planificación y etapa de licitación y compromisos contractuales.
2. Planteamiento de recomendaciones
3. Construcción de plataformas de sondajes
4. Perforación
5. Control de sondajes (RC y DDH)
6. Medición de trayectoria
7. Topografía
8. Chequeo a regularización
9. Fotografía de sondajes
10. Geotecnia
11. Geología
12. Corte
13. Muestreo
14. Envío a preparación mecánica
15. Preparación mecánica
16. Análisis químico
17. Almacenamiento e inventario de muestras
18. Base de datos
19. Modelamiento geológico
20. Estimación de Recursos.

Y como etapa N°21 el Aseguramiento y control de calidad (QA/QC), de la cual se concluye que debe aplicar a las otras 20.

Del listado definido precedentemente, las etapas que se han añadido, producto de las conclusiones derivadas del *focus group*, son la número 1, 18, 19 y 20,

Esta inclusión, coincide además con la relevancia que da Acevedo (2017) a la base de datos y buen manejo de la información en los procesos de geología; lo cual se encuentra en coherencia con la propuesta que hacen Carrasco & Mayorga (2022), quienes plantean estas tres etapas, como actividades claves de exploración geológica, dentro del programa de calidad que se propone en su trabajo.

Ahora bien, respecto a la definición de las 5 etapas que generan mayor impacto en los entregables (tangibles e intangibles), en opinión general de los entrevistados, todas las etapas son importantes y en la medida que se avance en el proceso de implementación del plan de calidad, debe tender a abarcarse todas estas con la misma rigurosidad; independientemente de que se comience por la implementación del plan de calidad con foco en las que se determinen como las más críticas.

Por otra parte, tenemos la opinión de Long (2003), autor referente en aseguramiento y control de calidad en minería, quien afirma que la información que se genera en estos procesos se categoriza en tres grandes grupos que son: *ensayos, geología y geotecnia*; lo cual coincide parcialmente con la investigación hecha por Ancalle, (2020) quien da prioridad a *la cadena de custodia de las muestras, la calidad del mapeo y la geotecnia*.

De otro lado, se hace evidente para los entrevistados en el presente trabajo los procesos de control de calidad de leyes y almacenamiento e inventario de muestras; son considerados procesos críticos y que requieren puntos de control robustos, medibles y eficientes. Lo cual nos lleva a concluir que estos hallazgos están parcialmente de acuerdo con los resultados comunicados por otros autores (Long, 2003; Ancalle, 2020).

Con respecto a las estrategias de aseguramiento y control de calidad que se debe implementar en cada una de las etapas, se concluye que los procesos deben tener revisión sistemática de un profesional con experiencia y auditoría interna; de manera que el aseguramiento de la calidad se haga de manera diaria y rutinaria y se garantice que las cosas se están haciendo bien. Desde esta perspectiva, se desea que ante la existencia de desviaciones, las mismas sean detectadas oportunamente. Además, se considera que, si los procedimientos se encuentran bien diseñados, obedeciendo a la normativa técnica y las indicaciones de las empresas mandantes, si están hechos por las personas a cargo en terreno y si se aplican de manera rigurosa; los resultados deberían cumplir con los requisitos planteados para cada producto y servicio.

En relación con los controles de calidad específicos para cada proceso, las respuestas obtenidas en las entrevistas son diversas. En este sentido, en la publicación de Alaina (2023), se puede encontrar una propuesta de la forma como se podría controlar estas etapas. Sin embargo, el análisis individual de los controles a implementar en cada etapa crítica merece un análisis independiente y profundo, con profesionales senior y colaboradores con amplia experiencia en cada proceso.

Teniendo en cuenta las evidencias expuestas precedentemente, se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: fortalecer las competencias de las personas de los procesos que manejan datos de manera directa, para disminuir la manipulación de información; gestionar inversión en infraestructura e instalaciones para mejorar las áreas físicas donde se lleva a cabo el proceso de almacenamiento e inventario de muestras; promover el análisis riguroso de los controles de calidad a implementar en cada una de las etapas del proceso, por parte de expertos en cada tema para garantizar la claridad de los requisitos legales, técnicos y contractuales que se deben cumplir en cada entregable (tangible e intangible) y para asegurar el cumplimiento de los mismos.

Con respecto al impacto que tendría un plan de aseguramiento y control de calidad en los temas de *Auditorías* el personal entrevistado afirma que tiene conciencia de que en este contexto se sentirían más seguros y confiados al ser auditados.

Por su parte Carrasco (2022), en la propuesta que plantea en su trabajo investigativo, propone las auditorías internas como parte de los controles del plan de calidad; lo cual fortalece las condiciones para enfrentar una auditoría externa.

Es importante considerar los aportes de Huarcaya (2021), quien señala que los procesos encaminados a la mejora de la gestión deben comenzar con la confección de los procedimientos de las operaciones de interés, seguido de la determinación y implementación de los controles en terreno mediante la inspección, y como medida final utilizar herramientas de mejora continua. Todo esto dentro del marco de la norma ISO 10005: 2005, la cual es una guía que orienta, acerca de los planes de calidad.

Es clave crear conciencia de la responsabilidad que tienen todos los colaboradores que participan en determinada etapa, en los diversos niveles. El involucramiento de todas las personas conduce la detección de oportunidades de mejora a tiempo, de manera que se puedan obtener los productos y servicios planificados (Bonilla, 2024).

Paralelamente, se propone definir e implementar los puntos de control, sobre las cinco etapas que se han sido clasificadas como las más relevantes.

Complementariamente se recomienda aplicar el ciclo de mejora continua PHVA (Cruz Medina et al. 2017), sobre las etapas que se han definido como las más críticas según los resultados del presente trabajo.

El proceso debe comenzar por una etapa de sensibilización e involucramientos del personal de todas las empresas y niveles, relacionadas al proceso global.

Posteriormente, se debe avanzar en el fortalecimiento de las competencias de las personas a nivel individual y a nivel de equipo.

La fase de PLANEAR debe involucrar revisión de la normativa técnica y legal; y revisión de los compromisos contractuales de todas las partes involucradas. Esta fase debe fortalecerse con el aporte del personal más experimentado dentro de la organización y debe concluir con el diseño de los protocolos de trabajo y la gestión de los recursos necesarios y de forma oportuna.

La segunda fase (HACER), es propiamente la puesta en marcha y debe constar de una etapa previa de capacitación y entrenamiento sobre los protocolos diseñados.

La tercera fase (VERIFICAR), trata del diseño y aplicación de herramientas de medición como indicadores de gestión, auditorías internas y de segunda parte, la aplicación de las herramientas de la calidad (Cruz Medina et al, 2017).

La cuarta Fase (ACTUAR), consiste en proponer e implementar acciones de mejora (correctiva o preventiva) de acuerdo con lo concluido en la tercera etapa. Esta cuarta fase, debe enlazar de manera cíclica con la primera Fase, generando de esta forma un proceso de mejora continua; que garantiza que la calidad que los entregables en estos procesos, cumplen a nivel auditable.

Dados estos hallazgos se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: Implementar un plan de auditorías internas para evidenciar oportunamente fallas y que la organización se encuentre mejor preparada frente a auditorías externas; declarar el compromiso de la alta dirección en cuanto a inversión en tecnología, instalaciones y capacitación asertiva al talento humano para contar con los recursos necesarios que exige la calidad; planificar en el mediano y largo plazo el involucramiento en el plan de calidad de las demás etapas del proceso que no clasificaron dentro de las más críticas para lograr progresivamente abarcar la cobertura de todas las etapas de la cadena de valor, en el proceso global,

3.3. Metodología propuesta:

La metodología que se propone consiste en la determinación de la criticidad de las etapas de un proceso en una campaña de perforación con fines de investigación geológica.

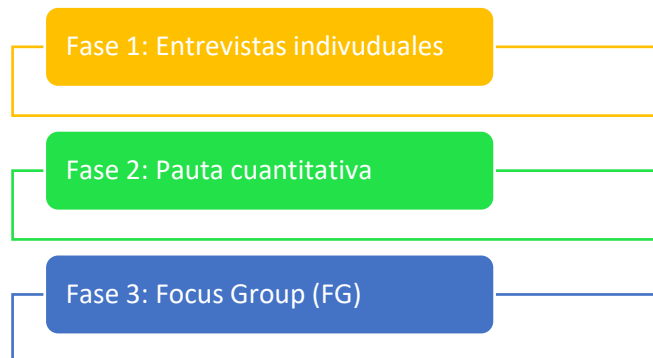


Figura 4: Fases de la metodología propuesta (Fuente: Elaboración propia)

La pertinencia de estas fases obedece a la siguiente descripción: Se aplica un método de investigación mixto; el cual se materializa con las fases investigativas que se describen a continuación.

Descriptor fase 1: se hace entrevista semiestructurada oral e individual, donde se evalúa cuáles serían las cinco etapas más críticas del proceso en opinión del personal en terreno, con conocimientos y/o experiencia en minería. Además, se indaga acerca de la percepción que tienen las personas en relación con un plan de calidad y de las necesidades que manifiestan con respecto al tema.

Descriptor fase 2: se implementa pauta cuantitativa, en la cual se evalúa el nivel de criticidad de cada etapa de la cadena de valor del proceso. Considerando qué probabilidad hay de que ocurra la falla (de 1 a 5), y que nivel de impacto tendría este evento (en caso de que ocurra la falla). Donde 1 es el grado mínimo y 5 es el grado máximo.

Descriptor fase 3: se convoca un equipo de profesionales senior (geólogos y/o ingenieros) y se someten a opinión y discusión los resultados de las dos primeras fases con el fin de decidir en los puntos que hubiese divergencia. Una vez analizados los

resultados en el *focus group*, se procede a determinar las etapas que se consideran más críticas y sobre las cuales se debe establecer el alcance que ha de tener el plan de calidad a implementar, con el objetivo de aportar al cumplimiento de las normas internacionales que dan los estándares en minería y que posibilitan la cotización en las bolsas de valores del mundo.

Por otro lado, del *focus group* se debe concluir si es necesaria agregar etapas al proceso que se consideren significativas para los productos tangibles e intangibles de los procesos.

4. Conclusiones

Este trabajo establece que las etapas más críticas en una campaña de sondeos con fines de investigación geológica tal que se garantice la calidad información que ingresa al proceso de modelamiento y estimación de recursos son: Perforación, Geología, Muestreo, Almacenamiento e inventario de muestras, Laboratorio (incluyendo preparación mecánica de muestras y análisis químico). Sumando a esto el aseguramiento y control de calidad (QA/QC), que debe ser transversal a todo el proceso.

Esta conclusión permite el establecimiento del alcance para la partida del plan de aseguramiento y control de calidad en el contexto planteado, de manera que se garantice la calidad de las muestras generadas y la información relacionada a las mismas; y de esta forma el yacimiento minero pueda cotizar en las bolsas de valores con nivel auditable.

Con este fin se diseñó una metodología para la definición de etapas críticas del proceso de manera tal que se aporte a la garantía la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero. En efecto los resultados muestran que, se logró evaluar las opiniones y aportes de los expertos, a nivel técnico y profesional, que participaron en las entrevistas individuales, la aplicación de la pauta cuantitativa y el *focus group*. Además, se consiguió seleccionar las etapas más críticas de una campaña de perforación con fines de investigación geológica.

El avanzar con esta propuesta contribuye al aseguramiento de la calidad de los entregables (tangibles e intangibles), que se generan en una campaña de sondeos con fines de investigación geológica; de manera que estos clasifiquen en categoría de “auditables”.

Producto del trabajo de investigación aplicado que se efectuó en la campaña de sondeos, se determinaron las siguientes acciones y estrategias futuras:

- Mantener el perfil de las personas seleccionadas y contratadas.
- Capacitar a los profesionales del equipo en normas técnicas de su área de desempeño.
- Aplicar nuevamente la metodología propuesta, incluyendo personas de nivel gerencial y colaboradores de otras empresas contratistas del rubro.
- Gestionar asesorías expertas en técnicas de mejora continua, estándares ISO, comunicación efectiva y la ejecución de planes de calidad
- Diseñar un plan de capacitación y sensibilización.
- Fortalecer las competencias de las personas de los procesos que manejan datos de manera directa.
- Promover el análisis riguroso de los controles de calidad a implementar en cada una de las etapas del proceso, por parte de expertos en cada tema.
- Implementar un plan de auditorías internas
- Declarar el compromiso de la alta dirección en cuanto a inversión en tecnología, instalaciones y capacitación asertiva al talento humano.
- Planificar en el mediano y largo plazo el involucramiento en el plan de calidad de las demás etapas del proceso que no clasificaron dentro de las más críticas.

