

(08-012) - Proposal for a Fatality Risk Management Plan for a Mining Project in the Fourth Region (Chile)

Cuello Ramírez, Carlos ¹; Heredia Rojas, Boris ¹

¹ Universidad Católica del Norte

The present research is centered around a sulfide deposit located in the Coquimbo region, 240 kilometers north of Santiago, Chile.

This project consists of a series of works aimed at updating (due to obsolescence) the electrical and control components of the Coarse Mineral Transport System, with the goal of improving the reliability of mineral transport to ensure greater copper production.

This Mining Group requires that all major projects be carried out using a Project Execution Plan (PEP). The purpose of the PEP is to document how the project will be carried out and to communicate it to key stakeholders. Although the PEP for this project includes a section on “Risk Management,” it is focused more on communicating what will be done, rather than defining a robust “Risk Management Plan.”

In the Chilean Mining Industry, there exists a particular paradox, as it shows outstanding performance in accidents with injury (of lesser severity). However, one worker dies every month, which is why there is a need to focus this “Risk Management Plan” on those risks that cause fatalities to people.

Keywords: Risk Management; Prevention of Fatal Accidents in Mining; Safety and Health

Propuesta de un Plan de Gestión de Riesgos de Fatalidad para un Proyecto Minero de la Cuarta Región (Chile)

La presente investigación se encuentra circunscrita en un yacimiento de sulfuro ubicado en la región de Coquimbo, a 240 kilómetros al norte de Santiago de Chile.

Este proyecto se compone de una serie de obras, cuyo propósito es actualizar (por obsolescencia) los componentes eléctricos y de control del Sistema de Transporte de Mineral Grueso, que tienen como objetivo mejorar la confiabilidad del transporte de mineral, para asegurar una mayor producción de cobre.

Este Grupo Minero exige que todos los proyectos mayores sean ejecutados utilizando un Plan de Ejecución del Proyecto (PEP), el propósito del PEP es documentar cómo se realizará el proyecto y comunicarlo a los stakeholders claves. Si bien en el PEP de este Proyecto, existe un acápite de “Gestión de Riesgos” este está enfocado en comunicar qué es lo que se hará, más que definir un “Plan de Gestión de Riesgos” robusto.

En la Industria Minera en Chile, existe una paradoja bastante particular, ya que presenta un desempeño sobresaliente en accidentes con lesión (de menor gravedad). Sin embargo, fallece 1 trabajador todos los meses, es por esto que nace la necesidad enfocar este “Plan de Gestión de los Riesgos” hacia aquellos riesgos que causan fatalidades a las personas.

Palabras clave: Gestión de Riesgos; Prevención de Accidentes Fatales en Minería; Seguridad y Salud

Correspondencia: Carlos Cuello Ramírez - carloscuelloramirez@gmail.com



©2024 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Como se señala en el Manual Integral de Gestión de Riesgos (Antofagasta Minerals 2021) “Los riesgos son una parte inseparable del negocio, ya que cualquier actividad que realizamos está expuesta a incertidumbres que pueden impactar nuestros objetivos”.

Antofagasta Minerals, es el principal Grupo minero privado chileno y uno de los diez mayores productores de cobre del mundo. Actualmente, opera cuatro compañías mineras en el norte de Chile, dos de las cuales también producen molibdeno y oro como subproductos: Minera Los Pelambres, Minera Centinela, Minera Antucoya y Minera Zaldívar. También realiza actividades de exploración y desarrollo de proyectos, tanto en Chile como en el extranjero. El proyecto in comento está situado en Minera Los Pelambres es un yacimiento de sulfuro ubicado en la región de Coquimbo, en Chile, a 240 kilómetros al norte de Santiago. Los Pelambres produce concentrado de cobre, que contiene, principalmente, oro y concentrado de molibdeno, mediante un proceso de molienda y flotación.

2. Caso de Estudio

El proyecto se desarrolla en el Sistema de Transporte de Mineral Gueso (STMG) de Minera Los Pelambres (MLP), el cual está compuesto por las siguientes correas transportadoras: CV005, CV006 y CV007.