Referencias

- Acevedo Molina, J. N. (2017). Inteligencia de negocio en aseguramiento y control de calidad para la exploración minera [Tesis de Pregrado, Universidad Gabriela Mistral]. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12743/1086>.
- Alania Martínez, D. E. (2023). Implementación de un sistema de control de calidad QA/QC aplicado al proceso de preparación y análisis de muestras geológicas, para mejorar el nivel de confiabilidad de los resultados de laboratorio y sirva en la estimación de recursos de la Veta Principal y Veta Andalucía 120-Mina Chungar-2015. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3125>.
- Alonso, R. N. (junio, 2020). Historia del litio en la Puna. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 7(1), 151–162. Salta: Universidad Nacional de Salta-CONICET (INSUGEOCEGA), Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEfyN/article/view/28639/30446>
- Ancalle Quispe, F. J. (2020). Logueo geológico, muestreo y qa-qc en perforación diamantina, proyecto puite-colorada en el departamento moquegua de la compañía minera zahena s.a.c. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Recuperado de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2974/1/T026_71058639_T.pdf.
- Bonilla Concha, J. (2024). Aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones unitarias de perforación para mejorar la productividad – Unidad Minera Uchucchacua Cía. Minas Buenaventura S.A. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3979>.
- Carrasco Rodríguez, M. D. (2022). Control de calidad en muestras de carbón antracita para la optimización de la base de datos geológica bajo la Norma NI-43101 en proyecto de carbón ubicado en la Cuenca Altochicama. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18248>.
- Carrasco Rodríguez, M. D., & Mayorga Rojas, J. C. (2021). Programa de calidad para cumplimiento de NI-43101 en exploración de proyecto de carbón antracita. *Revista Institucional Investigación. Fac minas metal, ciencias geográficas*. Vol 24 n° 48, 2021: 125-135. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21767>.
- Cortés Vega, M. D., Cotán Fernández, A., López Gavira, R., Melero Aguilar, N., Molina Romo, V. M., & Perera Rodríguez, V. H. (2014). Análisis de las barreras y ayudas que los estudiantes con discapacidad identifican en la universidad. *3ciencias*. [Editorial Área de innovación y desarrollo, 3ciencias]. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=657750>.
- Cruz Medina, F. (2017). Sistema de gestión ISO 9001-2015: Técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 17(1). ISSN Impreso 1900-771X, ISSN Online 2422. 4324. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5306.
- del Castillo-Serpa, A. M., Brito-Ballina, M. L., & Fraga-Guerra, E. (2009). Análisis de criticidad personalizados. *Revista de Ingeniería Industrial*, 12(3), 1-12. ISSN 1815-5944, Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2251/225114976001.pdf>.
- Escalante Torres, Omar Enrique. (2021). Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado. *Revista Industrial Data*, 24(1), 219-242. Epub 00 de enero de 2021. Versión impresa ISSN 1560-9146, Versión On-

line ISSN 1810-9993.

<https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.19814>

- Huarcaya Mayhua, M. C. (2021). Propuesta de implementación del plan de calidad según la ISO 10005 para la mejora del sistema de gestión en una empresa de fabricación y montaje de estructuras, Lima 2021. [Tesis de Pregrado, Universidad Norbert Wiener]. Recuperado de <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/4925>
- Jallo Sanchez, A., & Flores Hanco, R. A. (2023). Estimación de recursos de minerales de la veta Santa Rosa en los niveles inferiores 7 y 8 Compañía Minera SOTRAMI SA Sancos-Lucanas-Ayacucho. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Recuperado de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7683>.
- Lay-De-León, Rosa Nathaly, Acevedo-Urquiaga, Ana Julia, & Acevedo-Suárez, José Antonio. (2022). Guía para la aplicación de una estrategia de mejora continua. *Revista Ingeniería Industrial*, 43(3), 30-48. Epub 11 de noviembre de 2022. Versión On-line ISSN 1815-5936, Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362022000300030&lng=es&tlng=es.
- Long, S. (2003). Programa de Aseguramiento y Control de Calidad de los Ensayos para Proyectos de Perforación a un Nivel de Informe de Pre-Factibilidad a Factibilidad. Editorial Academia. Recuperado de https://www.academia.edu/33528246/Programa_de_Aseguramiento_y_Control_de_Calidad_de_los_Ensayos_para_Proyectos_de_Perforaci%C3%B3n_a_un_Nivel_de_Informe_de_Pre_Factibilidad_a_Factibilidad.
- Mora Toledo, M. (2022). Aplicación de la Norma ISO 9001 (2015) para el Control y Gestión de documentos del área de producción de una empresa. [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Recuperado de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3720/MOTXLM02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ordinola Sandoval, M. A. (2021). Implementación del sistema QA/QC en muestras de core de sondajes diamantinos del proyecto SAMI - Ayacucho. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Recuperado de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2593>.
- Paiva de Báez, G. I. (2023). Evolución histórica de la gestión del talento humano. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5(1), 10-28. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1653>
- Pereira Pérez, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 15-29. ISSN: 1409-4258. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194118804003>.
- Rincón, O. & Aldana, L. (2021). Cultura organizacional y su relación con los sistemas de gestión: una revisión bibliográfica. *Revista SIGNOS – Investigación en Sistemas de Gestión*, 13(2). ISSN: 2145-1389 | e-ISSN: 2463-1140. <https://doi.org/10.15332/24631140.6675>
- Riquelme, G., Silva, Y., Tejo, F., Valenzuela, J., Venegas, M., & Parra, C. (Julio, 2023). Metodología básica de análisis de riesgo para evaluar la criticidad de activos industriales. Caso de estudio: Aeronave Boeing 787-8, CC-BBB, LATAM Airlines. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María]. DOI:10.13140/RG.2.2.29117.84969.
- Rojas Pilco, N. M. (2019). Implementación de programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfido de cobre. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre

Grohmann]. Recuperado de <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/2795>.

Román Pulla, A. H., & Rivera Quezada, H. S. (2023). Metodología desarrollada para perforación a diamantina con extracción de testigos, ejecutada en la fase de exploración geológica avanzada para proyectos mineros. [Tesis de Pregrado, Universidad del Anzuay]. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13304>.

Sánchez-Oro Sánchez, M., & Robina Ramírez, R. (2020). Los GRUPOS FOCALES ("FOCUS GROUPS") como herramienta de investigación turística. [Universidad de Extremadura, I.S.B.N.: 978-84-09-23993-1] Recuperado de <https://dehesa.unex.es>.

Uribe Cecenarro, D. V. (2019). Aplicación de la metodología Six Sigma para reducir las no conformidades en el proyecto de mejora tecnológica de la Mina Cuajone, licitado por la empresa minera Southern Perú Copper Corporation y ejecutado por la constructora SKEx. [Tesis de Pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui]. Recuperado de repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1242?show=full.

Villacorta, S., Pinto, L., & Leite Mansur, K. (2023). Importancia de la geoética en las carreras de ingeniería geológica y geociencias: La experiencia latinoamericana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 75(2), 1 -13. [A100423]. <https://doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a100423>.

4 CONCLUSIONES GENERALES

Este trabajo establece que las etapas más críticas en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica tal que se garantice la calidad información que ingresa al proceso de modelamiento y estimación de recursos son: Perforación, Geología, Muestreo, Almacenamiento e inventario de muestras, Laboratorio (incluyendo preparación mecánica de muestras y análisis químico); sumando a esto el aseguramiento y control de calidad (QA/QC), que debe ser transversal a todo el proceso.

Con este fin se diseñó una metodología para la definición de etapas críticas del proceso de manera tal que se aporte a la garantía la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero. En efecto los resultados muestran que, se logró evaluar las opiniones y aportes de los expertos, a nivel técnico y profesional, que participaron en las entrevistas individuales, la aplicación de la pauta cuantitativa y el *focus group*. Además, se consiguió seleccionar las etapas más críticas de una campaña de perforación con fines de investigación geológica.

La metodología propuesta se aplicó, considerando entrevistados técnicos o profesionales, con experiencia y formación variada. Posteriormente, se analizó las respuestas recibidas, asumiéndolas como el producto principal de la investigación.

Finalmente, la determinación de las etapas de mayor impacto se dio en el *focus group*, instancia donde se analizaron las respuestas dadas en la entrevista oral y la pauta cuantitativa, se comentó ampliamente los hallazgos y se tomó decisión en los temas que hubo puntuaciones reñidas u opiniones divergentes.

Con el logro de los objetivos propuestos, este trabajo contribuye a la agregación de valor y garantía de la información que se genera en los procesos asociados a las campañas de perforación con fines de investigación geológica.

De otra parte, durante la aplicación de la metodología diseñada se evidenció la conveniencia de incluir personal de otras empresas colaboradoras en faenas mineras e incluir en el *focus group* personas de rango gerencial. De igual manera, se detectó la necesidad de analizar en detalle y proponer los controles específicos que se deben implementar en cada etapa del proceso, comenzando aquellas que se han concluido como críticas.

El avanzar con esta propuesta contribuye al aseguramiento de la calidad de los entregables (tangibles e intangibles), que se generan en una campaña de sondeos con fines de investigación geológica; de manera que estos clasifiquen en categoría de “auditables”.

4.1 Propuesta para trabajos futuros

Como continuación de este trabajo de tesis, hay varias líneas de desarrollo que quedan pendientes, y en las que es posible continuar trabajando; algunas de ellas, están más directamente relacionadas con este trabajo de tesis y son el resultado de preguntas que han ido surgiendo durante el proceso de investigación, como otras que son más tangenciales a la investigación. A continuación, revisaremos trabajos futuros que pueden investigarse como conclusión de esta investigación:

- Capacitar a los profesionales del equipo en normas técnicas de su área de desempeño.
- Aplicar nuevamente la metodología propuesta, incluyendo personas de nivel gerencial y colaboradores de otras empresas contratistas del rubro.
- Mantener y potenciar el perfil de las personas seleccionadas y contratadas.
- Gestionar asesorías expertas en técnicas de mejora continua, estándares ISO, comunicación efectiva y la ejecución de planes de calidad.
- Diseñar un plan de capacitación y sensibilización.
- Fortalecer las competencias de las personas de los procesos que manejan datos de manera directa.
- Promover el análisis riguroso de los controles de calidad a implementar en cada una de las etapas del proceso, por parte de expertos en cada tema.
- Implementar un plan de auditorías internas.
- Declarar el compromiso de la alta dirección en cuanto a inversión en tecnología, instalaciones y capacitación asertiva al talento humano.
- Planificar en el mediano y largo plazo el involucramiento en el plan de calidad de las demás etapas del proceso que no clasificaron dentro de las más críticas.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo Molina, J. N. (2017). Inteligencia de negocio en aseguramiento y control de calidad para la exploración minera [Tesis de Pregrado, Universidad Gabriela Mistral]. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12743/1086>.
- Alania Martínez, D. E. (2023). Implementación de un sistema de control de calidad QA/QC aplicado al proceso de preparación y análisis de muestras geológicas, para mejorar el nivel de confiabilidad de los resultados de laboratorio y sirva en la estimación de recursos de la Veta Principal y Veta Andalucía 120-Mina Chungar-2015. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3125>.
- Alonso, R. N. (junio, 2020). Historia del litio en la Puna. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 7(1), 151–162. Salta: Universidad Nacional de Salta- CONICET (INSUGEOCEGA), Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEfyN/article/view/28639/30446>
- Ancalle Quispe, F. J. (2020). Logueo geológico, muestreo y qa-qc en perforación diamantina, proyecto puite-colorada en el departamento moquegua de la compañía minera zahena s.a.c. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Recuperado de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2974/1/T026_71058639_T.pdf.
- Bonilla Concha, J. (2024). Aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones unitarias de perforación para mejorar la productividad – Unidad Minera Uchucchacua Cía. Minas Buenaventura S.A. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3979>.
- Carrasco Rodríguez, M. D. (2022). Control de calidad en muestras de carbón antracita para la optimización de la base de datos geológica bajo la Norma NI-43101 en proyecto de carbón ubicado en la Cuenca Altochicama. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18248>.
- Carrasco Rodríguez, M. D., & Mayorga Rojas, J. C. (2021). Programa de calidad para cumplimiento de NI-43101 en exploración de proyecto de carbón antracita. Revista Institucional Investigación. Fac minas metal, ciencias geográficas. Vol 24 n° 48, 2021: 125-135. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21767>.

- Cortés Vega, M. D., Cotán Fernández, A., López Gavira, R., Melero Aguilar, N., Molina Romo, V. M., & Perera Rodríguez, V. H. (2014). Análisis de las barreras y ayudas que los estudiantes con discapacidad identifican en la universidad. *3ciencias*. [Editorial Área de innovación y desarrollo, 3ciencias]. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=657750>.
- Cruz Medina, F. (2017). Sistema de gestión ISO 9001-2015: Técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 17(1). ISSN Impreso 1900-771X, ISSN Online 2422. 4324. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5306.
- del Castillo-Serpa, A. M., Brito-Ballina, M. L., & Fraga-Guerra, E. (2009). Análisis de criticidad personalizados. *Revista de Ingeniería Industrial*, 12(3), 1-12. ISSN 1815-5944, Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2251/225114976001.pdf>.
- Escalante Torres, Omar Enrique. (2021). Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado. *Revista Industrial Data*, 24(1), 219-242. Epub 00 de enero de 2021. Versión impresa ISSN 1560-9146, Versión On-line ISSN 1810-9993. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.19814>
- Huarcaya Mayhua, M. C. (2021). Propuesta de implementación del plan de calidad según la ISO 10005 para la mejora del sistema de gestión en una empresa de fabricación y montaje de estructuras, Lima 2021. [Tesis de Pregrado, Universidad Norbert Wiener]. Recuperado de <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/4925>
- Jallo Sanchez, A., & Flores Hanco, R. A. (2023). Estimación de recursos de minerales de la veta Santa Rosa en los niveles inferiores 7 y 8 Compañía Minera SOTRAMI SA Sancos-Lucanas-Ayacucho. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Recuperado de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7683>.
- Lay-De-León, Rosa Nathaly, Acevedo-Urquiaga, Ana Julia, & Acevedo-Suárez, José Antonio. (2022). Guía para la aplicación de una estrategia de mejora continua. *Revista Ingeniería Industrial*, 43(3), 30-48. Epub 11 de noviembre de 2022. Versión On-line ISSN 1815-5936, Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362022000300030&lng=es&tlng=es.

- Long, S. (2003). Programa de Aseguramiento y Control de Calidad de los Ensayos para Proyectos de Perforación a un Nivel de Informe de Pre-Factibilidad a Factibilidad. Editorial Academia. Recuperado de https://www.academia.edu/33528246/Programa_de_Aseguramiento_y_Control_de_Calidad_de_los_Ensayos_para_Proyectos_de_Perforaci%C3%B3n_a_un_Nivel_de_Informe_de_Pre_Factibilidad_a_Factibilidad.
- Mora Toledo, M. (2022). Aplicación de la Norma ISO 9001 (2015) para el Control y Gestión de documentos del área de producción de una empresa. [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Recuperado de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3720/MOTXLM02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ordinola Sandoval, M. A. (2021). Implementación del sistema QA/QC en muestras de core de sondajes diamantinos del proyecto SAMI - Ayacucho. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Recuperado de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2593>.
- Paiva de Báez, G. I. (2023). Evolución histórica de la gestión del talento humano. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5(1), 10-28. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1653>
- Pereira Pérez, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 15-29. ISSN: 1409-4258. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194118804003>.
- Rincón, O. & Aldana, L. (2021). Cultura organizacional y su relación con los sistemas de gestión: una revisión bibliográfica. *Revista SIGNOS – Investigación en Sistemas de Gestión*, 13(2). ISSN: 2145-1389 | e-ISSN: 2463-1140. <https://doi.org/10.15332/24631140.6675>
- Riquelme, G., Silva, Y., Tejo, F., Valenzuela, J., Venegas, M., & Parra, C. (Julio, 2023). Metodología básica de análisis de riesgo para evaluar la criticidad de activos industriales. Caso de estudio: Aeronave Boeing 787-8, CC-BBB, LATAM Airlines. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María]. DOI:10.13140/RG.2.2.29117.84969.

- Rojas Pilco, N. M. (2019). Implementación de programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfido de cobre. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Recuperado de <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/2795>.
- Román Pulla, A. H., & Rivera Quezada, H. S. (2023). Metodología desarrollada para perforación a diamantina con extracción de testigos, ejecutada en la fase de exploración geológica avanzada para proyectos mineros. [Tesis de Pregrado, Universidad del Anzuay]. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13304>.
- Sánchez-Oro Sánchez, M., & Robina Ramírez, R. (2020). Los GRUPOS FOCALES ("FOCUS GROUPS") como herramienta de investigación turística. [Universidad de Extremadura, I.S.B.N.: 978-84-09-23993-1] Recuperado de <https://dehesa.unex.es>.
- Uribe Cecenarro, D. V. (2019). Aplicación de la metodología Six Sigma para reducir las no conformidades en el proyecto de mejora tecnológica de la Mina Cuajone, licitado por la empresa minera Southern Perú Copper Corporation y ejecutado por la constructora SKEx. [Tesis de Pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui]. Recuperado de repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1242?show=full.
- Villacorta, S., Pinto, L., & Leite Mansur, K. (2023). Importancia de la geoética en las carreras de ingeniería geológica y geociencias: La experiencia latinoamericana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 75(2), 1 -13. [A100423]. <https://doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a100423>.

6 ANEXO: REPORTE DE PLAGIO

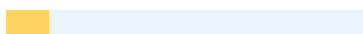
El reporte de posibilidad de plagio de este trabajo, con otros trabajos publicados entrega un porcentaje de similitud de: 10%



Plagiarism Checker X - Report

Originality Assessment

10%



Overall Similarity

Date: abr. 11, 2024
Matches: 1202 / 12071 words
Sources: 36

Remarks: Low similarity detected, consider making necessary changes if needed.

Verify Report:
Scan this QR Code



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE ETAPAS CRÍTICAS EN EL DISEÑO DE UN PLAN DE ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN UNA CAMPAÑA DE PERFORACIÓN GEOLÓGICA
CORA TRIANA RAMÍREZ

RESUMEN:

Este trabajo ofrece un análisis de las etapas cruciales que impactan los datos más relevantes producidos en los procesos de perforación comunes en las operaciones mineras del Norte de Chile. Dichos datos son proveídos a las áreas encargadas de construir el modelo geológico, el cual es la base para la valorización económica de un yacimiento minero. El objetivo de este trabajo es proponer una metodología para la definición de etapas críticas del proceso, aportando así a la garantía de la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero. Para lograrlo, se propone una aproximación mixta, cualitativamente basada en entrevistas semiestructuradas a 16 informantes claves para la comprensión de cómo y porqué se definen las etapas críticas, lo que además se complementó con una pauta cuantitativa para la evaluación de la criticidad de cada una de estas etapas. Posteriormente, se llevó a cabo un focus group para verificación y discusión de los hallazgos. De esta manera se determinan las etapas críticas, sobre los cuales se deben diseñar e implementar medidas efectivas de control. Los datos muestran que, al evaluar las 17 etapas preestablecidas, los siguientes se posicionan como las más críticas: perforación, geología, muestreo, análisis químico, preparación mecánica y almacenamiento e inventario de muestras; soportadas por un proceso de aseguramiento y control de calidad entendido como transversal a lo largo de la cadena de valor. Se evidencia la necesidad de sumar las siguientes 4 etapas que no se habían considerado en un principio: planificación y etapa de licitación y compromisos contractuales; base de datos; modelamiento geológico; estimación de recursos. Adicionalmente, se revela la necesidad de invertir recursos y esfuerzos en tecnología, infraestructura y en el involucramiento y capacitación del personal de todos los niveles;

para el fortalecimiento de la garantía de los entregables en los procesos, y que estos cumplan a nivel auditable. En síntesis, la metodología propuesta, permite identificar las etapas más críticas y proponer de qué manera se logra que la información y las muestras generadas de la campaña de sondaje, sean auditables y aporten al cumplimiento de los estándares de las normas internacionales.

Palabras clave: mejora continua, análisis de criticidad, auditabilidad de reservas y recursos

mineros, gestión del talento humano, minería chilena.

1. Introducción

Dentro de los sondajes de perforación, que tienen lugar en la industria minera, se encuentran aquellos que se llevan a cabo con el fin de obtener muestras del yacimiento minero, que son sometidas a análisis y cuya información generada se utiliza en estudios químicos y geológicos.

Típicamente, en una fecha establecida dentro del año, **el líder del equipo** de geología

junto a sus colaboradores, hacen la planificación de las áreas de la propiedad minera, en

la cual se efectúan los sondajes de perforación ya mencionados. Durante dicha vigencia

anual, se llevan a cabo estas operaciones y se generan los productos (tangibles e intangibles) objeto de análisis y discusión en el presente proyecto.

En el proceso de obtención de estas muestras y información relacionada a estas, participan técnicos y profesionales expertos, de diversas disciplinas y que intervienen en

etapas diferentes e interconectadas entre sí.

Documentos tales como la norma canadiense NI 43-101 y el código australiano JORC

(Joint Ore Reserves Committee), constituyen normativas internacionales, que establecen

las pautas para la preparación de informes dirigidos a bolsas de valores, documentos

esenciales para evaluar la viabilidad financiera y para maximizar el valor de los activos

mineros de las empresas (Carrasco & Mayorga, 2021).

Los planes de calidad son los documentos en los cuales se plasman los lineamientos

de cómo hacer los trabajos y operaciones. Y es justamente **un plan de calidad** la

herramienta idónea a implementar en una campaña típica de perforación con fines de investigación geológica y en los cuales, además, se establecen las características que deben tener los productos y entregables de dichas operaciones, de manera tal que se consideren correctamente obtenidos y por tanto entren en categoría de “auditables”

(Ordinola, 2021).

Para el cumplimiento de este propósito es necesario determinar cuáles son las variables claves que facilitan la implementación de un programa de aseguramiento y control de calidad en los puntos críticos de la cadena de valor de una campaña de sondajes para geología. Con el fin de llegar al nivel deseado, se requiere, en primer lugar, de un sondeo a nivel cultural, acerca de la percepción del personal y de las condiciones para diseñar

un plan de calidad. Adicionalmente, se necesita un análisis **de los puntos críticos** del proceso.

En resumen, es necesario hacer un análisis de las etapas críticas dentro de la cadena de valor e implementar medidas de aseguramiento y control de calidad, con el fin de fortalecer la trazabilidad de la información y garantizar la calidad de las muestras físicas que se generan, como producto de los procesos.

Este trabajo investigativo es encabezado por el proceso **de aseguramiento y control de calidad**, con la participación de las personas que lideran los procesos en terreno y de geólogos o ingenieros senior.

El impacto de la calidad de la información es tal, que garantiza la aceptación de la bolsa de valores respecto a la estimación de reservas y recursos minerales del yacimiento (Carrasco, 2022).

Es por esto, que se considera fundamental la definición de las medidas que sean necesarias, para el logro del cumplimiento de la norma y por tanto la obtención de una data de la cual se garantice calidad exigida internacionalmente.

Aseguramiento y control de calidad en exploración geológica

El **aseguramiento y control de la calidad** tienen como elemento inherente el mejoramiento continuo (Rincón & Aldana, 2021), el cual a su vez resulta en impactos positivos en el cumplimiento de los requisitos establecidos para cada entregable, eficacia y rentabilidad de los procesos (Lay-De-León et al., 2022).

Se considera que los objetivos de un buen programa de aseguramiento y control de calidad en exploración geológica se resumen en evitar el ingreso de errores de impacto a la base de datos utilizada para el modelamiento y estimación de recursos; demostrar que el muestreo se ejecutó de forma correcta y garantizar que se cuenta con una buena información geológica (Alaina, 2023). De esta manera se da fe de que la calidad de la información en la que se basa el modelo de recursos pueda ser confirmada, por equipos auditores y evaluadores externos.

El aseguramiento y control de calidad en minería, tiene antecedentes históricos, como lo es el conocido caso Bre-X, en el cual hubo inversionistas que fueron estafados por geólogos inescrupulosos que alteraron el contenido de oro de las muestras que se enviaron al laboratorio de análisis químico, para luego promocionar y vender acciones de una mina en Indonesia, como si tuviesen un valor superior al real (Villacorta & Mansur, 2023).

Al descubrirse esta situación se convirtió en un escándalo de grandes proporciones mediáticas, económicas y legales; de la cual se derivó la conclusión de que **es necesario que todas las** compañías mineras que aspiren a hacer explotación deben cumplir con una serie de requisitos y normas auditables, dentro de las que actualmente se encuentran el código australiano JORC y las Norma Canadiense NI 43.101. (Alaina, 2023).

En la actualidad encontramos algunos modelos de implementación de sistemas de aseguramiento y control de calidad en minería tales como los descritos por Alaina (2023), en minera Chungar; y por Rojas (2019), en la unidad minera Toquepala; ambas en Perú.

El talento humano como factor clave en el logro de objetivos de calidad
Es un hecho demostrado que el personal en terreno constituye el grupo de quienes desempeñan un papel fundamental en la consecución de objetivos típicos de los planes de

calidad en cualquier rubro de la industrial, tales como: la reducción de tiempos operativos, el mejoramiento de la eficiencia operativa y la gradual eliminación de cualquier error derivado de la actividad (Lay-De-León et al., 2022).

Es por lo anterior, que se hace necesario el involucrar a los colaboradores en alguna intención que se tenga respecto a implementar **un plan de calidad**. Este involucramiento implica el fortalecer sus competencias a través de las capacitaciones de los líderes de los procesos (Escalante, 2021) y de los demás colaboradores de otros niveles jerárquicos.

El impacto que tiene el talento humano en el logro de los objetivos es de tal magnitud que se considera que los niveles de cumplimiento están ampliamente influenciados por la actitud de los empleados y su disposición a adaptarse a los cambios (Lay-De-León et al., 2022).

Garantía **de la calidad de** información

De manera general se define que la ejecución de un programa de calidad en minería tiene como objetivo asegurar la integridad **de la información**; es decir, garantizar que los resultados del muestreo y que los datos generados sean confiables. Para esto se diseñan procedimientos y **protocolos de muestreo y análisis**, en yacimientos mineros, cuyas implementaciones posibiliten la validación y confiabilidad de los recursos a explotar, por medio de recolección de muestras y su posterior etapa analítica. De esta forma se confirma la buena aplicación de **los trabajos que se** plantearon desde el muestreo hasta el análisis químico (Rojas, 2019).