El alcance del Proyecto considera:

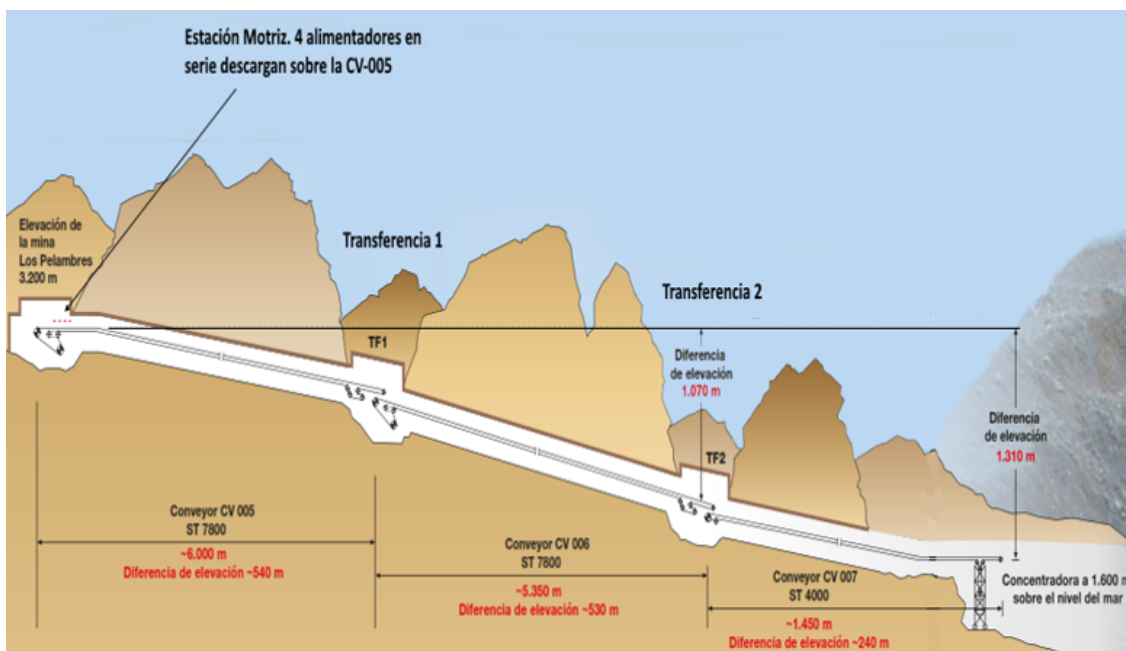
- Actualización por obsolescencia de Variadores de Frecuencia (VDFs) de las correas CV007, CV006 y CV005.
- Actualización de Switchgears de las correas CV007, CV006 y CV005 a tecnología GIS (Gas Insulated Switchgear).
- Montaje y PEM de sala eléctrica móvil (SWG) en TP1 y EM, que permita la transición de SWG actual a nuevas GIS en ambas áreas.
- Montaje de 3er Drive correa CV007 (Transformador, Motor, Reductor y Disco Freno).
- Cambio de 2 Reductores correa CV007.
- Cambio de 4 Poleas y Huinche del Contrapeso Correa CV-007.

Este proyecto considera el montaje de salas eléctricas en tres áreas definidas de MLP como; Estación Motriz (EM), Estación de Transferencia N°1 (TP-1), Estación de Transferencia N°2 (TP-2) siendo todos terrenos que se encuentran en operación por MLP, por lo tanto, corresponde a un Proyecto tipo “Brownfield”.

Las instalaciones del STMG se encuentran emplazadas entre la Mina a 3200 metros sobre el nivel del mar (msnm) aproximadamente y el área de El Chacay a 1600 msnm aproximadamente, entre los dos puntos se encuentran las estaciones de transferencia TP-1 y TP-2.

A continuación, se presenta un Diagrama que pone en perspectiva el Sistema de Transporte de Mineral Gueso (STMG)

Figura 1. Diagrama Sistema de Transporte de Mineral Grueso.