El correcto diseño e implementación de protocolos en las etapas del muestreo, análisis químico y modelamiento mejoran significativamente la garantía de la calidad de la información y la confianza en la producción que se ha de obtener de determinado yacimiento y de las virtudes que se ofrecen a posibles inversionistas. En la industria minera y con miras a mejorar el proceso **de calidad en el tratamiento de** muestras obtenidas por perforación, se recomienda mantener constante supervisión en las etapas del muestreo, además de crear conciencia a todo el personal acerca de la

relevancia **del programa de control de calidad** (Ancalle, 2020).

Por otro lado, es fundamental el conocimiento del modelo geológico que se haya construido con base en la información recopilada en campaña de sondajes anteriores,

debido a que esta información permite proponer mejores posturas de los siguientes sondajes de perforación (Ordinola, 2021).

Ahora bien, para **la operación de la** perforación diamantina como tal, es necesario

garantizar la calidad y buen estado de las herramientas y equipos; así como la correcta

preparación y uso de los aditivos, como ingrediente de los lodos de perforación (Rivera &

Román, 2023).

Por otro lado, es importante incluir la gestión del talento humano como elemento clave

para el logro de la garantía **de la calidad de la información**. Las organizaciones que han

implementado la administración del talento lo han realizado con el propósito de fortalecer

el alcance de los objetivos estratégicos, al mismo tiempo que lo hacen con el fin de atraer,

retener y potenciar el desarrollo de sus colaboradores, especialmente en esta era digital

(Paiva, 2023).

Control de calidad y **la importancia de las** mediciones

Desde el punto de vista de la gestión, es necesario incluir herramientas de medición del

cumplimiento de los objetivos de cada proceso, asegurando que se evidencie cuáles son

las acciones correctivas y preventivas a tomar. Estas detecciones son una clara fuente de

información hacia el diseño y el planteamiento de los controles a implementar para el

cumplimiento de los objetivos operacionales y estratégicos de las organizaciones (Uribe,

2019).

El control de calidad tiene como objetivo verificar si las medidas implementadas mediante **el aseguramiento de calidad** hayan cumplido su propósito.

Adicionalmente, **el**

control de calidad permite identificar oportunamente los procesos que requieren algún plan

de acción conducente a la mejora.

En concordancia con esto, se afirma que para los procesos de base de datos y el modelamiento y estimación de recursos es fundamental que el control de calidad se

encuentre implementado de una manera tal que se hayan detectado posibles fallas y se haya hecho su correspondiente análisis de causas y acciones de mejoras derivadas; dado que es necesario que la información que estos procesos reciben sea totalmente confiable y auditable. (Carrasco, 2022).

Norma internacional NI 43-101 y Código JORC

Con respecto a los proyectos mineros destinados a ser listados en bolsas de valores, estos deben cumplir normas internacionales, las cuales ofrecen marcos aptos para el diseño del control de calidad en muestras recolectadas durante actividades de exploración, como trabajo de campo geológico, perforaciones diamantinas y de tipo aire reverse; dado que permiten garantizar la calidad de la información que ingresa a la base de datos geológica generando valor al proyecto minero (Carrasco, 2022; Alania, 2023; Alonso, 2020).

La norma canadiense NI 43.101 y el código australiano JORC exigen un reporte que abarque información técnica en la cual se describa de forma detallada la forma como se obtuvieron los datos y que se esté en la capacidad de suministrar las evidencias, respaldos y registros de cada etapa (Jallo & Flores, 2023).

Entendida esta realidad, y considerando la revisión bibliográfica presentada, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cuáles son las etapas críticas en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica de manera que con esta definición se aporte a [la garantía de la calidad](#) información que ingresa al proceso de modelamiento y estimación de recursos?

En efecto, las campañas de perforación con fines de análisis geológicos en los yacimientos mineros requieren de un análisis de los puntos críticos del proceso cuyos resultados sirvan de base a la propuesta de implementación de medidas que fortalezcan [la calidad de la información](#) y las muestras físicas que se generan en el proceso.

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizar este proyecto ha sido la necesidad de

determinación de las etapas que generan mayor impacto en el proceso global de una campaña de perforación con fines de investigación geológica, de manera que se pueda dar formalidad a las acciones de mejora continua de cara a la garantía la calidad de los entregables tangibles e intangibles y la información incluida en ellos. Por lo tanto, se propone un análisis que integra puntos críticos identificados en el control sobre las diferentes etapas de la cadena de valor, de manera tal que aporte al diseño e implementación de un programa de aseguramiento y control de calidad en campañas de sondajes. En este sentido este trabajo contribuye a la generación de valor y garantía de la información que se genera en los procesos asociados a las campañas de perforación con fines de investigación geológica.

Entendido esto, el objetivo de este trabajo es proponer una metodología para la definición de etapas críticas del proceso, aportando así a la garantía de la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero.

2. Metodología

Paradigma y diseño: Luego de delimitado el problema de investigación aplicada, el enfoque que mejor responde al objetivo de este proyecto es una aproximación mixta

(Pereira, 2011), cuya primera fase es cualitativa con base en entrevistas individuales

(Cortés et al., 2014). La segunda fase es la aplicación de una pauta cuantitativa de evaluación de criticidad de las etapas del proceso global (del Castillo-Serpa et al, 2009;

Riquelme, et al, 2023). El diseño descriptivo permite un análisis sistemático de hechos y características que conduce a garantizar la calidad de la información, razón por la cual

este tipo de aproximaciones constituye una valiosa fuente de información para conocer la

opinión y percepción que miembros de la organización tiene en relación con la temática.

Para la validación del instrumento investigativo, estas dos primeras fases son sometidas a

una prueba piloto inicial, con un colaborador de experiencia media; ejercicio del cual se

evidencia la necesidad de hacer ajuste del instrumento. Seguidamente, se aplica un segundo piloto, con colaborador de perfil similar, derivando en un segundo ajuste del instrumento. Finalmente, el instrumento es validado por el profesor Guía Héctor Valdés

González, PhD.; para su aplicación.

En la tercera fase de la investigación, se realiza un focus group con expertos (Sánchezoro

& Robina, 2020), cuyo objeto de discusión son [los resultados obtenidos en la primera y segunda fase](#), entendiendo que dicha información permite la determinación de

etapas según los objetivos propuestos.

[Población sobre la que se efectúa el estudio](#): Para la entrevista oral (primera fase) y la

pauta cuantitativa (segunda fase), se invitó 16 personas de diferentes niveles académicos

y de experiencia en la minería del Norte de Chile, las cual poseían en promedio de 14

años de experiencia (1 año es el valor mínimo [y un máximo de 35 de años](#)). De ellos,

100% trabajan para una empresa contratista.

Posteriormente, en focus group (tercera fase), cinco geólogos senior, analizaron los resultados dados en la primera y segunda fase; y evalúan el impacto de la calidad de la

información de los diferentes entregables, en las diecisiete etapas identificadas en total;

concluyendo en la escogencia de los cinco más relevantes.

Entorno: el análisis se hace sobre la cadena de valor del proceso, desde la planificación

de los sondeos de perforación que dan lugar a la obtención [de la muestra en la plataforma de perforación hasta los análisis químicos y su evaluación estadística](#); y el

almacenamiento e inventario de las muestras.

La descripción y al análisis se centra en yacimientos mineros del Norte de Chile.

Intervenciones: se involucra al personal experto en las diferentes etapas del proceso (en

total diecisiete), a fin de conocer los detalles técnicos, experimentales y reales en el trabajo en terreno y la generación de los entregables tangibles e intangibles en cada caso.

Se hace entrevista y se aplica una pauta cuantitativa diseñada [para la evaluación de la](#)

criticidad de cada una de las diecisiete etapas.

Además, se indaga acerca en la propuesta del control de la [implementación en el](#)

proceso que participa o ha participado cada persona.

En la primera fase, las preguntas planteadas son abiertas y en concreto son las siguientes. Estas preguntas corresponden a las tres etapas del instrumento investigativo

que se describen a continuación:

ETAPA 1: CARACTERIZACIÓN DEL PRESENTE Y COMPRENSIÓN DE LA REALIDAD

1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?
2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?
3. En otras empresas que haya trabajado ¿de qué manera se encontraba implementado el aseguramiento y control de calidad?

ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS ETAPAS DE UNA CAMPAÑA DE PERFORACIÓN.

4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica?
5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?
6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?
7. ¿De qué manera asegura la calidad del entregable en la etapa que usted participa?
8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minería del norte de Chile?
9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?

ETAPA 3: AUDITORIAS, CAMBIOS Y EFECTOS

10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le

daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoría como líder de su proceso?

¿Por qué?

Como segunda fase se aplica una pauta cuantitativa diseñada para la evaluación de la

criticidad de cada una de las diecisiete etapas del proceso. Las instrucciones para el

diligenciamiento de esta pauta, cita como sigue:

“En el marco de una campaña de perforación con fines de investigación geológica, califique el nivel de criticidad de cada etapa de la cadena de valor del proceso.

Considerando, en horizontal, que probabilidad hay de que ocurra la falla (de 1 a 5), y

que nivel de impacto tendría este evento, en vertical (en caso de que ocurra la falla). Donde 1 es el grado mínimo y 5 es el grado máximo.

- Una vez analizados los dos parámetros (vertical y horizontal), coloque una X donde se

dé el cruce de las dos calificaciones dadas por usted.

- Repita el mismo procedimiento para las 17 etapas planteadas.”

La multiplicación de las dos puntuaciones dadas, resulta en la calificación de la criticidad

para cada etapa.

En la tercera fase, cinco geólogos senior, en un focus group, analizaron los resultados

acerca de la criticidad de las etapas identificadas en las fases investigativas anteriores,

concluyendo cuales serían finalmente las cinco etapas críticas del proceso que fue el foco

de discusión.

Plan de análisis de los datos: se entregaron los datos documentados en cada fase de

la aplicación de la herramienta metodológica de investigación, se determinaron las etapas

que se consideraron procesos independientes dentro proceso global y se analizó la criticidad de cada una de estas. Hecho lo anterior, se seleccionaron las cinco

etapas con

mayor puntaje.

Las acciones y conclusiones del plan de análisis de datos fueron documentados y centralizados por el área de control de calidad.

Las conclusiones obtenidas se convirtieron en objeto de discusión y análisis en un focus

group, donde participaron 5 geólogos senior, quienes ayudaron a definir finalmente las

cinco etapas críticas y dieron opinión experta de la forma como se debía implementar el

aseguramiento y control de calidad en estas.

Ética: se establecen compromisos de veracidad y confidencialidad para todos los responsables de proveer a la data y para quienes la evalúen y detecten oportunidades de mejora.

3. Resultados

A continuación, se exponen los resultados de las interrogantes planteadas, organizados en categorías según los diversos tipos de respuestas obtenidas.

Tabla I - Categorías de respuestas (Fuente: elaboración propia)

Preguntas

Categorías

ETAPA 1: CARACTERIZACIÓN DEL PRESENTE Y COMPRENSIÓN DE LA REALIDAD

1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?

- Cumplimiento de procesos
- Proceso clave para el negocio

2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de

implementar un plan de aseguramiento y control de la calidad en faena minera del Norte de Chile?

- Percepción positiva
- Percepción relativa
- Percepción variada

3. ¿En otras empresas que haya trabajado de qué manera se encontraba implementado el

aseguramiento y control de calidad?

- Controles operacionales
- Supervisión
- Consultorías externas

ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS ETAPAS DE UNA CAMPAÑA DE

PERFORACIÓN.

4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña

de sondajes con fines de investigación geológica?

- Planteamiento de recomendaciones
- Construcción de plataformas de sondajes
- Perforación
- Control de sondajes (RC y DDH)
- Medición de trayectoria
- Topografía
- Chequeo a regularización

- Fotografía de sondajes
 - Geotecnia
 - Geología
 - Corte
 - Muestreo
 - Envío a preparación mecánica
 - Preparación mecánica
 - Análisis químico
 - Control de calidad de leyes químicas
 - Almacenamiento e inventario de muestras
5. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?
- Capacitación
 - Buena comunicación
 - Chequeos y autochequeos
 - Mantenimientos
 - Consultorias
6. ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?
- Concentración
 - Competencia
 - Buena comunicación
 - Responsabilidad
 - Disciplina y constancia
 - Entusiasmo
 - Capacidad del trabajo en equipo
 - Capacidad de autocrítica
7. ¿De qué manera aseguro la calidad del entregable en la etapa que usted participa?
- Revisiones cruzadas
 - Autochequeo
 - Revisión de experto
 - Buena comunicación
 - Consultorías externas
8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minera del norte de Chile?
- Incompetencia del personal a cargo
 - Sistema de turnos
 - Se prioriza la cantidad sobre la calidad
 - Tecnología insuficiente
 - Talento humano no es prioridad
 - Mala actitud del personal

9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted

que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca la resistencia al cambio?

- Involucramiento del personal
- Plan de incentivos

ETAPA 3: AUDITORIAS, CAMBIOS Y EFECTOS

10. ¿Cómo un plan de aseguramiento de la calidad implementado en la empresa le daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoria como líder de su proceso?

- Favoreciendo la posibilidad de demostrar cumplimiento
- Favoreciendo la posibilidad de materializar la mejora continua
- Favoreciendo la posibilidad de estandarizar las operaciones

3.1 Análisis de datos

A continuación, se expone el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de

las entrevistas y del focus group, considerando las categorías planteadas en la Tabla I, anterior.