Fuente: (Elaboración Propia)

El Proyecto STMG Integrado tiene como objetivo cumplir con el plan trazado con el menor o nulo impacto en la producción y su vez las áreas de Operaciones y Mantenimiento de MLP, dado lo anterior, para realizar el montaje sólo se cuenta con los periodos de mantenimiento mayor, sucesos que ocurren dos veces por año y muy acotado en tiempo, del orden de 150 horas por evento. Para este efecto se conformó un equipo con personal de Operaciones y de la Vicepresidencia de Proyectos, a fin de generar las alianzas con Mantenimiento-Operaciones y Proyecto cuyo único objetivo es el éxito en los tiempos acotados, sin daño a las personas, con calidad, y el mínimo impacto a la Operación.

3. Particulares del Proyecto (Brownfield)

Los asuntos críticos que se visualizan en este proyecto tienen relación principalmente con los plazos y tiempos acotados para intervenir el STMG cuando se encuentre detenido, más otros temas de índole logísticos y entrega de equipos por parte de los proveedores. A continuación, podemos detallar los siguientes:

- La coordinación y planificación de los trabajos de ejecución del proyecto que se requiere realizar durante las mantenciones mayores del Sistema, oportunidades que personal de mantenimiento y operaciones MLP también realizan sus propias actividades. (No realizar algunas de las actividades planificadas para estas oportunidades podrían causar un retraso en el término del proyecto de entre 3 a 6 meses).
- El proyecto debe asegurar tener todos los recursos, ingenierías, Herramientas especiales y servicios, para la ejecución de los trabajos planificados y coordinados con MLP, para estas detenciones mayores programadas del STMG, para evitar reprocesos que pudieran originar retrasos.

- Espacios restringidos en las zonas de trabajo, debe optimizarse el espacio de montaje de las salas eléctricas y al mismo tiempo conservar las distancias exigidas por el Vendor entre las salas y los motores eléctricos.
- Mantener los accesos a los equipos requeridos por Operaciones, ello implica mantener o habilitar caminos, desarmar construcciones existentes en desuso y habilitar otros para las instalaciones de faenas.
- Aseguramiento de la compatibilidad tecnológica en los tie-in en que convivan dos tecnologías, la antigua y nueva permitiendo que el STMG opere en forma normal sin alteraciones por el tiempo de transición.
- Asegurar que los equipos lleguen en los plazos acordados para ejecutar los pre-comisionamientos y comisionamientos en forma oportuna según el plan y exigencias Vendor.
- Cumplir con las etapas de ingenierías, factibilidad, protocolos de la Compañía y acuerdos que se hayan realizado a fin de asegurar que los equipos AFD's y SWG's cumplan con las exigencias técnicas para operar en la condición que se han definido en el proyecto 205ktpd.

4. Restricciones

Las principales las restricciones que se pueden visualizar para el presente proyecto se detallan a continuación:

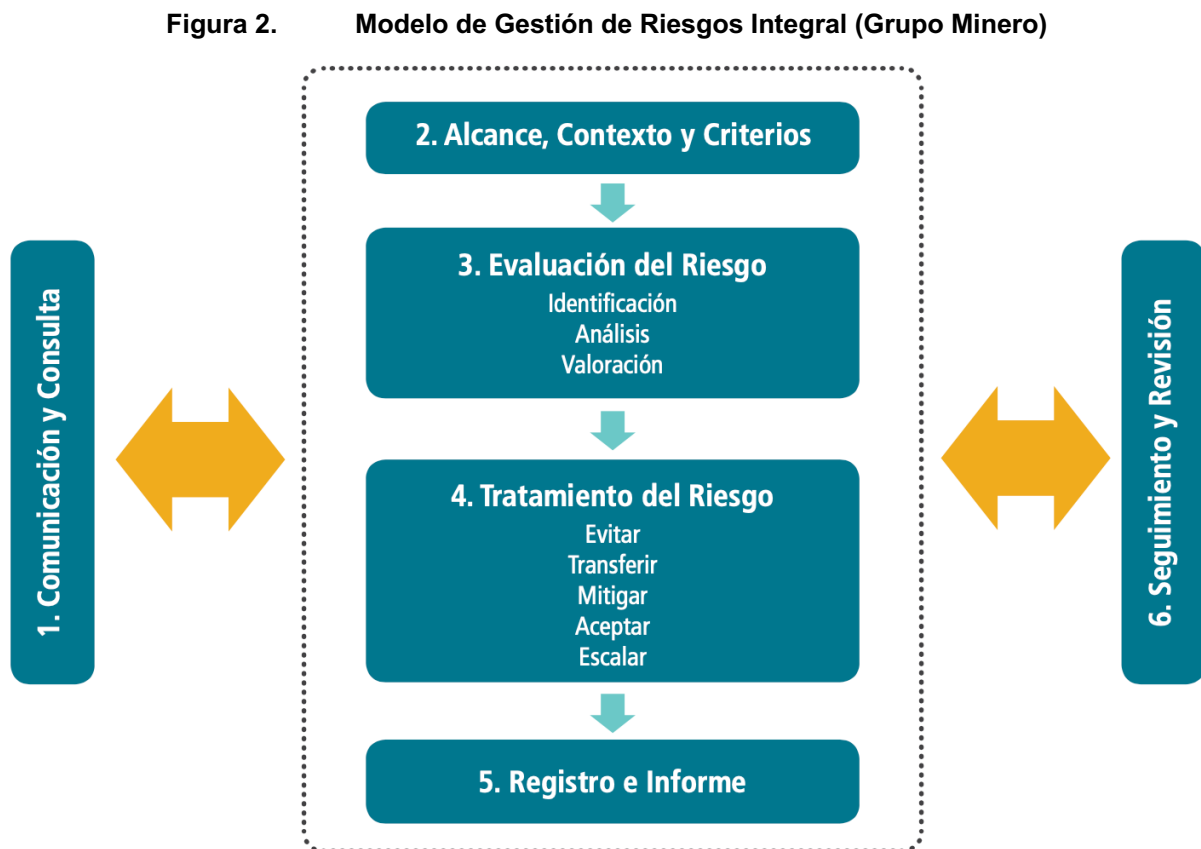
- El Proyecto STMG debe ejecutarse en las intervenciones mayores, dos (2) para cada correa, aproximadamente de 150 horas cada una, por lo cual debe haber una correcta coordinación con las áreas productivas de MLP
- Ante un cambio de un tramo de correa de las CV005 y CV006, este proyecto no puede intervenir la correa en particular que se está interviniendo, por lo cual es vital la correcta coordinación y conocimiento con antelación de los planes de las áreas productivas y mantenimiento.
- Cuando se intervengan las EM, TP1 y TP2, se hará un corte de energía de la red normal en 23kV, por lo cual deben instalarse equipos de generación autónoma auxiliar para satisfacer los servicios auxiliares de las áreas y según requerimiento
- Un tema logístico a tener presente es que el personal que intervenga en las 150 horas establecidas dos veces debe ser muy especializado y el proyecto debe asegurar su permanencia en faena, para ello será necesario gestionar tener la capacidad de alojamiento en las instalaciones de MLP.

5. Plan de Ejecución del Proyecto (PEP)

En el ámbito de la gestión de proyectos, el término "PEP" se refiere al Plan de Ejecución del Proyecto. Este documento es fundamental y actúa como una hoja de ruta detallada para la planificación, ejecución, seguimiento y cierre de un proyecto. El PEP no solo define el alcance del proyecto y los objetivos a alcanzar, sino que también establece los roles y responsabilidades del equipo del proyecto, los recursos necesarios, los procedimientos de gestión y la estructura de desglose del trabajo (EDT).

Una de las etapas cruciales en el desarrollo y la implementación del PEP es la aprobación del directorio o la alta dirección de la organización. La aprobación del directorio es significativa porque refleja el compromiso y el respaldo de la alta gerencia hacia el proyecto. Esta aprobación no solo legitima las actividades del proyecto dentro de la organización, sino que también es crucial para asegurar los recursos financieros y humanos necesarios para su ejecución. Además, este proceso de aprobación permite que la dirección superior evalúe cómo el proyecto se alinea con los objetivos estratégicos más amplios de la empresa y cómo se gestionarán los riesgos asociados.

En el Grupo Minero donde se enquesta esta investigación la Gestión de Riesgos es parte integrante del PEP del Proyecto, y establece las siguientes consideraciones, según su modelo de Gestión Riesgos Integral, que se presentan en la figura 2.