ETAPA 1: CARACTERIZACIÓN DEL PRESENTE Y COMPRENSIÓN DE LA REALIDAD

Primera etapa del estudio:

1. ¿Cómo entiende usted un plan de aseguramiento y control de la calidad en la minería?

Al consolidar las respuestas a esta pregunta, nos encontramos que el 94% de los entrevistados tienen una definición cercana, mas no precisa, lo que queda de manifiesto

en opiniones como la de E3 (Técnico geominería con 10 años de experiencia), quien

afirma que se trata de “Velar porque se entregue un producto o resultado de calidad” ; y lo

que afirma E5 (técnico geológico, estudiante de ingeniería, con 13 años de experiencia)

“Planificar que todo esté en orden y salga bien respecto a los trabajos y con un mejoramiento continuo” . Por su parte E7 (Técnico geológico con 35 años de experiencia en minería), comenta “Son reglas que se fijan para cierta preparación de un

producto; ya sea en protocolo, estándares, normas ISO” .

Por otra parte, E4 (Geólogo con 4 años de experiencia) representando el 6% de la población, hace referencia al enfoque de negocio; dando como opinión “Es un proceso

clave en **el negocio de la** minería, en el cual se debe llevar el control y el aseguramiento en paralelo, con los profesionales adecuados y con la tecnología adecuada” .

Al profundizar en las opiniones recibidas, se puede evidenciar que sólo el 11% de los entrevistados, conocen las normas internacionales que regulan los **procesos de calidad**

en minería; con respuestas como las dadas por E15 (Geólogo 5 años de experiencia) “Se

trata del Código JORC” . Las demás personas, manifiestan que saben que debe existir

alguna normativa, pero desconocen específicamente el nombre de estas, lo cual queda de

manifiesto en opiniones tales como “No sé. Deberían existir, pero no conozco los datos

específicos” (E1, Geóloga microscopista con 15 años de experiencia, Magister en Geofísica).

Al momento de discutir estas respuestas en el focus group, FG1 (geólogo con 30 años de

experiencia) opina que “estas respuestas sí reflejan lo que diría el promedio del personal

del mundo minero” .

Por su parte FG2 (geólogo con 40 años de experiencia) afirma que “Los procedimientos

dados por la empresa mandante o la jefatura son suficientes, dado que estos documentos

se hacen con base en la normativa técnica, la cual no es de fácil entendimiento para el

personal en terreno” .

De otro lado, FG4 (geólogo con 40 años de experiencia) comenta “En la minería chilena

no se encuentra muy normados los procesos. Se implementan según la exigencia de los

posibles clientes y a conveniencia; sobre todo, en la mediana minería y en empresas

mineras que son de tipo familiar” .

2. ¿Qué percepción cree usted que tiene el personal en terreno acerca de la intención de

implementar **un plan de aseguramiento y control de la calidad** en faena minera del Norte de Chile?

En relación con este interrogante, el 87.5% del personal entrevistado opina que existe una

percepción positiva, y que se recibiría de buena forma; incluso E9 (técnico geológico con 35 años de experiencia), manifiesta textualmente “Representaría una mejora en la calidad de vida de uno como trabajador”

Por otra parte, el 6.3% afirma que la percepción depende de cada individuo, tal como opina E11 (Geóloga junior) “Eso depende de la persona y del rol que ejerza la persona en el servicio” y el restante 6.3% cree que existen dos corrientes, como lo manifiesta E16 (geólogo con 2 años de experiencia) “Pienso que hay dos corrientes: las personas que están acostumbradas a hacer las cosas de una manera y son reacias a nuevas propuestas; y la segunda corriente **son las personas que** están más abiertas al cambio y que están dispuestas a ver nuevas opciones y no quedarse en el pasado. Actualmente va ganando más terreno la corriente de quienes están abiertos al cambio” .

Por otra parte, en el focus group, FG2 (geólogo con 40 años de experiencia), opina que “en minería es evidente la evolución en la mentalidad de las personas **con respecto a la mejora continua**” .

3. En otras empresas que haya trabajado ¿de qué manera se encontraba implementado el **aseguramiento y control de calidad?**

Analizando las respuestas dadas a esta pregunta, un 47,1% señala que ha participado u observado controles típicos operacionales, tal como comenta E10 (Técnico geológico con 11 años de experiencia) “En preparación mecánica en laboratorios, había controles granulométricos” ; y como manifestó E15 (geólogo con 5 años de experiencia) “se aplica el QAQC de leyes, insertando muestras ciegas para el análisis químico, con el fin de evaluar parámetros como la exactitud y la precisión” . Por otra parte, el 35,3% de los entrevistados comenta **que el control de calidad** que han presenciado se basa en supervisiones, tal como señala E13 (técnico geológico con 13 años de experiencia) “se hacían revisiones de

supervisores o revisiones cruzadas” . Adicionalmente, un 17,6% manifiesta que han hecho parte de servicios donde el control de calidad la ejercían empresas o personas externas al proceso al que pertenecían, lo que queda en evidencia con el aporte de E9

(Técnico geológico con 35 años de experiencia) “Control de calidad estaba afuera y no

había retroalimentación” ; y se complementa con lo que afirma E5 (Técnico geológico con

13 años de experiencia, actualmente estudia ingeniería industrial) “se hacía contratación

de empresas consultoras y auditoras externas” .

El total de las personas entrevistadas muestran su interés en que se les aplique algún tipo

de control de calidad. En particular comentan que es necesario que alguien de mayor

experiencia específica en la labor que ellos desempeñan, audite o revise su trabajo y le

haga recomendaciones para la mejora o le corrija donde se pueda estar equivocando, tal

como lo expone E15 (Geólogo 5 años de experiencia) “Podemos detectar errores oportunamente” ; o la opinión de E12 (Técnico geológico con 12 años de

experiencia) “de

otra forma no se puede comprobar que los resultados que se entregan son confiables” .

Al exponer estas respuestas en el focus group, FG4 (geólogo con 40 años de experiencia)

comenta lo siguiente: “es muy positivo el hecho de que el personal en terreno actualmente solicite que se les audite o que se les aplique consultoría de alguien con

mayor experiencia que ellos, porque esto refleja un cambio de mentalidad y una mejora

continua. De igual forma, se debe tener como foco que la ley química es la que refleja si

se hizo bien el proceso y es el parámetro por cuidar” .

ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS ETAPAS DE UNA CAMPAÑA DE

PERFORACIÓN.

4. En su opinión ¿Cuáles son las cinco etapas críticas del proceso global en una campaña

de sondajes con fines de investigación geológica?

Los resultados de la entrevista se consolidan desde tres fuentes que se describen a

continuación.

Fuente 1: la entrevista oral, figura 1, muestra que las personas opinan que las etapas más críticas, de las 17 planteadas son las siguientes: perforación, chequeo de regularización, fotografía, geología, muestreo.

La figura 1, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los entrevistados en la pregunta 4, las puntuaciones corresponden a la cantidad de personas que incluyeron determinada etapa dentro de las 5 opciones que consideran más críticas.

Las barras destacadas en azul, en la figura 1, son las etapas que clasificaron como las de mayor puntuación.

Fuente 2: la pauta cuantitativa de análisis de criticidad de procesos, figura 2, arroja las siguientes etapas como las de puntuación de mayor impacto en la calidad de la información y calidad de los trabajos: perforación, control de sondajes, geología, muestreo y análisis químico.

La figura 2, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los entrevistados en la pauta cuantitativa. Las puntuaciones corresponden a los resultados matemáticos de evaluación de la criticidad (barras), combinado con la frecuencia con que clasificaron para los entrevistados como las que mas impacto tienen en el proceso global (línea roja).

Las barras destacadas en azul, en la figura 2, son las etapas que clasificaron como las de mayor puntuación

Fuente 3: el análisis de criticidad de procesos, en el focus group (figura 3), arroja los siguientes procesos como los que más afectan en **la calidad de los** entregables, tangibles e intangibles: perforación, geología, muestreo, almacenamiento e inventario de muestras.

La figura 3, representa los resultados de analizar las respuestas dadas por los participantes en el focus group. Las puntuaciones corresponden a la cantidad de personas que incluyeron determinada etapa dentro de las opciones que consideran más críticas.

Las barras destacadas en azul, en la figura 3, son las etapas que clasificaron como las de

mayor puntuación.

Por otro lado, en el focus group FG1 propone “La preparación mecánica y el análisis químico debería entenderse como una sola etapa, a cargo del laboratorio e incluirlo como una de las cinco etapas críticas” , en lo cual estuvo de acuerdo FG5.

Adicionalmente, FG1 opina “el QAQC no debe ser considerado dentro de la evaluación de criticidad de las etapas, es indispensable y es transversal a todo el proceso” . Esta opinión tuvo el apoyo de FG2, FG3, FG4, FG5.

5. Por otra parte, FG4 pide “Se debe añadir dentro de la cadena los siguiente tres procesos; base de datos, modelamiento geológico, estimación de recursos” , propuesta en la que concordaron FG1, FG2 y FG5. En el mismo sentido FG5 propone “Se debería incluir una ¿Qué cualidades son necesarias en las personas, para que el trabajo se haga de buena manera?

Analizando las respuestas obtenidas en las entrevistas, un 25% de los entrevistados opinan que el orden es la cualidad necesaria para que el trabajo se haga de buena manera, lo que queda de manifiesto en opiniones como “Comenzar un trabajo desordenado genera errores” (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia) y “El orden hace que todo funcione” (E6, técnico geológico, estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia).

Por otro lado, el 20% comenta que la buena comunicación es lo fundamental. En las respuestas categorizadas en este apartado, nos encontramos con aportes como “Lo clave es la buena comunicación y el correcto flujo de información (E8, Supervisor de mostrera con 15 años de experiencia.).

El 17.5% afirman que la responsabilidad es la cualidad que no puede faltar, tal como manifiesta E9 (técnico geológico con 35 años de experiencia) “La responsabilidad no debe faltar, porque es una confianza que le están dando a uno, y hacer mal el trabajo produce un efecto dominó” .

Se suma la opinión de un 15% que presentan opiniones como la que da E10 (Técnico geológico con 11 años de experiencia) “Que las personas no trabajen de forma mecanizada, sino que sepan para qué hacen los trabajos” , destacando de esta manera la importancia de la comprensión de las labores y de la garantía de las competencias de las personas que participan en cada proceso. etapa de planificación, con lo que esté establecido en los contratos en la perforación” , opinión en la que está de acuerdo FG1.

6. ¿Cuáles son los controles de calidad que se deben aplicar a las etapas de su respuesta anterior?

Antes esta pregunta, las estrategias que mayoritariamente propusieron los entrevistados, consideran elementos de aseguramiento de calidad y de control de calidad, las cuales se describen a continuación:

- Garantizar personal capacitado, con un porcentaje de opinión de 21,2%. Lo que expresan los siguientes entrevistados "Las personas deberían tener capacitaciones e involucramiento en los procesos” (E15, Geólogo con 5 años de experiencia).

“Es necesario dar capacitación al personal en el tema específico y que el personal pase

por un proceso de entrenamiento” (E5, Geólogo con 4 años de experiencia)

"Se debe brindar capacitaciones constantes" (E8, Supervisor de muestrera con 15 años de experiencia.).

- Buena comunicación (13,5%), lo que se evidencia con opiniones como "Se debe implementar un buen flujo de información" (E3 (Técnico geominería con 10 años de experiencia).

- Chequeos y autochequeos (28,8%) (“Se requiere hacer revisiones cruzadas por parte de otros procesos en el flujo del trabajo” (E16, geólogo con 2 años de experiencia).

"Se debería hacer siempre un autochequeo en todas las etapas" (E12, Técnico geológico con 12 años de experiencia)

- Mantenimientos (21,2%), "se debe asegurar que se empleen siempre materiales y herramientas en buen estado" (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia))

- Consultorías (15,4%) "para los procesos críticos es necesario contar con la validación

de un profesional senior" (E4, Geólogo con 4 años de experiencia)

Figura 1: Resultados de entrevista oral (Fuente: Elaboración propia)

Figura 2: Resultados de aplicación de la pauta cuantitativa (Fuente: Elaboración propia)

Figura 3: Resultados de focus group (Fuente: Elaboración propia)

Adicionalmente, un 10% opinan que la capacidad de trabajar en equipo es la cualidad más

importante que debe estar presente para lograr objetivos, en este sentido el E8 afirma la

cualidad infaltable es "la capacidad de trabajar todos juntos y con respeto" "por otro lado

E13 (Técnico geológico con 13 años de experiencia) señala que " se debe tratar de complementarse y trabajar en grupo" .

El 5% de las respuestas obtenidas apunta a disciplina y constancia como las cualidades

imprescindibles, con aportes tales como los siguientes "Uno tiene que ser constante y

eficaz" (E13, Técnico geológico con 13 años de experiencia); "Se debe ser disciplinado y

constante en los trabajos" (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia).