Fuente: Modelo de Gestión de Riesgos Integral AMSA. (Antofagasta Minerals 2021)

Este Modelo de Gestión de Riesgos contempla las directrices tanto de la Organización Internacional de Normalización (2018) como de los preceptos del PMBOK versión 7 (Project Management Institute, 2021);

6. Plan de Gestión de los Riesgos del Proyecto

A continuación, se presenta una tabla, con el extracto del resultado del Plan de Gestión de los Riesgos, el cual abarca un total de 9 riesgos claves para el Proyecto en Construcción.

Tabla 1. Extracto del Plan de Gestión de Riesgos realizado.

Título del Riesgo	Máxima Pérdida Posible (MFL) USD	Probabilidad de riesgo residual	Impacto del ámbito dominante residual	CAPEX	OPEX	Plazo	H S E C	E S G	Probabilidad residual %	Máxima pérdida esperada (MPE) USD	Magnitud del riesgo residual
R01: Deficiente gestión del cambio durante el Proyecto	910.000	4	4	1		1	4		0,7	637.000	16
R02: Accidente grave o fatal	14.000.000	3	5	4			5		0,1	1.400.000	15
R03: Demoras en los contratos	5.460.000	4	3	2		3			0,7	3.822.000	12
R04: Falta de campamento para Colaboradores	5.460.000	4	3	2		3			0,7	3.822.000	12
R05: Subestimación de la dotación	5.460.000	4	3	2		3			0,7	3.822.000	12
R06:Falta de permisos ambientales	16.380.000	2	5	5		5	4		30	4.914.000	10
R07: No contar con el diseño viable y factible a tiempo	5.460.000	3	3	2		3			50	2.730.000	9
R08: Afectaciones a la construcción	5.460.000	3	3	2	3	2			50	2.730.000	9
R09: Falta de calidad de las obras	5.460.000	3	3	2	3				50	2.730.000	9

Fuente: Elaboración Propia

El resultado da 9 riesgos claves para el Proyecto en Construcción, durante todas sus etapas, a todos los cuales se les realiza el tratamiento necesario, bajo la metodología PMBOK versión 7 (Project Management Institute, 2021); es decir: se define el riesgo, gestor, se evalúa de manera residual, luego se establece un plan de acción, se evalúa de manera residual y por último se establece un plan de contingencia, en caso de que se materialice.

7. Paradoja de la Minería en Chile

El análisis de la seguridad en la industria minera en Chile revela una notable paradoja en los indicadores de accidentabilidad. Aunque este sector muestra un rendimiento sobresaliente en términos de accidentes con lesión, evidenciado por una baja tasa de frecuencia de accidentes, que lo sitúa a la vanguardia a nivel nacional, la situación contrasta significativamente al considerar los índices de mortalidad. Para mayor claridad se presentan las tablas 2 y 3 que evidencian un notable contraste entre la tasa de accidentabilidad y tasa de mortalidad.

Tabla 2. Tasa de Accidentabilidad por accidentes del trabajo (2021 al 2023)

Actividades Económicas	2021	2022	2023
Agricultura y Pesca	3,9	3,7	3,5
Minería	1,0	1,0	0,9
Industria Manufacturera	3,8	4,0	3,8
Construcción	3,8	3,6	3,1
Comercio	2,8	3,1	3,0
Transporte y comunicaciones	3,5	3,5	3,3
Servicios	1,6	2,0	2,1

Fuente: (SUSESO 2023)

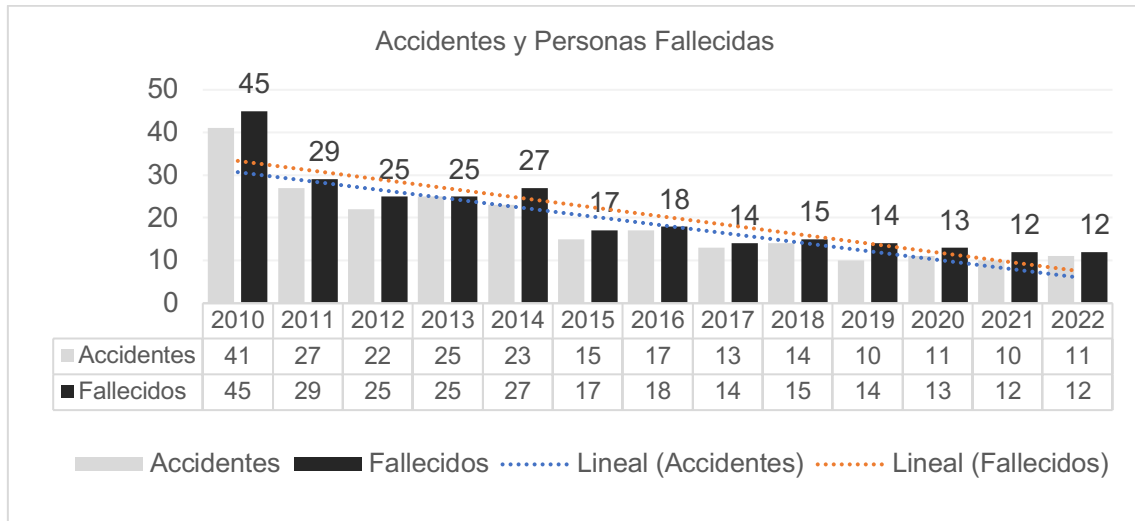
Tabla 3. Tasa de Mortalidad por accidentes del Trabajo (2021 al 2023).

Actividades Económicas	2021	2022	2023
Transportes y Comunicaciones	13,0	13,2	10,1
Construcción	6,0	4,6	5,0
Agricultura y Pesca	5,5	9,0	6,5
Minería	4,5	8,6	7,5
Industria Manufacturera	2,9	2,5	3,5
Comercio	2,2	1,1	1,4
Servicios			

Fuente: (SUSESO 2023)

Entre 2010 y 2022, se registraron 254 decesos en faenas mineras, representando una reducción del 26,7% en la tasa de fatalidad. No obstante, este dato sugiere una realidad más sombría: en promedio, un (1) trabajador fallece cada mes en el sector. Esta dicotomía entre la baja frecuencia de accidentes menores y la alta incidencia de eventos fatales plantea desafíos críticos para la evaluación de la seguridad y la efectividad de las políticas de prevención de riesgos en la minería chilena. A continuación se presenta la estadística que comprende desde el 2011 al 2022.

Figura 3. Estadística de Accidentabilidad Industria Extractiva Minera – Año 2023.



Fuente: (SERNAGEOMIN, 2022)

8. Modelo Propuesto para Abordar la Fatalidad en Minería

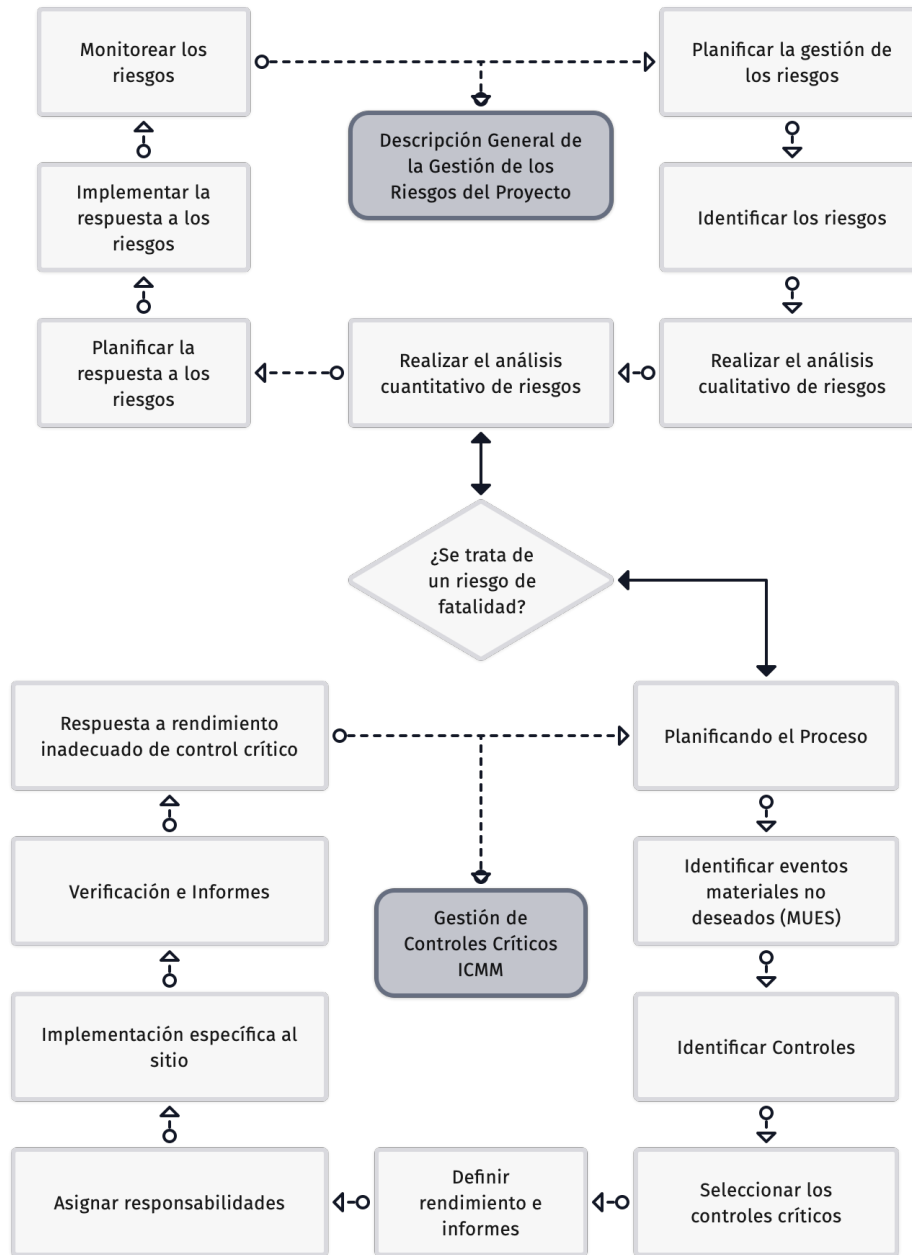
El Proyecto STMG Integrado utiliza el modelo de Gestión de Riesgos del PMBOK® (2017) en su capítulo 11, por lo que se propone fusionar con el Modelo de Gestión de Controles Críticos de ICMM y con ello mejorar el resultado de la gestión de riesgos, tendientes a lograr la cero fatalidad.

La forma sería la siguiente:

- 1) Se realizarían las primeras 4 etapas de la Guía PMBOK® (2017), a saber:
- 2) Planificar la gestión de los riesgos.
- 3) Identificar los riesgos.
- 4) Realizar el análisis cualitativo de los riesgos, y
- 5) Realizar el análisis cuantitativo de los riesgos.

Si un riesgo puede producir una fatalidad, activaría la metodología ICMM de gestión de controles críticos, buscando con ello robustecer el proceso de control y gestión de éstos (identificación de riesgos, identificación de controles críticos, estándar de desempeño, revisión y monitoreo. Para una mejor comprensión de lo anterior, es que se propone el siguiente modelo:

Figura 4. Modelo Propuesto para abordar los Riesgos de Fatalidad hacia las Personas



Fuente: Elaboración propia.

Este Modelo fue ampliamente abarcado en una investigación realizada el 2023 por el autor en el Congreso AEIPRO del 2023, celebrado en San Sebastián Donostia. (Cuello Ramírez & Lastra Muñoz, 2023)

9. Conclusiones

En el presente artículo, se ha profundizado en el análisis de las estrategias de manejo de riesgos en un proyecto brownfield operado por Minera Los Pelambres, enfatizando la necesidad crítica de no solo realizar un Plan de Ejecución de Proyecto (PEP) sino también un robusto Plan de Gestión de Riesgos dirigido específicamente hacia la prevención de fatalidades en la minería, toda vez que en la Minería en Chile se produce una paradoja entre aquellos accidentes con menor gravedad, versus aquellos con resultados fatales. Se estima que al menos numéricamente se produce un accidente fatal cada mes en Chile.

La investigación ilustra cómo, a pesar de que la aprobación del PEP por parte de los accionistas es un paso esencial que refleja el respaldo y el compromiso de la alta dirección, este en sí no es suficiente para abordar todos los riesgos inherentes, especialmente aquellos asociados con potenciales fatalidades. La creación de un Plan de Gestión de Riesgos hacia la fatalidad es crucial, dado que los entornos mineros son extremadamente complejos y sujetos a una amplia gama de peligros potencialmente mortales.

Finalmente, si bien esta investigación se realizó durante el 2023, al momento de su actualización para este Congreso, tuvimos que lamentar otro accidente fatal en minería. Esta vez fue una operadora de CAEX, de la Minera Radomiro Tomic, perteneciente al Grupo Minero Estatal Codelco, el 8 de Marzo 2024, día internacional de la Mujer quien durante proceso de transporte de material. (Cooperativa, 2024, 8 de marzo).

Figura 5. Camión de Extracción incendiado, siendo apagado por Brigada de Emergencia Codelco.



Fuente: (Cooperativa, 2024).

10. Bibliografía

Antofagasta Minerals. 2021 *Manual Integral de Gestión de Riesgos*. AMSA. 43 p.

Braun, D. & De Souza, L. 2002. *Risk Management: A Parallel Between ISO 31000* (2018)

Cooperativa.cl. (2024, marzo 8). *Trabajadora falleció en accidente laboral en División Radomiro Tomic*. Cooperativa. <https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-antofagasta/trabajadora-fallecio-en-accidente-laboral-en-division-radomiro-tomic/2024-03-08/213814.html>

Cuello Ramírez, C., & Lastra Muñoz, L. (2023). Propuesta de un Plan de Gestión de Riesgos de Fatalidad para Proyectos Mineros, Basado en la Metodología PMBOK®. AEIPRO Principal. Recuperado de <http://dspace.aeipro.com/xmlui/handle/123456789/3502>

Gobierno De Chile. Ministerio de Minería. SERNAGEOMIN. 2021. *Estadísticas de Accidentabilidad Industria Extractiva Minera Año 2021. Reporte al 31 de diciembre de 2021*. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/pdf/Accidentabilidad-Minera-Nacional-2021.pdf>

ICMM. 2015. *International Council on Mining & Metals. Gestión de Controles Críticos. Guía de Implementación*. Disponible en: https://lifeon.cl/docs/guia_implementacion_gestion_controles_criticos_ICMM.pdf

ICMM. 2015. *International Council on Mining & Metals. Gestión de Controles Críticos de Salud y Seguridad*. Disponible en: https://www.lifeon.cl/docs/guia_buenas_practicas_controles_criticos_SSO_ICMM.pdf

ICMM. 2022. *Safety Performance: Benchmarking Progress of ICMM Company Members in 2021*. Disponible en: <https://www.icmm.com/en-gb/research/health-safety/benchmarking-2021-safety-data#>

Instituto De Seguridad Laboral. 2022. *Información y Prevención: claves para la seguridad laboral*. Disponible en: <https://www.isl.gob.cl/2017/07/20/informacion-y-prevencion-claves-para-la-seguridad-laboral/>

Marchant, A. 2012. *Desarrollo de Guía de Recomendaciones para la Gestión del Riesgo en Proyectos de Construcción, utilizando la metodología PMBOK*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil. Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil

OIT. 1999. *Organización Internacional del Trabajo. La OIT estima que se producen más de un millón de muertos en el trabajo cada año.* Disponible en: https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_008562/lang-es/index.htm

Organización Internacional de Normalización. (2018). *ISO 31000: Gestión de riesgos - Directrices.* ISO.

Project Management Institute. (2016). *Extensión de la construcción para la Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®).* Project Management Institute.

Project Management Institute. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®) (6a ed.).* Project Management Institute.

Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK®) (7a ed.).* Project Management Institute.

Superintendencia de Salud de Chile. (2023). *Estadísticas de Accidentabilidad 2023.* Superintendencia de Salud de Chile. Disponible en:

https://www.suseso.cl/607/articles-729454_archivo_01.pdf

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