Es importante considerar también, el 5% que se enfocan en la importancia de la capacidad de autocrítica, lo cual queda en evidencia con comentarios tales como "Todas

las personas tienen que ser autocriticas al momento de tomar una tarea" (E11, Geóloga

junior). En el mismo sentido, se encuentra la siguiente opinión "Destaco la capacidad de

ser una persona abierta, que reciba observaciones constructivas, para la mejora; una

persona que sepa escuchar, ya que en este rubro hay diversas opiniones para un mismo

proceso, y hay que saber escuchar posturas diferentes a las de uno" (E16, geólogo con 2

años de experiencia).

Por otra parte, el 2,5% de las respuestas, apuntan a la relevancia del entusiasmo, donde

un colaborador opinó "Primero que todo creo que lo más importante son las ganas de

trabajar. Creo que, si una persona sólo viene a trabajar por ganar dinero, no es la forma

adecuada. Creo que uno tiene que sentir pasión por lo que realiza, para el fin común del

proceso completo" (E6, Técnico geológico con 14 años de experiencia, actualmente estudia ingeniería en minas).

7. ¿De qué manera asegura la calidad del entregable en la etapa que usted participa?

Las respuestas obtenidas ante esta pregunta muestran una inclinación mayoritaria hacia

las Revisiones cruzadas con un 40.9% con opiniones tales como las del E6 (técnico geológico, estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia)

"Generalmente

uno se hace un autochequeo, pero cuando hay otra persona que te revise es mucho

mejor. Esta persona puede hacerte ver las cosas que tú no ves, para que puedas asumir y mejorar” .

Por otro lado, el 27,3% de las respuestas apuntan a “Buena comunicación” comentando

"Se debe dejar un buen cambio de turno siempre, con claridad y orden" (E3, Técnico

geominería con 10 años de experiencia) y lo aportado por otro colaborador “Mi autocontrol

es gestionar o solicitar la información de entrada. Por ejemplo ¿para qué se está pidiendo

este trabajo?, esto con el fin hacer una buena planificación” (E6 (técnico geológico,

estudiante de ingeniería en minas, con 14 años de experiencia))

El autochequeo es la estrategia de control que aplican el 18,2% de los entrevistados,

afirmando "Siempre hay que hacer un continuo chequeo de lo que uno hace" (E7, Técnico

geológico, con 35 años de experiencia).

Un 9,1% afirman que el mejor **control de calidad para** sus entregas es la revisión de un

profesional senior o un experto dentro del equipo, lo que queda en evidencia con opiniones tales como “Se hacen revisiones por parte de alguien con mayor experiencia” .

(E4, Geólogo con **4 años de experiencia**).

El 4,5% restante manifiesta **que el control de calidad** que aplican a sus propias entregas y trabajos se basa en la revisión de terceros, laboratorios externos o auditorías

de tercera parte, según lo manifestado por E1 (Geóloga microscopista con 15 años de

experiencia, Magister en Geofísica) “Se envía muestras a laboratorio secundario” .

Al someter los resultados a la opinión del focus group, se encuentra que FG2 (geólogo con 40 años de experiencia), comenta “En general los procesos deben tener revisión de la supervisión en terreno y auditoría interna y/o externa; de manera que vayan asegurando que las cosas se están haciendo bien” .

Por su parte FG3 (geólogo con 15 años de experiencia), opina que “lo más importante es asegurar la trazabilidad de las tareas. Y la mejor forma de hacerlo es obedeciendo los procedimientos” .

8. ¿Cuáles son las debilidades típicas actuales de los procesos en la minería del norte de Chile?

Ante esta pregunta el 31,8% de los entrevistados dieron respuesta que apunta a la incompetencia de las personas que se encuentran a cargo de los procesos y **la toma de decisiones**; lo cual se fundamenta en opiniones tales como “Se evidencia la falta de experiencia de las personas que están a cargo” (E14, hidrogeóloga, con **10 años de experiencia en minería**) y “Existe una burocracia excesiva y los procesos se llenan de papeles innecesarios” (E12, técnico geológico con **12 años de experiencia en minería**).

Por otra parte, un 22,7% opina que la debilidad mayor es que el talento humano no es prioridad para las organizaciones, lo que queda de manifiesto en expresiones como las siguientes “Falta actualización en tema de capacitación” (E7, técnico geológico con **35 años de experiencia**). “Se debe dar más chance a que las personas se preparen y se actualicen” (E9, técnico geológico con **35 años de experiencia**) y “Falta inversión hacia los trabajadores” (E13, Técnico geológico con **13 años de experiencia**)

De otro lado un 22,7% manifiesta que el problema es que en general “la cantidad es más importante **que la calidad de los trabajos**” (E3, Técnico geominería con **10 años de experiencia**).

En contraste, un 9,1% comenta que el sistema de turnos que existe en Chile debilita la **calidad de los productos y servicios de** la minería. Al respecto, E15 (geólogo con **5 años de experiencia en** minería) manifiesta que "El sistema de turnos es bueno para las personas, pero hace que las pegas se hagan por separado y que no siempre se le dé una continuidad al proceso". En el mismo sentido, E3 (Técnico geológico, con **10 años de experiencia**) opina por su parte que "un turno trabaja de una manera y el otro turno llega a trabajar de otra".

Un 9,1% adicional, señala que la problemática mayor radica en las actitudes de las personas, tal como se manifestó en las siguientes opiniones **"La resistencia al cambio** de algunas personas es el principal problema" (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia) y "El problema radica en la conducta de cada trabajador" (E12, Técnico geológico, con 12 años de experiencia).

El 4,5% restante opina que la mayor debilidad de la minería chilena en este momento **es la falta de** inversión en actualización de tecnología, tal como lo expresa E7 (Técnico geológico con 35 años de experiencia) "Cuando no hay actualización y no se asume que hay nuevas tecnologías, nos vamos quedando atrás".

9. Sabiendo que en algún porcentaje el personal en terreno va a mostrar resistencia a una posible implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad ¿Cuál piensa usted que es la forma óptima de adopción de una mejora de procesos que reduzca **la resistencia al cambio?**

Analizando las respuestas a esta pregunta, el 93,8% de los entrevistados opinan que la mejor forma de conseguir que el personal en terreno se vincule dando lo mejor de sí **a la implementación de** un plan de calidad es haciendo partícipes a los colaboradores y educando en relación **con los objetivos y** las ventajas de este proceso; por ejemplo, E4 (Geólogo con 4 años de experiencia) expresa que "se debe educar, informar para qué estoy haciendo el proceso de la implementación del plan **de aseguramiento y control de**

calidad. Se les debe comunicar que no se trata de cuestionar su trabajo, sino de mejorar la **calidad de los** entregables y para bien del negocio". De otro lado, el 6,3% restante, considera que la mejor forma de conseguir un involucramiento es mediante el ofrecimiento de incentivos, tal como lo manifestó E12 (técnico geológico con 12 años de experiencia)

"Daría premiaciones e incentivos, por participación y por las mejores ideas y cosas así".

ETAPA 3: AUDITORIAS, CAMBIOS Y EFECTOS

10. ¿Cómo **un plan de aseguramiento de la calidad** implementado en la empresa le

daría a usted más confianza a la hora de abordar una auditoría como líder de su proceso?

Según los hallazgos, el 77.8% opina que la mayor razón que aumenta la confianza de los

posibles auditados mediante **un plan de calidad es** porque aumenta la capacidad para

demonstrar el cumplimiento de los estándares establecidos y la competencia del personal.

Este alto porcentaje lo respaldan respuestas textuales como las que siguen: "Se genera

confianza en los trabajos que uno hace y los que hace su equipo". (E6, técnico geológico,

estudiante de ingeniería, con 14 años de experiencia) y "Existe mayor confianza de que

todo está en orden" (E13, técnico geológico con 13 **años de experiencia en** minería).

"En esas condiciones se tiene la posibilidad de demostrar como lo estamos haciendo y

que estos procedimientos están de acuerdo con las normas internacionales" (E4, geólogo

con **4 años de experiencia**).

Además, el 11.1% de los encuestados cree que la ventaja distintiva **de un plan de aseguramiento y control de calidad** frente a las auditorías radica en su capacidad para

facilitar la implementación de la mejora continua, con opiniones como "si uno tiene implementado un sistema, tiene mayor probabilidad de aplicar mejora continua"

(E12,

técnico geológico, con 12 años de experiencia) y "se crea la necesidad de corregir y

mejorar sobre las debilidades que se vayan evidenciando" (E1, Geóloga microscopista con

15 años de experiencia, Magister en Geofísica).)

Mientras que otro 11.1% indica que el valor añadido se centra en el aumento de la

probabilidad de estandarización de las operaciones “El tener el proceso estandarizado nos permitiría tener mayor orden, registro diario y confianza en el trabajo” (E8, Supervisor de muestrera. 15 años de experiencia) y “El hecho de tener los procedimientos e instructivos documentados, haría que los trabajos fueran estandarizados” (E3, Técnico geominería con 10 años de experiencia).

Al discutir estas respuestas en el focus group, FG2 (geólogo con 40 años de experiencia)

señala lo siguiente: “Es necesario incluir supervisión y auditoría establecida en cada proceso, de manera constante. Es fundamental que la persona sienta el respaldo y que se sienta parte de un plan. Esta práctica permitiría al trabajador detectar errores y mejorarlos oportunamente; además de ampliar sus conocimientos en conversación y retroalimentación técnica con la persona que tiene mayor formación y/o experiencia en el tema que estén trabajando. Además, por fortuna la auditoría se está empezando a ver como lo que realmente es: una herramienta para la mejora” .

3.2 Discusión de resultados

Considerando la primera etapa de caracterización del presente y la comprensión de la

realidad, y en relación con las preguntas de dicha etapa se distingue respecto del aseguramiento de la calidad, que este es comprendido como propio y en general con

dominio del tema, si bien se evidencia ausencia de precisión en los conceptos. En ese

sentido, pocos profesionales conocen las normas atinentes, considerando eso sí, que,

desde una opinión experta, que, para la minería chilena, no se encuentran muy normados

estos procesos. Estos hallazgos están de acuerdo con los resultados propuestos por Rojas (2019), en cuyo trabajo se afirma que un plan de calidad contiene documentación para la estandarización (como procedimientos y protocolos) y tiene como

objetivo garantizar que la información generada en los procesos mineros tiene una alta

calidad y que **se puede utilizar para** el control mineral.

Por otra parte, según concepto de Mora (2022), es fundamental la elección de las estrategias de mejora continua adecuadas al iniciar cualquier proyecto, ya que esto contribuye significativamente a obtener resultados eficientes.

De otro ángulo, se considera imprescindible el cumplimiento de los diversos protocolos

para la demostración de la eficacia de los procesos y la calidad de los productos finales.

Es clave, además, la implementación de diversas herramientas de mejora continua, utilizando el Ciclo de Deming (Cruz Medina et al, 2017). como marco principal

con el fin

de dar garantía de una gestión ordenada.

Cuando se consideró la intención de implementar **un plan de aseguramiento y control**

de la calidad, es posible establecer una percepción positiva para dicha implementación,

limitada esta, por la persona que interviene y del rol que ejerza en el proyecto.

Desde una mirada de sus experiencias previas, se evidencia que han participado u observado controles típicos operacionales, verificación de condiciones óptimas de equipos

e instrumentación, programas de limpieza y orden en instalaciones, entre otras.

Controles

presenciados que operaban con base en supervisiones o revisiones cruzadas, o simplemente ejecutados con participación de empresas o personas externas.

Lo cual coincide con lo que se afirma desde algunos trabajos investigativos que se han

realizado en torno a este tema, concluyendo que **un plan de calidad** impacta positivamente asegurando que los trabajos de obtención de data se han hecho de forma

correcta y generando mayor confianza en los resultados (Alaina, 2023).

Es un hecho, directamente relacionado que se ha dado una evolución en la mentalidad de

los trabajadores de terreno y con ello los gestores del talento humano han asumido nuevos desafíos. De esta manera, tanto lo expresado por los trabajadores

entrevistados

como lo concluido por Paiva (2023), nos lleva a evidenciar que el trabajador ya no permite,

ni debe, ser tratado como una máquina de producción; sino que desean ser tenidos en

cuenta, incluso a niveles más estratégicos. Los colaboradores proponen que se valore su

experiencia en el terreno mismo **y el conocimiento de** las condiciones reales de las

labores. Hoy en día, los líderes de las empresas han ido entendiendo esta realidad, y enfocan sus políticas de talento humano en atraer, retener y desarrollar las cualidades, más aún en el momento histórico que se vive a nivel de nuevas tecnologías (Paiva, 2023).

De lo anterior se establece con claridad, la relevancia de obtener el compromiso por parte de los individuos con los objetivos de la organización. Esto se logra cuando las personas, desde la convicción y la responsabilidad, se involucran en el desafío de la mejora continua. Por lo tanto, se debe crear una atmósfera adecuada para que el personal pueda contribuir con su talento en la evolución de los procesos, mientras que al mismo tiempo crecen y se desarrollan como seres humanos y como profesionales. En el mismo sentido, se debe considerar que es esencial proporcionar capacitación y fomentar la automejora en los colaboradores de todos los niveles operativos y jerárquicos. Se evidencia además que las personas en minería, actualmente, asocian los planes de calidad principalmente a los controles que se insertan para evaluar la etapa de análisis químico. Es poca la conciencia que hay en el personal entrevistado con respecto a la necesidad de implementar medidas de aseguramiento y control de calidad en las demás etapas del proceso global, lo cual coincide con lo expuesto en investigaciones existentes acerca de este tema (Alaina, 2023). En este sentido, Ancalle (2020), menciona las diversas etapas de la cadena de valor, y propone un robusto plan de calidad para estas. Algunas de las etapas que en esta fuente se mencionan coinciden con las 17 etapas que se pusieron como marco inicial en las entrevistas hechas en el presente trabajo.

Dados estos hallazgos se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: Mantener el perfil de las personas seleccionadas y contratadas, para continuar sobre esta base con la comprensión y dominio general del tema, mejorando el foco en la precisión de los conceptos; capacitar a los profesionales del equipo en normas

técnicas de su área de desempeño para evolucionar en el diseño de protocolos con base técnica; gestionar asesorías expertas en técnicas de mejora continua, estándares ISO, comunicación efectiva y la ejecución de planes de calidad para mejorar la eficiencia de los resultados, dar garantía a la correcta ejecución de la recopilación de datos y aumentar la confianza en los resultados obtenidos; diseñar un plan de capacitación y sensibilización para dar mejores fundamentos teóricos a todos los colaboradores en cuanto a lo que es y significa un plan de calidad.

Ahora bien, en cuanto a la caracterización técnica de las etapas de una campaña de perforación, se obtienen resultados muy cercanos desde las tres fuentes que se tomaron las respuestas; siendo las definitivas las que se han dado en el focus group. Dicho lo anterior, y desde esa perspectiva, se considera que los procesos que más afectan la calidad de la información y las muestras, producto del proceso, son los siguientes: perforación, geología, muestreo, almacenamiento e inventario de muestras y laboratorio (que incluiría preparación mecánica de muestras y análisis químico). Complementariamente, el proceso QA/QC debe considerarse como una etapa infaltable y transversal a toda la cadena de valor.

Por otra parte, las etapas a considerar en la cadena de valor deben ser 21 (y no 17, como se planteó en principio para el presente trabajo)

1. Planificación y etapa de licitación y compromisos contractuales.
2. Planteamiento de recomendaciones
3. Construcción de plataformas de sondajes
4. Perforación
5. Control de sondajes (RC y DDH)
6. Medición de trayectoria
7. Topografía
8. Chequeo a regularización
9. Fotografía de sondajes
10. Geotecnia
11. Geología
12. Corte
13. Muestreo
14. Envío a preparación mecánica
15. Preparación mecánica

16. Análisis químico
17. Almacenamiento e inventario de muestras
18. Base de datos
19. Modelamiento geológico
20. Estimación de Recursos.

Y como etapa N°21 el Aseguramiento y control de calidad (QA/QC), de la cual se concluye que debe aplicar a las otras 20.

Del listado definido precedentemente, las etapas que se han añadido, producto de las conclusiones derivadas del focus group, son la número 1, 18, 19 y 20, Esta inclusión, coincide además con la relevancia que da Acevedo (2017) a la base de datos y buen manejo de la información en los procesos de geología; lo cual se encuentra en coherencia con la propuesta que hacen Carrasco & Mayorga (2022), quienes plantean estas tres etapas, como actividades claves de exploración geológica, dentro del programa de calidad que se propone en su trabajo.

Ahora bien, respecto a la definición de las 5 etapas que generan mayor impacto en los entregables (tangibles e intangibles), en opinión general de los entrevistados, todas las etapas son importantes y en la medida que se avance en el proceso de implementación

del plan de calidad, debe tender a abarcarse todas estas con la misma rigurosidad; independientemente de que se comience por la implementación del plan de calidad con foco en las que se determinen como las más críticas.

Por otra parte, tenemos la opinión de Long (2003), autor referente en aseguramiento y control de calidad en minería, quien afirma que la información que se genera en estos

procesos se categoriza en tres grandes grupos que son: ensayos, geología y geotecnia; lo

cual coincide parcialmente con la investigación hecha por Ancalle, (2020) quien da prioridad a la cadena de custodia de las muestras, la calidad del mapeo y la geotecnia.

De otro lado, se hace evidente para los entrevistados en el presente trabajo los procesos de control de calidad de leyes y almacenamiento e inventario de muestras; son

considerados procesos críticos y que requieren puntos de control robustos, medibles y eficientes. Lo cual nos lleva a concluir que estos hallazgos están parcialmente de acuerdo con los resultados comunicados por otros autores (Long, 2003; Ancalle, 2020). Con respecto a las estrategias de aseguramiento y control de calidad que se debe implementar en cada una de las etapas, se concluye que los procesos deben tener revisión sistemática de un profesional con experiencia y auditoría interna; de manera que el aseguramiento de la calidad se haga de manera diaria y rutinaria y se garantice que las cosas se están haciendo bien. Desde esta perspectiva, se desea que ante la existencia de desviaciones, las mismas sean detectadas oportunamente. Además, se considera que, si los procedimientos se encuentran bien diseñados, obedeciendo a la normativa técnica y las indicaciones de las empresas mandares, si están hechos por las personas a cargo en terreno y si se aplican de manera rigurosa; los resultados deberían cumplir con los requisitos planteados para cada producto y servicio.

En relación con los controles de calidad específicos para cada proceso, las respuestas obtenidas en las entrevistas son diversas. En este sentido, en la publicación de Alaina (2023), se puede encontrar una propuesta de la forma como se podría controlar estas etapas. Sin embargo, el análisis individual de los controles a implementar en cada etapa crítica merece un análisis independiente y profundo, con profesionales senior y colaboradores con amplia experiencia en cada proceso. Teniendo en cuenta las evidencias expuestas precedentemente, se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: fortalecer las competencias de las personas de los procesos que manejan datos de manera directa, para disminuir la manipulación de información; gestionar inversión en infraestructura e instalaciones para mejorar las áreas físicas donde se lleva a cabo el proceso de almacenamiento e inventario de muestras; promover el análisis riguroso de los controles de calidad a implementar en cada una de las etapas del proceso, por parte de expertos en cada

tema para garantizar la claridad de los requisitos legales, técnicos y contractuales que se deben cumplir en cada entregable (tangibles e intangibles) y para asegurar el cumplimiento de los mismos.

Con respecto al impacto que tendría **un plan de aseguramiento y control de calidad en** los temas de Auditorías el personal entrevistado afirma que tiene conciencia de que en este contexto se sentirían más seguros y confiados al ser auditados.

Por su parte Carrasco (2022), en la propuesta que plantea en su trabajo investigativo, propone las auditorías internas como parte de los controles **del plan de calidad;** lo cual fortalece las condiciones para enfrentar una auditoría externa.

Es importante considerar los aportes de Huarcaya (2021), quien señala que los procesos encaminados a **la mejora de la** gestión deben comenzar con la confección de los procedimientos de las operaciones de interés, seguido de la determinación y implementación de los controles en terreno mediante la inspección, y como medida final utilizar herramientas de mejora continua. Todo esto dentro del marco de la norma ISO 10005: 2005, la cual es una guía que orienta, acerca de **los planes de calidad.**

Es clave crear conciencia de la responsabilidad que tienen todos los colaboradores que participan en determinada etapa, en los diversos niveles. El involucramiento de todas las personas conduce a la detección de oportunidades de mejora a tiempo, de manera que se puedan obtener **los productos y servicios** planificados (Bonilla, 2024).

Paralelamente, se propone definir e implementar **los puntos de control,** sobre las cinco etapas que se han sido clasificadas como las más relevantes.

Complementariamente se recomienda aplicar el ciclo de mejora continua PHVA (Cruz Medina et al. 2017), sobre las etapas que se han definido como las más críticas según los resultados del presente trabajo.

El proceso debe comenzar por una etapa de sensibilización e involucramientos del personal de todas las empresas y niveles, relacionadas al proceso global.

Posteriormente, se debe avanzar en el fortalecimiento de **las competencias de las personas** a nivel individual y a nivel de equipo.

La fase de PLANEAR debe involucrar revisión de la normativa técnica y legal; y revisión de los compromisos contractuales **de todas las partes involucradas**. Esta fase debe fortalecerse con el aporte del personal más experimentado dentro **de la organización y** debe concluir **con el diseño de** los protocolos de trabajo y la gestión de los recursos necesarios y de forma oportuna.

La segunda fase (HACER), es propiamente la puesta en marcha y debe constar de una etapa previa de capacitación y entrenamiento sobre los protocolos diseñados.

La tercera fase (VERIFICAR), trata del diseño y aplicación de herramientas de medición como indicadores de gestión, auditorías internas y de segunda parte, la aplicación **de las herramientas de** la calidad (Cruz Medina et al, 2017).

La cuarta Fase (ACTUAR), consiste en proponer e implementar acciones de mejora (correctiva o preventiva) de acuerdo con lo concluido en la tercera etapa. Esta cuarta fase, debe enlazar de manera cíclica con la primera Fase, generando de esta forma **un proceso de mejora continua**; que garantiza que la calidad que los entregables en estos procesos, cumplen a nivel auditable.

Dados estos hallazgos se propone el siguiente plan de acción para abordar las brechas detectadas: Implementar un plan de auditorías internas para evidenciar oportunamente fallas y que la organización se encuentre mejor preparada frente a auditorías externas;

declarar **el compromiso de la alta dirección** en cuanto a inversión en tecnología, instalaciones y capacitación asertiva al talento humano para contar con los recursos necesarios que exige la calidad; planificar en el mediano y largo plazo el involucramiento en el plan de calidad de las demás etapas del proceso que no clasificaron dentro de las más críticas para lograr progresivamente abarcar la cobertura de todas las etapas **de la cadena de valor**, en el proceso global

3.3. Metodología propuesta:

La metodología que se propone consiste en la determinación de la criticidad de **las etapas de un proceso** en una campaña de perforación con fines de investigación geológica.

Figura 4: Fases de la metodología propuesta (Fuente: Elaboración propia)

La pertinencia de estas fases obedece a la siguiente descripción: Se aplica un método de investigación mixto; el cual se materializa con las fases investigativas que se describen a continuación.

Descriptor fase 1: se hace entrevista semiestructurada oral e individual, donde se evalúa cuáles serían las cinco etapas más críticas del proceso en opinión del personal en terreno, con conocimientos y/o experiencia en minería. Además, se indaga acerca de la percepción que tienen las personas en relación con **un plan de calidad** y de las necesidades que manifiestan con respecto al tema.

Descriptor fase 2: se implementa pauta cuantitativa, en la cual se evalúa el nivel de criticidad de cada etapa **de la cadena de valor** del proceso. Considerando qué probabilidad hay de que ocurra la falla **(de 1 a 5)**, y que nivel de impacto tendría este evento (en caso de que ocurra la falla). Donde 1 es el grado mínimo y 5 es el grado máximo.

Descriptor fase 3: se convoca un equipo de profesionales senior (geólogos y/o ingenieros) y se someten a opinión y discusión los resultados de las dos primeras fases con el fin de decidir en los puntos que hubiese divergencia. Una vez analizados los resultados en el focus group, se procede a determinar las etapas que se consideran más críticas y sobre las cuales se debe establecer el alcance que ha de tener el plan de calidad a implementar,

con el objetivo de aportar al cumplimiento de las normas internacionales que dan los estándares en minería y que posibilitan la cotización en las bolsas de valores del mundo.

Por otro lado, del focus group se debe concluir si es necesaria agregar etapas al proceso que se consideren significativas para los productos tangibles e intangibles de los procesos.

4. Conclusiones

Este trabajo establece que las etapas más críticas en una campaña de sondeos con fines de investigación geológica, tal que se garantice la calidad de la información que ingresa al

proceso de modelamiento y estimación de recursos son: Perforación, Geología, Muestreo, Almacenamiento e inventario de muestras, Laboratorio (incluyendo preparación mecánica de muestras y análisis químico). Sumando a esto el aseguramiento y control de calidad (QA/QC), que debe ser transversal a todo el proceso. Esta conclusión permite el establecimiento del alcance para la partida del plan de aseguramiento y control de calidad en el contexto planteado, de manera que se garantice la calidad de las muestras generadas y la información relacionada a las mismas; y de esta forma el yacimiento minero pueda cotizar en las bolsas de valores con nivel auditable.

Con este fin se diseñó una metodología para la definición de etapas críticas del proceso de manera tal que se aporte a la garantía la calidad de la información que ingresa al modelamiento y estimación de recursos de un yacimiento minero. En efecto los resultados muestran que, se logró evaluar las opiniones y aportes de los expertos, a nivel técnico y profesional, que participaron en las entrevistas individuales, la aplicación de la pauta cuantitativa y el focus group. Además, se consiguió seleccionar las etapas más críticas de una campaña de perforación con fines de investigación geológica.

El avanzar con esta propuesta contribuye al aseguramiento de la calidad de los entregables (tangibles e intangibles), que se generan en una campaña de sondajes con fines de investigación geológica; de manera que estos clasifiquen en categoría de “auditables” .

Producto del trabajo de investigación aplicado que se efectuó en la campaña de sondajes, se determinaron las siguientes acciones y estrategias futuras:

- Mantener el perfil de las personas seleccionadas y contratadas
- Capacitar a los profesionales del equipo en normas técnicas de su área de desempeño
- Gestionar asesorías expertas en técnicas de mejora continua, estándares ISO, comunicación efectiva y la ejecución de planes de calidad
- Diseñar un plan de capacitación y sensibilización
- Fortalecer las competencias de las personas de los procesos que manejan datos de manera directa.
- Promover el análisis riguroso de los controles de calidad a implementar en cada una de las etapas del proceso, por parte de expertos en cada tema
- Implementar un plan de auditorías internas

- Declarar **el compromiso de la alta dirección** en cuanto a inversión en tecnología, instalaciones y capacitación asertiva al talento humano
- Planificar en el mediano y largo plazo el involucramiento en **el plan de calidad** de las demás etapas del proceso que no clasificaron dentro de las más críticas.

Referencias

Acevedo Molina, J. N. (2017). **Inteligencia de negocio en aseguramiento y control de calidad para la exploración minera** [Tesis de Pregrado, Universidad Gabriela Mistral].

Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12743/1086>.

Alania Martínez, D. E. (2023). **Implementación de un sistema de control de calidad QA/QC aplicado al proceso de preparación y análisis de muestras geológicas, para mejorar el nivel de confiabilidad de los resultados de laboratorio y sirva en la estimación de**

recursos de la Veta Principal y Veta Andalucía 120-Mina Chungar-2015. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3125>.

Alonso, R. N. (junio, 2020). Historia del litio en la Puna. **Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, 7(1), 151-162. Salta: Universidad Nacional de

Salta-CONICET (INSUGEOCEGA), Recuperado de

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/28639/30446>

Ancalle Quispe, F. J. (2020). **Logueo geológico, muestreo y qa-qc en perforación diamantina, proyecto puite-colorada en el departamento moquegua de la compañía minera**

zahena s.a.c. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].

Recuperado

de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2974/1/T026_71058639_T.pdf.

Bonilla Concha, J. (2024). **Aplicación de la ingeniería de métodos en las operaciones**

unitarias de perforación para mejorar la productividad - Unidad Minera

Uchucchacua

Cía. Minas Buenaventura S.A. [Tesis de Pregrado, **Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**]. Recuperado de

<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3979>.

Carrasco Rodríguez, M. D. (2022). **Control de calidad en muestras de carbón antracita**

para la optimización de la base de datos geológica bajo la Norma NI-43101 en proyecto de

carbón ubicado en la Cuenca Altochicama. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional

Mayor de San Marcos]. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/18248>.

Carrasco Rodríguez, M. D., & Mayorga Rojas, J. C. (2021). **Programa de calidad para cumplimiento de NI-43101 en exploración de proyecto de carbón antracita**. Revista Institucional Investigación. Fac minas metal, ciencias geográficas. Vol 24 n° 48, 2021: 125-135. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21767>.

Cortés Vega, M. D., Cotán Fernández, A., López Gavira, R., Melero Aguilar, N., Molina Romo, V. M., & Perera Rodríguez, V. H. (2014). **Análisis de las barreras y ayudas que los estudiantes con discapacidad identifican en la universidad**. 3ciencias. [**Editorial Área de innovación y desarrollo**, 3ciencias]. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=657750>.

Cruz Medina, F. (2017). **Sistema de gestión ISO 9001-2015: Técnicas y herramientas de ingeniería de calidad para su implementación**. Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo, 17(1). ISSN Impreso 1900-771X, ISSN Online 2422. 4324. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5306.

del Castillo-Serpa, A. M., Brito-Ballina, M. L., & Fraga-Guerra, E. (2009). **Análisis de criticidad personalizados**. Revista de Ingeniería Industrial, 12(3), 1-12. ISSN 1815-5944, Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2251/225114976001.pdf>.

Escalante Torres, Omar Enrique. (2021). **Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado**. Revista Industrial Data, 24(1), 219-242. Epub 00 de enero de 2021. Versión impresa ISSN 1560-9146, Versión On-line ISSN 1810-9993. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.19814>

Huarcaya Mayhua, M. C. (2021). **Propuesta de implementación del plan de calidad según la ISO 10005 para la mejora del sistema de gestión en una empresa de fabricación y montaje de estructuras, Lima 2021**. [Tesis de Pregrado, Universidad Norbert Wiener]. Recuperado de <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/4925>

Jallo Sanchez, A., & Flores Hanco, R. A. (2023). **Estimación de recursos de minerales de la veta Santa Rosa en los niveles inferiores 7 y 8 Compañía Minera SOTRAMI SA Sancos-Lucanas-Ayacucho**. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Recuperado de

<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7683>.
Lay-De-León, Rosa Nathaly, Acevedo-Urquiaga, Ana Julia, & Acevedo-Suárez, José Antonio. (2022). Guía para la aplicación de una estrategia de mejora continua. *Revista Ingeniería Industrial*, 43(3), 30-48. Epub 11 de noviembre de 2022. Versión Online ISSN 1815-5936, Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362022000300030&lng=es&tling=es.

Long, S. (2003). **Programa de Aseguramiento y Control de Calidad de los Ensayos para Proyectos de Perforación a un Nivel de Informe de Pre-Factibilidad a Factibilidad**. Editorial Academia. Recuperado de https://www.academia.edu/33528246/Programa_de_Aseguramiento_y_Control_de_Calida_d_de_los_Ensayos_para_Proyectos_de_Perforaci%C3%B3n_a_un_Nivel_de_Informe_de_Pre_Factibilidad_a_Factibilidad.

Mora Toledo, M. (2022). **Aplicación de la Norma ISO 9001 (2015) para el Control y Gestión de documentos del área de producción de una empresa**. [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Recuperado de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3720/MOTXLM02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ordinola Sandoval, M. A. (2021). Implementación del sistema QA/QC en muestras de core de sondajes diamantinos del proyecto SAMI - Ayacucho. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Recuperado de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2593>.

Paiva de Báez, G. I. (2023). Evolución histórica de la gestión del talento humano. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5(1), 10-28. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1653>

Pereira Pérez, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 15-29. ISSN: 1409-4258. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194118804003>.

Rincón, O. & Aldana, L. (2021). Cultura organizacional y su relación con **los sistemas**

de gestión: una revisión bibliográfica. Revista SIGNOS - Investigación en Sistemas de

Gestión, 13(2). ISSN: 2145-1389 | e-ISSN: 2463-1140.

<https://doi.org/10.15332/24631140.6675>

Riquelme, G., Silva, Y., Tejo, F., Valenzuela, J., Venegas, M., & Parra, C. (Julio, 2023).

Metodología básica de análisis de riesgo para evaluar la criticidad de activos industriales.

Caso de estudio: Aeronave Boeing 787-8, CC-BBB, LATAM Airlines. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María].

DOI:10.13140/RG.2.2.29117.84969.

Rojas Pilco, N. M. (2019). **Implementación de programa de aseguramiento y control de**

calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfido de cobre.

[Tesis de

Pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Recuperado de

<https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/2795>.

Román Pulla, A. H., & Rivera Quezada, H. S. (2023). Metodología desarrollada para perforación a diamantina con extracción de testigos, ejecutada en la fase de exploración

geológica avanzada para proyectos mineros. [Tesis de Pregrado, Universidad del Anzuay].

Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13304>.

Sánchez-Oro Sánchez, M., & Robina Ramírez, R. (2020). Los GRUPOS FOCALES ("FOCUS GROUPS") como herramienta de investigación turística. [Universidad de Extremadura, I.S.B.N.: 978-84-09-23993-1] Recuperado de <https://dehesa.unex.es>.

Uribe Cecenarro, D. V. (2019). Aplicación de la metodología Six Sigma para reducir las

no conformidades en el proyecto de mejora tecnológica de la Mina Cuajone, licitado por la

empresa minera Southern Perú Copper Corporation y ejecutado por la constructora SKEx.

[Tesis de Pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui]. Recuperado de repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1242?show=full.

Villacorta, S., Pinto, L., & Leite Mansur, K. (2023). Importancia de la geoética en las

carreras de ingeniería geológica y geociencias: La experiencia latinoamericana.

Boletín de

la Sociedad Geológica Mexicana, 75(2), 1 -13. [A100423].

<https://doi.org/10.18268/BSGM2023v75n2a100423>.

Sources

1 <https://safetyculture.com/es/temas/aseguramiento-de-la-calidad-y-control-de-calidad/>

INTERNET

3%

2 <https://www.redalyc.org/journal/5043/504371975003/>

INTERNET

1%

3

<https://1library.co/document/z1d0w7ev-implementación-preparación-geológicasconfiabilidad-resultados-laboratorio-estimación-andalucía.html>

INTERNET

1%

4

https://www.academia.edu/4082605/Protocolos_de_muestreo_y_análisis_paraMINISTERIO_DE_MEDIO_AMBIENTE_CONFEDERACIÓN_HIDROGRÁFICA

INTERNET

<1%

5 <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18248?show=full>

INTERNET

<1%

6 <https://www.pdcahome.com/7612/planes-de-calidad-y-ppi/>

INTERNET

<1%

7 <https://et2c.com/news/aseguramiento-de-calidad-vs-control-de-calidad/>

INTERNET

<1%

8 <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3102693>

INTERNET

<1%

9 <https://resumaker.es/ejemplos-de-currículums/geólogo/>

INTERNET

<1%

10 <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/4925>

INTERNET

<1%

11

<https://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/caracteristicas-necesarias-para-unabuena-calidad-de-la-informacion>

INTERNET

<1%

12

<https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2018/03/plan-de-calidad-procesos/#:~:text=Un plan>

de calidad es información documentada que, a un proyecto, producto, proceso o contrato específico.

INTERNET

<1%

13 https://www.academia.edu/33837801/_1_Identificacion_de_Puntos_Criticos_Del_Proceso

INTERNET

<1%

14 <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1783?show=full>

INTERNET

<1%

15 <https://www.jstor.org/stable/27221858>

INTERNET

<1%

16

<https://economipedia.com/definiciones/control-de-calidad.html#:~:text=De la misma forma, el control de calidad, otro proceso que debe ser detectado y corregido.>

INTERNET

<1%

17 <https://enfarma.lat/index.php/articulos/2406-mapeo-de-puntos-criticos-de-proceso-mpcp>

INTERNET

<1%

18 <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2793411>

INTERNET

<1%

19

https://www.researchgate.net/publication/283548645_Analisis_de_las_barreras_y_ayudas_que_e_los_estudiantes_con_discapacidad_identifican_en_la_universidad

INTERNET

<1%

20

<https://www.semanticscholar.org/paper/Implementaci3n-de-programa-de-aseguramiento-y-de-el-Pilco-Mercedes/60c733809d32514bf7fe9728743994ef5c82a9e4>

INTERNET

<1%

21

<https://www.cdt.cl/explorando-las-profundidades-avances-en-tecnologia-de-perforacion-y-cimentacion/>

INTERNET

<1%

22

https://espanol.libretexts.org/Negocio/Negocios/Negocios_Avanzados/Libro:_Fundamentos_d

e_la_Estrategia_Global_(de_Kluyver)/02:_La_globalización_de_las_empresas_e_industrias/2.0
1:_Las_cinco_etapas_de_la_globalización

INTERNET

<1%

23 <http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/3720>

INTERNET

<1%

24 <https://matemovil.com/probabilidades-ejercicios-resueltos/>

INTERNET

<1%

25

<https://www.maptek.com/cl/blogs/productividad-a-todo-rigor-de-los-procesos-de-perforacion-y-tronadura/>

INTERNET

<1%

26

<https://www.cubodeideas.com/blog/calidad-total/primeros-pasos-para-implementar-un-sistema-de-gestion-de-calidad/>

INTERNET

<1%

27 <https://www.redalyc.org/journal/1341/134157078006/html/>

INTERNET

<1%

28

<https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-analisis-resultados-del-programa-control-S0213005X20300380>

INTERNET

<1%

29

<https://www.semanticscholar.org/paper/A-standardized-coal-resource-reserve-reporting-for-Hughes-Klatzel-Mudry/429335a1dc26a04b0a4cfb75e30a8228bb83ab64>

INTERNET

<1%

30 <https://q-bo.org/que-es-la-garantia-de-calidad/>

INTERNET

<1%

31 <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1666022>

INTERNET

<1%

32 <https://miar.ub.edu/issn/2362-2539>

INTERNET

<1%

33

https://www.researchgate.net/publication/372104214_METODOLOGIA_BASICA_DE_ANALISIS_DE_RIESGO_PARA_EVALUAR_LA_CRITICIDAD_DE_ACTIVOS_INDUSTRIALES_CASO_DE_ESTUDIO_AERONAVE_BOEING_787-8_CC-BBB_LATAM_AIRLINES

INTERNET

<1%

34

<https://fastercapital.com/es/contenido/Analisis-de-viabilidad-financiera-en-el-desarrollo-deproyectos.html>

html

INTERNET

<1%

35 <https://repositorio.unsaac.edu.pe/>

INTERNET

<1%

36 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=28345>

INTERNET

<1%

EXCLUDE CUSTOM MATCHES ON

EXCLUDE QUOTES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF