

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

“Aplicación de la Metodología BOW TIE para la reducción de Accidentes en la Empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.”

PRESENTADO POR: Bach. ALATA ORCONI, ROLY

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

ASESOR: MGT. JUAN FRANCISCO MELENDEZ NINA

CUSCO – PERÚ

2023

Dedicatoria

*Dedico mi investigación a mi familia
por su apoyo incondicional.*

Agradecimiento

A los catedráticos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco de la escuela profesional de Ingeniería de Minas, que impartieron su experiencia y conocimiento, quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro, forjarnos como profesionales al servicio de la vocación de servir, y el de contribuir con la sociedad, ampliando mi conocimiento en mi Carrera Profesional.

Asimismo, a la empresa Robocon Servicios SAC. y jefaturas de todas las áreas que aportaron en el desarrollo de este estudio con valiosas recomendaciones, críticas constructivas, apoyo moral y material.

Resumen

El informe buscó evaluar la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción de accidentes en la empresa Robocon Servicios S.A.C. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. Para ello, fue de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, contó con un nivel explicativo, y diseño pre experimental, El estudio tomó el total de trabajadores de la Empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal Volcán, por conveniencia. Los resultados indicaron que: sobre el índice de frecuencia los rangos de la prueba U de Mann Whitney se redujeron de manera significativa, pasando de un rango de 45.58a un rango de 22.37. Para el índice de severidad después de la aplicación de dicha metodología se redujeron de rango de 45.72 a un rango de 21.95. Asimismo, para el índice de accidentabilidad, pasando de un rango de 45.60 a un rango de 22.32. En los 3 casos el p-valor de la prueba fue de $0.00 < 0.05$, siendo significativo; es decir, las observaciones de los índices antes y después de la aplicación del **Bow Tie** son independientes. Por otro lado, después de la aplicación del **Bow Tie**, solo se registró 1 accidente entre 2021 y julio del 2022. Mientras que antes del **Bow Tie**, anualmente ocurrían 5 accidentes en promedio. La investigación concluye señalando que la aplicación de la metodología **Bow Tie** redujo significativamente los accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

Palabras clave: **Bow Tie**, índice de frecuencia, índice de severidad, índice de accidentabilidad, accidentes, seguridad y salud en el trabajo.

Abstract

The report sought to evaluate the influence of the application of the **Bow Tie** methodology in the reduction of accidents in the company Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. For this, it was of an applied type, with a quantitative approach, it had an explanatory level, and a pre-experimental design. The study took the total number of workers of the Robocon Servicios SAC. in the San Cristóbal Volcán Mining Unit, for convenience. The results indicated that: on the frequency index, the ranges of the Mann Whitney U test were significantly reduced, going from a range of 45.58 to a range of 22.37. For the severity index after the application of said methodology, they were reduced from a range of 45.72 to a range of 21.95. Likewise, for the accident rate, going from a range of 45.60 to a range of 22.32. In the 3 cases the p-value of the test was $0.00 < 0.05$, being significant; that is, the observations of the indices before and after the application of the **Bow Tie** are independent. On the other hand, after the application of the **Bow Tie**, only 1 accident was recorded between 2021 and July 2022. While before the **Bow Tie**, 5 accidents occurred annually on average. The investigation concludes by pointing out that the application of the **Bow Tie** methodology significantly reduced accidents in the company Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

Keywords: **Bow Tie**, frequency rate, severity rate, accident rate, accidents, safety and health at work.

Índice

<i>Dedicatoria</i>	ii
<i>Agradecimiento</i>	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Índice	vi
Índice de Figuras	viii
Índice de Tablas	ix
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Problema objeto de investigación	13
1.2. Antecedentes de la investigación	17
1.3. Objetivos de la investigación	28
1.4. Justificación de la investigación	28
1.5. Alcance y limitaciones	30
1.6. Hipótesis	30
1.7. Variables e indicadores	31
1.8. Operacionalización de las variables e indicadores de las hipótesis 31	
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	33
2.1. Marco contextual	33
2.2. Bases teóricas	35
2.3. Marco conceptual	57
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	62
3.1. Ámbito de estudio	62
3.2. Tipo de la investigación	62
3.3. Nivel de la investigación	63
3.4. Enfoque de la investigación	63
3.5. Diseño de la investigación	63
3.6. Población y muestra	64

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información	64
3.8. Procesamiento de datos	65
3.9. Presentación y análisis de resultados	65
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
4.1. Resultados	66
4.2. Discusión.....	130
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
Conclusiones.....	135
Recomendaciones	136
Referencias Bibliográficas	138
Anexos	144

Índice de Figuras

Figura 1	33
Figura 2 Diagrama del Bow Tie.....	37
Figura 3 Proceso de investigación de accidentes	40
Figura 4 Evolución del diagrama de Bow Tie	41
Figura 5 Etapas de elaboración de un Bow Tie.....	43
Figura 6 Identificación de Amenazas	44
Figura 7 Definición de consecuencias.....	45
Figura 8 Factor de escalamiento.....	46
Figura 9 Identificación de las barreras del factor escalamiento	46
Figura 10 Efectividad de las Barreras de control	47
Figura 11 Evolución del total de trabajadores por años.....	113
Figura 12 Evolución de los accidentes por años	114
Figura 13 Evolución de los días perdidos por años	115
Figura 14 Evolución de las horas hombre trabajadas por años	116
Figura 15 Evolución del índice de frecuencia por años	118
Figura 16 Evolución del índice de severidad por años	118
Figura 17 Evolución del índice de accidentabilidad por años	119

Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalización de la variable metodología Bow Tie y Accidentes	32
Tabla 2 Accidente de trabajo	54
Tabla 3 Formas de producción de accidentes laborales	54
Tabla 4 Evento TOP para trabajo en caliente	66
Tabla 5 Causa, control preventivo y control crítico para trabajo en caliente	68
Tabla 6 <i>Control mitigante, crítica y consecuencia para trabajo en caliente</i> .	69
Tabla 7 Evento TOP para Izaje de cargas	70
Tabla 8 Causa y control para Izaje de cargas (tecle, pórtico y cadenas). ...	71
Tabla 9 <i>Control mitigante, crítico y consecuencias del izaje de cargas</i> (tecle, pórtico y cadenas).	73
Tabla 10 Evento TOP para instalación y desinstalación de llantas	74
Tabla 11 Causa y control para instalación y desinstalación en llantas	75
Tabla 12 Control mitigante y consecuencias para instalación y desinstalación de neumáticos	76
Tabla 13 Evento TOP para manejo de llantas y aros	77
Tabla 14 Causa y control para manejo de llantas y aros	78
Tabla 15 <i>Control y consecuencias para manejo de llantas y aros</i>	80
Tabla 16 Evento TOP para sostenimiento_calibradores	81
Tabla 17 Causa y control para Sostenimiento_Calibradores	82
Tabla 18 <i>Control y consecuencia para sostenimiento_calibradores</i>	84
Tabla 19 Evento TOP para transporte	85
Tabla 20 Causa y control para transporte	86
Tabla 21 <i>Control y consecuencia para transporte</i>	87
Tabla 22 Evento TOP para bloqueo de energías	88
Tabla 23 Causa y control para bloqueo de energías	89
Tabla 24 Control y consecuencia para bloqueo de energías	90
Tabla 25 Evento TOP para espacios confinados	91
Tabla 26 Causa, control preventivo y crítico para espacios confinados	92

Tabla 27 Control y consecuencia para espacios confinados	94
Tabla 28 Evento TOP para para equipos móviles	95
Tabla 29 Causa y control para equipos móviles	96
Tabla 30 Control, y consecuencias para equipos móviles	98
Tabla 31 Evento TOP para Falla de Macizo Rocoso	99
Tabla 32 Causa y control para Falla de Macizo Rocoso	100
Tabla 33 Control y consecuencias falla macizo rocoso	103
Tabla 34 Evento TOP para Respuesta a Emergencias	104
Tabla 35 Causa y control para Respuesta a Emergencias	105
Tabla 36 Control y consecuencia para respuesta a emergencias	108
Tabla 37 Evento TOP para Incendios y Explosiones	109
Tabla 38 Causa y control para Incendios y Explosiones.....	110
Tabla 39 Control y consecuencias para incendios y explosiones	111
Tabla 40 Resultados para total de trabajadores por años	113
Tabla 41 Resultados para accidentes por años.....	114
Tabla 42 Resultados para días perdidos y horas hombre trabajadas por años	115
Tabla 43 Resultados para los índices de accidentabilidad por años	117
Tabla 44 <i>Pruebas de normalidad para los índices de accidentabilidad.....</i>	121
Tabla 45 <i>Rangos de la Prueba U de Mann Whitney para la primera hipótesis específica</i>	123
Tabla 46 Prueba U de Mann Whitney para la primera hipótesis específica	123
Tabla 47 <i>Rangos de la Prueba U de Mann Whitney para la segunda hipótesis específica</i>	125
Tabla 48 <i>Prueba U de Mann Whitney para la segunda hipótesis específica</i>	125
Tabla 49 <i>Rangos de la Prueba U de Mann Whitney para la tercera hipótesis específica</i>	127
Tabla 50 <i>Prueba U de Mann Whitney para la tercera hipótesis específica</i>	127
Tabla 51 <i>Resumen de los índices de accidentabilidad</i>	128

INTRODUCCIÓN

La metodología **Bow tie**, se define como la evaluación de riesgos que se puede utilizar para investigar y demostrar la asociación entre situaciones de alto riesgo y sus causas. Esta técnica denota, como un corbatín (**bow tie**) de hombre, debido a la forma del patrón que está genera. Además, análisis de diagramas y conectividad encajan en el marco general de gestión de riesgos y seguridad de procesos. La implementación de estos métodos mejora la calidad del análisis de suministro y los gráficos de suministro para su organización o industria. Es importante el análisis de bloqueo de carga, donde el **Bow tie**, logra prevenir y minimizar las rutas de accidentes, especialmente con accidentes graves.

La OIT señaló que Latinoamérica presenta un déficit en los sistemas de seguridad social, millones de trabajadores no cuentan con un seguro de protección por accidentes ocupacionales, enfermedades, desempleo, vejez, entre otros. Además, cerca de 145 millones de trabajadores en la región no cotizan sobre salud, debido a las brechas de cobertura frente a urgencias en los diferentes sectores económicos.

Entonces se realiza la siguiente pregunta ¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción de accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.?, siendo la hipótesis que la aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente los accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

El estudio busca evaluar la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción de accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan

Compañía Minera S.A.A. con la finalidad de reducir accidentes, incidentes operacionales, incidentes con daño a la propiedad. Para ello, el estudio es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, cuenta con un nivel explicativo, su metodología es científica, el diseño pre-experimental. El estudio toma como población y muestra el total de 212 trabajadores de la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

En el capítulo 1 se encuentra el planteamiento del problema, los antecedentes, objetivos, justificación y la hipótesis.

En el capítulo 2 se presenta el marco teórico, las bases teóricas y el marco conceptual.

En el capítulo 3 se presenta la metodología, el diseño, población y técnicas de recolección de datos.

En el capítulo 4 se encuentran los resultados y la discusión, seguida de las conclusiones, conclusiones y recomendaciones, para finalizar con las referencias bibliográficas y la presentación de anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problema objeto de investigación

Los accidentes laborales en el 2021 se incrementaron a 317 258 accidentes laborales, luego de las muertes ocasionadas respecto al 2020 (263 434 incidentes) tras pandemia (SARS-CoV-2). Asimismo, las muertes en España sitúan por encima de los 371 muertos, en el primer semestre de 2019; el sector con mayor impacto en mortalidad en el 2021 fue el sector construcción con una incidencia de 0.72 muertos por cada 100 000 trabadores y el sector agrario con una incidencia de 1.04 muertos por 100 000 trabajadores (Alonso, 2021). Por otro lado, los excesos laborales inducen a defunciones hasta 745 000 muertes en 2016 a consecuencia de accidentes cerebrovasculares y cardiopatía isquémica, cifra superior en 29% al 2000. Además, el 72% del total de fallecidos es el género masculino, en edades vulnerables delimitadas (45 a 79 años), por el exceso de 55 horas laboradas en una semana (OPS, 2021) Asimismo, los organismos de la salud y trabajo revelaron las

causas más probables de decesos: La primera es la acumulación de jornadas laborales (750 mil muertos), segundo, exposición a contaminantes ambientales en el trabajo (gases, humos y partículas) más de 750 mil muertes; y tercero, las enfermedades no transmisibles con más 450 mil muertes (ONU, 2021).

La OIT señaló que Latinoamérica presenta un déficit en los sistemas de seguridad social, millones de trabajadores no cuentan con un seguro de protección por accidentes ocupacionales, enfermedades, desempleo, vejez, entre otros. Además, cerca de 145 millones de trabajadores en la región no cotizan sobre salud, debido a las brechas de cobertura frente a urgencias en los diferentes sectores económicos. (OIT, 2018). En ello, Díaz et al. (2020) refieren que un accidente es un acontecimiento imprevisto, que ocasiona lesiones, el cuál puede generar daños físicos a la propiedad. La probabilidad de ocurrencia que sea detectado refleja una disminución del riesgo para los trabajadores y las empresas. A nivel internacional los accidentes laborales (20.29%) son una de las principales causas de fallecimiento; en el mundo 2.7 millones de muertes se generan por año, siendo 231 667 por mes, 7 722 por día, 322 por hora y 5 muertes por minuto en 2019. Por ello, la identificación de registros de fallecidos, implicaría que, en ese tiempo hubieron fallidos (15 minutos = 75 decesos).

En Perú, el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) aseveró que los incidentes ocupacionales sobrepasan los 1 726 en Lima Metropolitana para el 2021, y el Perú superó los 12 943 accidentes ocupacionales, cifra alarmante (MTPE, 2018). En precisión al sector minero, el MINEM asevera que 40 mineros pierden la vida dentro de operaciones de trabajo en el sector minero en el Perú, lo que evidencia la carencia de seguridad laboral en el sector. Al respecto, Osinergmin asegura que no existe un proceso de control debido, y se evidencia una carencia de automatización de procesos industriales con

estabilidad. Asimismo, el reporte de Accidentes Mortales en Minería en el 2020, mostró más de 1 036 fallecidos en el sector minero, por causas de seguridad. Las cinco principales causas de mortabilidad son: Caída de rocas (133), volcadura (56), caída de personas (44), gaseamiento (43), operación de maquinarias (36), entre otros (Osinergmin, 2020). En el 2020 MINEM afirmó que es de importancia cumplir con los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, ya que garantiza la prevención de lesiones, enfermedades y condiciones de riesgo de trabajadores (MINEM, 2020). No obstante, pese a los incidentes ocupacionales en los sectores económicos, el Perú logró una mejora en seguridad ocupacional en minería, debido al descenso de los incidentes (-51.7%), accidentes leves (-25.5%), incapacitaciones (-32.9%), y accidentes mortales (-67.6%). Por tanto, se demuestra una disminución de los índices de seguridad ocupacional respecto al 2019 y 2020: índices de frecuencia (IF) de 2.46 a 2.21, índices de severidad (IS) de 633 a 268 e índices de accidentes (IA) de 1.56 a 0.59; ratios importantes en la mejora frente a la gestión de riesgo ocupacional en el sector minero en el país (MINEM, 2020).

Al mencionar riesgo, se ha asociado con la inherente actividad empresarial, por lo que, la identificación y prevención son críticas para las organizaciones (Soler et al., 2018). Asimismo, los riesgos laborales según Vera et al (2017) están directamente relacionados con las personas y el entorno de trabajo. Por lo que, los accidentes están derivados de las actividades realizadas por la empresa. Además, el nivel de exposición que enfrentan los trabajadores, hace que las empresas seleccionen mejores estrategias de control y evaluación (Soler, 2018). En adelante, la gestión de riesgo puede convertirse en una alternativa ante la incertidumbre, existen muchas metodologías importantes, sin embargo, entre ellos el **Bow Tie** es una de las mejores estrategias para

mitigar los niveles de daños y poder generar control y evolución (Briceño & Godoy, 2012, Brito, 2018; Zurheide et al., 2021)

El **Bow Tie**, según Das et al. (2021) es una herramienta eficiente para mejorar la gestión y mostrar las principales causas de accidentes ocupacionales, tras las medidas de seguridad optadas, que resultan insuficiente frente a la probabilidad de incertidumbre y ocurrencia de eventos inesperados, por ello, es la importancia del método de **Bow Tie**. Además, el **Bow Tie** logra prevenir y minimizar las rutas de accidentes, especialmente con accidentes graves (CCPS (Center for Chemical Process Safety), 2018). Finalmente, el proceso de la metodología del **Bow Tie** se desarrolla: Recabar información, Identificación de eventos/ relación, Identificación de barreras, Evaluación del estado de barreras, Análisis de causalidad, Recomendaciones, por último, Informe / vinculación con el **Bow Tie** (Tasias, 2019) .

Asimismo, la implementación de procesos de sistematización, generó un efecto positivo, Olartegui (2021) nos demostró que el uso de un sistema de gestión de riesgos si ayudó a disminuir los riesgos dentro del centro laboral minero, comparó los accidentes antes y luego del sistema, y se redujo de 7.42% a 2.50%, el índice de severidad de 27.27% a 9.99% y el de accidentabilidad de 1.01% a 0.37%. Además, Muñoz (2021) corroboró la eficiencia del **Bow Tie**, a través de las barreras de prevención para evitar eventos no deseados y mitigar eventos impredecibles, y Cárcamo (2017) logró mitigar los riesgos críticos mediante el método **Bow Tie**, al identificar los riesgos sobre alérgenos, e incorporar controles y tratamientos para garantizar la calidad de productos, permitiendo una mejora de la seguridad alimentaria en los consumidores.

Por tanto, se precisa que la responsabilidad principal es organizacional, y adoptar medidas como el **Bow Tie** puede garantizar la

seguridad ocupacional de los trabajadores, sobre todo en mineras e industrias, quienes están en la obligación de mejorar los índices de frecuencia, severidad y accidentabilidad, expresado en políticas, procesos y cuidado de las acciones que determinen un manejo respetuoso a accidentes.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción de accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción del índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.?
- ¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción del índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.?
- ¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción del índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.?

1.2. Antecedentes de la investigación

1.2.1. Antecedentes internacionales

Cañadas (2021) publicó su trabajo titulado “Aplicación de la herramienta BOW-TIE para la identificación y gestión de los riesgos en

instalaciones de procesos” en dpto. Ingeniería Química y ambiental Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, 2021 pp.61-62.

En su conclusión menciona que el objetivo de este proyecto ha sido explicar el modelo BOW-TIE en su totalidad, separándolo en cada una de las partes. Los elementos más importantes del modelo, el peligro y el Top Event, son la base de todo el análisis. Sin una buena identificación de los mismos, el modelo no será todo lo efectivo que puede llegar a ser. Por el contrario, una vez definidos correctamente, se puede hacer un buen análisis con el resto de los elementos del BOW-TIE. Uno de los conceptos que más claros deben quedar es que las consecuencias ocurren en el momento en el que todas las barreras fallan. El modelo BOW-TIE también se le llama modelo del queso suizo, donde el peligro se representa con una flecha y las barreras se representan como rebanadas de queso con agujeros: en el momento en el que todos los agujeros se alinean y, junto con el peligro, las consecuencias ocurren. Con respecto a las barreras, su uso debe limitarse a entre una y cinco barreras por amenaza o consecuencia. Esto es debido a que, si se incrementan el número de barreras, se puede dar una mala percepción de si realmente hay tantas capas que prevengan o mitiguen las amenazas o consecuencias enlazadas al top evento. Por último, cabe destacar que los factores y los controles de degradación pueden convertir un BOW-TIE en un modelo mucho más complejo y sobrecargado de información, por lo que muchas empresas prefieren eliminarlos del diagrama original y mostrárselos directamente a los administradores de las barreras que se vean afectadas por ellos.

Cárcamo (2017) presentó el estudio “Evaluación de Riesgo en una Industria elaboradora de cecinas”, presentado en “Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias”, con el propósito de lograr ser “Ingeniería Agrónomo”, en Chile.

En su conclusión menciona que, tras el reconocimiento de las amenazas encontradas en la planta, se establecieron un total de 78 riesgos, originados por peligros físicos, químicos y biológicos, los que podrían afectar al consumidor si llegasen a desarrollarse, y para los cuales se propusieron medidas preventivas de control para evitar que se presenten. A modo de ejemplo, se establecieron medidas preventivas como la incorporación de planillas que registren la limpieza realizada en las manivelas, análisis microbiológicos para identificar los microorganismos que aparecen con mayor frecuencia y una capacitación para que se conozca la importancia de la contaminación por manipulación. Los resultados mostraron la importancia de la evaluación de riesgo dentro de la planta, ya que, al ser realizada bajo los requisitos en la norma IFS Food, permitieron conocer los riesgos presentes, y mejorarlos, para una mejor evaluación en auditorías posteriores, lo que obviamente permite una mayor seguridad alimentaria a consumidores y clientes que distribuyen productos de la empresa. La evaluación de riesgos será realizada cada vez que existan cambios en la planta, siendo el coordinador a cargo de la evaluación el que deberá decidir si es pertinente que se realice anualmente o de manera más periódica de acuerdo a los avances que se vayan observando.

Chávez (2017) desarrolló el “Diseño e implementación de un programa de mejora en la seguridad en una faena minera” la cual presentó para la “Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial” para optar como “Magister en Gestión y Dirección de empresas”

En su conclusión menciona, Con respecto al Modelo de Causalidad Humana de James Reason, se demuestra el valor de esta metodología al aplicarla en este trabajo de titulación, ya que, al poner barreras técnicas, barreras del entrenamiento y barreras de procedimientos y reglamentos, tiende a bajar la accidentabilidad del

grupo, lo que reafirma la importancia que una compañía tenga un plan de gestión de riesgos estructurado y aterrizado a todas las áreas operativas. Al analizar por qué se producen los accidentes y cuasi accidentes de alto potencial, se llega a una congruencia con respecto a los 5 eventos con mayor probabilidad identificado en el modelo estratégico y de gestión de riesgos de Antofagasta Minerals. El único riesgo que se identifica, que no está en el modelo, es el de cambio de turno, donde se realizó un plan de acción para corregir las desviaciones. Con respecto al objetivo principal de este trabajo de titulación, que es “Evaluar el programa de mejora que se realizó el segundo semestre del año 2015, con el fin de disminuir los accidentes de alto potencial ocurridos en G1 de operaciones mina. Se cumple, ya que el primer semestre del año 2015 se tenían 6 accidentes de alto potencial, siendo el grupo peor evaluado en temas de seguridad, y el segundo semestre del mismo año, disminuye sólo a un accidente alto potencial, siendo el grupo que tuvo más bajo ese índice en ese periodo. Con respecto a la evaluación anual, el G1 pudo acercarse a la tendencia de los otros tres grupos gracias al programa de mejora. Se demuestra la teoría que busca Compañía Minera Los Pelambres, que al aumentar la reportabilidad y las medidas de control de los cuasi accidentes de alto potencial, deben bajar los accidentes de alto potencial. Ya que el segundo semestre del año 2015 se reportó 9 cuasi accidentes de alto potencial y sólo hubo un accidente de alto potencial en el grupo. Con respecto al análisis en los otros 3 grupos, se observa que tienen un comportamiento similar con respecto a este punto. Al analizar la pérdida de movimiento mina y envío a chancado, se muestra que al parar la operación minera por 4 días es muy difícil revertir esos números hasta fin de año, por lo exigente que es el plan de producción anual. Con respecto a la pérdida económica ante un accidente fatal, se divide en la pérdida no producir y el aumento de las primas de los seguros de accidentes y enfermedades profesionales, que ambas cifras suman un total de US\$9.699.050

1.2.2. Antecedentes Nacionales

Muñoz (2021) sustentó el estudio “Aplicación de la herramienta **Bow Tie** para la identificación y gestión de los riesgos en instalaciones de procesos”, presentado en “Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Dpto. Ingeniería Química y Ambiental, Máster en Ingeniería Química”, con el propósito de lograr el “Máster en Ingeniería Química”, en España.

El estudio concluyó que al identificar adecuadamente los elementos del **Bow tie**, se logró analizar la naturaleza de eventos y consecuencias, además se infirió al modelo como “Modelo de Queso Suizo”, debido a la representación de las barras separadas y atravesadas con una flecha, por medio de los hoyos, por lo que, cuando los agujeros estén alineados, el peligro y las consecuencias se vuelven propios. Se corroboró la eficiencia del **Bow Tie**, a través de las barreras de prevención para evitar eventos no deseados y la posibilidad de mitigar eventos impredecibles.

Lozano y Pérez (2021) presentaron una tesis titulada “Implementación de la metodología **Bow Tie** para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, Unidad Minera Yauricocha”, presentado en “Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas”, con el propósito de lograr el título de “Ingeniero de Minas”.

El estudio concluyó que la prevención en accidentes e incidentes de rocas cumplió las metas: aplicación de la metodología **Bow Tie** a través de 9 etapas. Se comprobó una disminución de niveles de impacto relacionados a accidentes por deslizamiento de rocas y se aplicó dos controles críticos mitigadores, que mejora la seguridad y disminuye los incidentes causados por desprendimiento de rocas. Se logró una

disminución del nivel de riesgo en la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento.

Los hermanos Bonilla (2021) mostraron la tesis de “Implementación del sistema de gestión de seguridad aplicando la Metodología **Bow Tie** en análisis de riesgos en Volcán Compañía Minera S.A.A.-U.E.A. Cerro S.A.C.”, presentado en “Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas”, para optar como “Ingeniero de Minas”.

El estudio concluyo, que los índices de seguridad en los empleados antes y después de la aplicación de riesgos entre el 2019 y 2020 fue: la LTIFR (tasa de frecuencia de lesiones con tiempo perdido) evolucionó de 1.65 a 0.0, la TRIFR (Frecuencia total de lesiones registrables) logró una mejora de 1.65 a 0.0; la DISR (Deshabilitar la tasa de gravedad de la lesión) demostró un aumento continuo de 373.43 a 643.82. Asimismo, los índices de frecuencia mejoraron entre 2017 a 2019 de 2.284 a 0.903, índice de severidad continuó su crecimiento de 108.48 a 186.915 y los índices de accidentabilidad mejoró de 0.248 a 0.169. Finalmente, la implementación del sistema permite optimizar la producción, talento humano y recursos para el cumplimiento de la norma. Se disminuyó los índices de accidentabilidad y severidad de la empresa, por medio de un seguimiento personalizado por área. El **Bow Tie** permitió un control efectivo de los riesgos en los diferentes niveles y se logró alcanzar los objetivos del 2021, a través del sistema de gestión.

Olartegui (2021) expuso el estudio “Aplicación del sistema de gestión de riesgos para reducir los accidentes de trabajo en las contratistas de una unidad minera de Cusco” en la “Universidad Continental, Facultad de Ingeniería”, siendo titulado de Ingeniero Industrial.

En su conclusión menciona, el funcionamiento del Sistema Integrado de Gestión de Riesgos (SIGER) en las unidades mineras en estudio, se obtuvo una mejora en los Sistemas de gestión e integración a un 57.74%, en Seguridad laboral y protección física a un 55.69%; en Salud, higiene y medicina ocupacionales a un 56.64%; seguridad del proceso en la operación a un 58.50%; Prevención y protección ante incendios a un 57.86%; Protección ambiental a un 59.36%; Responsabilidad social a un 57.08% obteniendo una mejora en el sistema del 57.55%, lo que indica que tras la puesta en marcha del SIGER mejoraron considerablemente las secciones. Se puede observar que la situación antes de la aplicación del Sistema de gestión e integración obtuvo un promedio de 32.05%, Seguridad laboral 27.48%, Salud, higiene y medicina ocupacionales obtuvo un promedio de ejecución del 28.29%, Seguridad del proceso en las operaciones 31%, Prevención y protección ante incendios 31.71%, Protección ambiental del 32.79% y Responsabilidad 33.33%. En general las unidades mineras en estudio tienen un esfuerzo del 30.95% en la implementación de un SSMA, evidenciando la falta la implementación de un sistema que controle todas las partes e integre de manera correcta todos los factores que podría afectar la salud y la seguridad de los colaboradores. Al comparar las estadísticas de accidentabilidad en el trabajo antes y después de la aplicación Sistema Integrado de Gestión de Riesgo (SIGER), los índices de frecuencia disminuyeron de 7.42 a 2.50; el índice de gravedad de 27.27 a 9.99 y el de accidentabilidad de 1.01 a 0.37.

Chocca y Ñaui (2021) presentaron “Aplicación de un sistema de gestión de riesgos para la prevención de accidentes en la compañía minera “Kolpa S.A. Unidad Operativa Huachocolpa” en la “Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental de la Universidad Nacional de Huancavelica”, para optar el grado de “Ingenieros de Minas”

En su conclusión demuestra la influencia de la aplicación del sistema de gestión de riesgos en la prevención de accidentes en la compañía minera Kolpa S.A. unidad operativa Huachocolpa. Siendo estadísticamente que el valor de p (0.00) es menor a 0.05 y el valor de la t (9.485) se ubica en la zona de rechazo de la hipótesis nula. Se determinó la influencia de la aplicación del sistema de gestión de riesgos en la prevención de accidentes dimensión eliminación en la compañía minera Kolpa S.A. unidad operativa Huachocolpa. Siendo estadísticamente que el valor de p (0.00) es menor a 0.05 y el valor de la t (5.546) se ubica en la zona de rechazo de la hipótesis nula. Se determinó la influencia de la aplicación del sistema de gestión de riesgos en la prevención de accidentes dimensión sustitución en la compañía minera Kolpa S.A. unidad operativa Huachocolpa. Siendo estadísticamente que el valor de p (0.00) es menor a 0.05 y el valor de la t (6.531) se ubica en la zona de rechazo de la hipótesis nula. Se determinó la influencia de la aplicación del sistema de gestión de riesgos en la prevención de accidentes dimensión ingeniería en la compañía minera Kolpa S.A. unidad operativa Huachocolpa. Siendo estadísticamente que el valor de p (0.00) es menor a 0.05 y el valor de la t (5.748) se ubica en la zona de rechazo de la hipótesis nula. Se determinó la influencia de la aplicación del sistema de gestión de riesgos en la prevención de accidentes dimensión administrativo en la compañía minera Kolpa S.A. unidad operativa Huachocolpa. Siendo estadísticamente que el valor de p (0.00) es menor a 0.05 y el valor de la t (8.316) se ubica en la zona de rechazo de la hipótesis nula. Se determinó la influencia de la aplicación del sistema de gestión de riesgos en la prevención de accidentes dimensión EPP (Elementos de protección personal) en la compañía minera Kolpa S.A. unidad operativa Huachocolpa. Siendo estadísticamente que el valor de p (0.00) es menor a 0.05 y el valor de la t (4.163) se ubica en la zona de rechazo de la hipótesis nula.

Talavera (2019) realizó la tesis “Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional para minimizar los riesgos en la operación de muestreo de concentrado de Cobre – Empresa SGS del Perú – Unidad Minera Chinalco – Morococha – 2019” y la presentó en la prestigiosa “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería Metalúrgica, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica” para optar el título “Ingeniero Metalúrgico”

En su conclusión se ha elaborado el plan del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional para minimizar los riesgos en la operación de muestreo de concentrados de cobre por la empresa SGS del Perú, Unidad Minera Chinalco - 2019. El plan fue implementado para su aplicación en el año 2019 en base a la Matriz IPERC, de los cuales los resultados de seguridad muestran que se obtuvo un porcentaje de 33% de tasa de accidentabilidad que se redujo durante el primer semestre en comparación con similar periodo del año anterior; de la misma manera los resultados de salud ocupacional se obtuvo una tasa de ausentismo de 17% que se redujo durante el primer semestre en comparación con similar periodo del año anterior. El plan del Sistema de Gestión de Seguridad en el trabajo minimizó los riesgos en la operación de muestreo de concentrado de cobre de la empresa SGS del Perú, Unidad Minera Chinalco - 2019. El estadístico Z de Wilcoxon fue -2.121 y significativo al 5%, mostrando que los indicadores de seguridad se redujeron en el primer semestre del 2019. El plan del Sistema de Gestión de Salud en el trabajo minimizó los riesgos en la operación de muestreo de concentrado de cobre de la empresa SGS del Perú, Unidad Minera Chinalco - 2019. El estadístico Z de Wilcoxon fue -2.236 y significativo al 5%, mostrando que los indicadores de salud ocupacional se redujeron en el primer semestre del 2019.

1.2.3. Antecedentes Locales

En el ámbito local, Gibaja (2021) expuso el estudio “Prevención de riesgos en la seguridad y salud ocupacional del personal de operaciones de la Central Hidroeléctrica Machupicchu, periodo 2018”, en la “Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela de Posgrado, Magister en Gestión Pública y Desarrollo Empresarial”, para optar el grado de Maestro en Gestión Pública y Desarrollo Empresarial

Se concluye que el sistema de prevención de riesgos es poco riesgoso, con algunas falencias en la hidroeléctrica, sin embargo, la central hidroeléctrica posee un procedimiento de identificación de peligros, evaluación y control de riesgos (ver anexo f.) y como también tiene una matriz de evaluación de riesgos (ver anexo g.) con la que se tiene identificado los riesgos de la hidroeléctrica. En cuanto a los riesgos laborales se concluye que las actividades que realiza el personal en la hidroeléctrica en lo general son riesgosas esto se debe a que existen lugares de inseguridad y una infraestructura inadecuada las cuales hacen que ocurran incidentes tales como tropezones, caídas y la exposición a la electricidad; sin embargo, en cuanto a los equipos de protección personal que implementó “EGEMSA” para sus trabajadores en la hidroeléctrica son adecuados para las actividades que se realiza. En cuanto a la descripción de la planificación de seguridad y salud ocupacional del personal del área de operaciones de la Central Hidroeléctrica Machupicchu, se llegó a la conclusión que el personal que labora tiene una participación muy activa en la planificación de temas de seguridad y salud ocupacional, pero las opiniones y sugerencias que proponen el personal en temas de riesgos laborales solo algunas veces son considerados por los superiores, mientras la comunicación entre trabajadores y los superiores son buenas.

Choquehuanca (2019) expuso el estudio “Mejoramiento del sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional en la empresa minera Publisur Torres S.R.L. - M.M.G. Las Bambas”, en la “Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas”, para optar como Ingeniero de Minas.

La tesis aplicó un análisis de administración de la seguridad ocupacional para mejorar los incidentes de alto riesgo de la empresa Publisur Torres S.R.L. sobre la unidad minera MMG Las Bambas. La metodología fue científica de tipo aplicada, el estudio no utilizó experimentación en su diseño, bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo de nivel. La población fue el total de trabajadores de la empresa en estudio. La encuesta fue la técnica de recolección de datos, y el cuestionario se empleó como instrumento con la premisa de identificar los precursores de incidentes. Los resultados denotaron que la incorporación del sistema de gestión de seguridad (SGS), permitió identificar una elevada incidencia en carencia de limpia y orden (75%), dentro de los espacios de trabajos, además el personal realiza un uso inadecuado de EPP (Equipos de protección personal) y manejo deficiente de materiales y herramientas (50%), por último, el 50% represento a la falencia de cumplir los programas ocupacionales. Se identificó los problemas administrativos y adoptó estrategias para mitigar los causales probables dentro del tercer trimestre del año de estudio. Los resultados mejoraron a falta de orden y limpieza (6.25), uso inadecuado de EPP (2.25) e incumplimiento de programas (2.25). Se concluye que la gestión de riesgos reduce los problemas de peligro identificados dentro de la empresa minera.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción de accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción del índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.
- Evaluar la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción del índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.
- Evaluar la influencia de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la reducción del índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

1.4. Justificación de la investigación

Esencialmente, la justificación teórica, propone aportar como antecedente a investigaciones sobre la aplicación de la metodología del **Bow Tie** y la gestión de riesgos, en vista que no se ha encontrado el esmero adecuado con la metodología que intima mitigar accidentes ocupacionales de acuerdo a norma. Por tanto, el estudio generó conocimiento científico y teórico, para que las empresas de diferentes

sectores desarrollen estrategias que permitan gestar la prevención de riesgos de manera eficiente y eficaz.

Segundo, la justificación práctica aportó sobre el soporte para mitigar y subsanar incidentes ocupacionales predecible y no predecibles de acuerdo a norma (DS N° 005-TR, 2012). La jornada laboral dentro del sector minero es considerada riesgosa (OIT, 1991), reflejada en el crecimiento de la incidencia de accidentes ocupacionales por negligencia del personal, accidentes imprevistos, enfermedades ocupacionales e incluso mortalidad (Ministerio de Energía y Minas, 2020). Ello permite interesar a las empresas mineras y de otros sectores sobre el riesgo de sus trabajadores (administrativos, ingenieros, obreros, operarios, entre otros) las medidas necesarias. Por tanto, la aplicación de métodos adecuados como el **Bow Tie** frente a la seguridad laboral y la gestión de riesgos ocupacional, permitió identificar los efectos y consecuencias posibles de barrera de control, para adoptar sistemas con personal idóneo que fortalezca las falencias para el cumplimiento de objetivos de acuerdo a norma, garantizando la difusión de información en los trabajadores, y optimice el aprendizaje de los individuos sobre seguridad laboral y cultura de prevención, con la finalidad de disipar los problemas en corto plazo, y no generar paralizaciones dentro de la empresa.

Por último, en la justificación metodológica se adoptó la metodología del **Bow Tie** para optimizar la prevención de riesgos, no obstante, así como se han examinado alcances de la investigación, se infiere que el estudio tendrá restricciones; la técnica de observación tiene un alcance limitado en referencia a los datos recogidos. Asimismo, al contar con un diseño pre-experimental y no contar con grupos asociados, al aplicarse en los indicadores pueden reflejar medidas a otras variables, pues no se pudo aplicar el tratamiento a otro

grupo de similares características, en tanto se proponga conocimiento, se garantiza la credibilidad científica (Bernal, 2010).

1.5. Alcance y limitaciones

El alcance de la investigación, pretende construir conocimiento aplicado en la en la Empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A., asimismo, el antecedente de la investigación sirvió de fuente local e internacional para diferentes sectores.

La limitación que presenta la investigación es económica, debido al limitado presupuesto, el cual infirió en la amplitud de la investigación porque solo se aplica en la Empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente los accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

1.6.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente el índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.
- La aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente el índice de severidad en la empresa Robocon

Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

- La aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente el índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

1.7. Variables e indicadores

Las variables de la investigación son definidas de la siguiente manera:

- **Variable Independiente:** Metodología del **Bow Tie**.
- **Variable Dependiente:** Reducción de accidentes.

1.8. Operacionalización de las variables e indicadores de las hipótesis

En la Definición conceptual de **Tabla 1** menciona que el **Bow Tie** es un método eficiente para mejorar la gestión de riesgos y adoptar estrategias para mitigar efectos de incertidumbre y la ocurrencia de eventos inesperados (Das et al., 2021; Zurheide et al., 2021). También menciona los *Accidentes* de trabajo aquellos daños o lesiones que sufre el trabajador por cuenta ajena mientras cumple con sus obligaciones contractuales, tanto dentro de su lugar de trabajo, como mientras realiza alguna misión que le ha sido encomendada (Barranco, 2018).

Tabla 1

*Operacionalización de la variable metodología **Bow Tie** y **Accidentes***

Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Metodología Bow Tie		Aplicación eficiente para mejorar de riesgos a través de la identificación de causas, medidas de control, eventos y consecuencias; y medidas de recuperación.	Causas Medidas de control Eventos y consecuencias Medidas de recuperación
Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Accidentes		Proceso de mejora de riesgos a través de índices de frecuencias, severidad y accidentabilidad	Índice de Frecuencias Índice de Severidad Índice de Accidentabilidad

Fuente: Propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

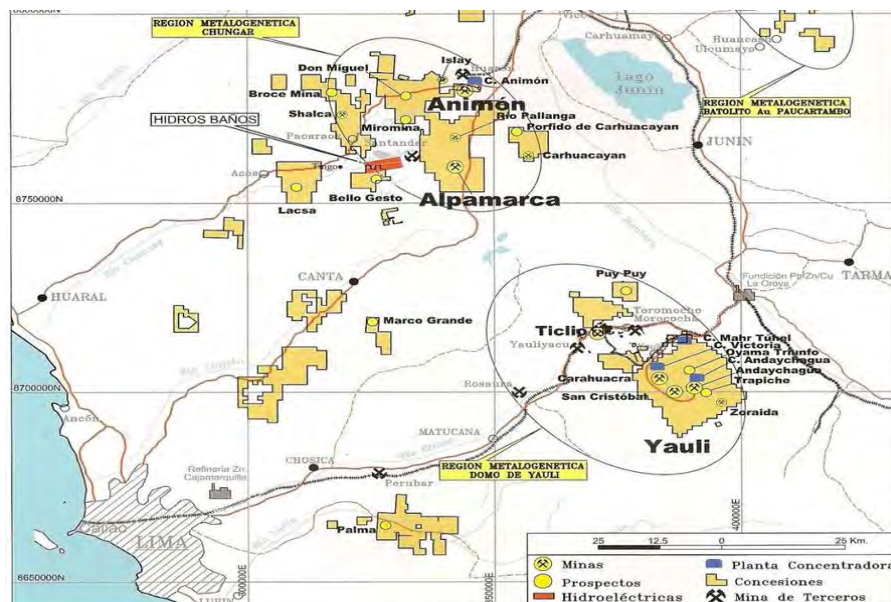
2.1. Marco contextual

2.1.1. Ubicación y acceso

La Mina San Cristóbal, políticamente está ubicada en el distrito de Yauli, provincia la Oroya, departamento de Junín. Geográficamente se encuentra en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Perú; a 110 km en línea recta, de la ciudad de Lima. (Ver figura 1). La mina San Cristóbal es fácilmente accesible, utilizando la carretera central, de la cual, cerca de la localidad de Pachachaca, parte un ramal de 20 kilómetros que conduce a San Cristóbal; además, el ferrocarril central tiene una estación en Yauli a 12 kilómetros del área.

Figura 1

Ubicación y Acceso



Fuente: Tomada de "Área de Planeamiento", Volcán Compañía Minera S.A.

2.1.2. Reseña Histórica

En el 2022 Volcan cumplió 79 años de creada desde que la Compañía inició sus operaciones mineras en 1943, en las alturas del abra de Ticlio. El continuo esfuerzo y la dedicación desempeñados por sus directivos y colaboradores le han permitido convertirse en la principal productora de plata, zinc y plomo del Perú.

La Unidad Minera San Cristóbal - Mahr Túnel, pertenece a Volcán Compañía minera S.A.A. desde el año 1997, año en que fue adquirida de Centromin. Actualmente, realiza actividades de explotación en la zona de San Cristóbal y Andaychagua procesando concentrados de plomo, plata, cobre y zinc en la Planta de Mahr Túnel.

2.1.3. Robocon Servicios SAC.

ROBOCON SERVICIOS SAC. es la empresa especializada Líder en sostenimiento con shotcrete en la minería e infraestructura peruana con 14 años de experiencia, contamos con personal calificado en las distintas aéreas de servicio que la componen, en la actualidad contamos con una flota en operación de 30 robots para proyección de shotcrete, 70 mixers mineros de perfil bajo, 06 operaciones de abastecimiento integral que comprende elaboración, traslado y lanzado de shotcrete vía húmeda en las Unidades Mineras de Argentum y Huaron de Panamerican Silver S.A.C., Unidad San Rafael de Minsur S.A.A., Unidades Mineras de Tambomayo y Uchucchacua de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. y Unidad Minera Ticlio de Volcán Compañía Minera S.A., 01 operación de operación de planta de propiedad del cliente en la Unidad Minera San Cristobal de Volcán Compañía Minera S.A., así como operaciones de transporte y lanzado de shotcrete en las Unidades Mineras de Chungar y Carahuacra de Volcán Compañía Minera S.A. y Túnel Chaquicocha de la Minera

Yanacocha S.R.L., adicional contamos con infraestructura de talleres de mantenimiento, logística en Lima y en todas nuestras unidades.

Nuestra producción mensual supera los 22,500 m³ de lanzado de shotcrete y 10,000 m³ de relleno cementado, manteniendo estándares exigidos por la normativa minera (DS 0242016/MEM), certificación vigente de Empresa Especializada Minera (MEM), homologación SGS en Seguridad y como Proveedores Mineros, así como gestión propia de seguridad y salud Ocupacional.

Somos la única empresa especializada en sostenimiento de túneles con shotcrete vía húmeda miembros de EFNARC, institución internacional referente en el mundo en temas de shotcrete.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metodología del *bow tie*

La metodología de **Bow Tie**, se define como la evaluación de riesgos que se puede utilizar para investigar y demostrar la asociación entre situaciones de alto riesgo y sus causas. Esta técnica denota, como un corbatín (**Bow Tie**) de hombre, debido a la forma del patrón que está genera. Además, análisis de diagramas y conectividad encajan en el marco general de gestión de riesgos y seguridad de procesos. En adelante, la implementación de los métodos para mejorar de la calidad del análisis de suministro y los gráficos de suministro para su organización o industria. Importante el análisis de bloqueo de carga, donde el **Bow tie**, logra prevenir y minimizar las rutas de accidentes, especialmente con accidentes graves (CCPS (Center for Chemical Process Safety), 2018).

Asimismo, el estudio **Bow Tie Model** (BT) produce una evaluación de riesgos cuantitativa y evalúa los resultados junto con una

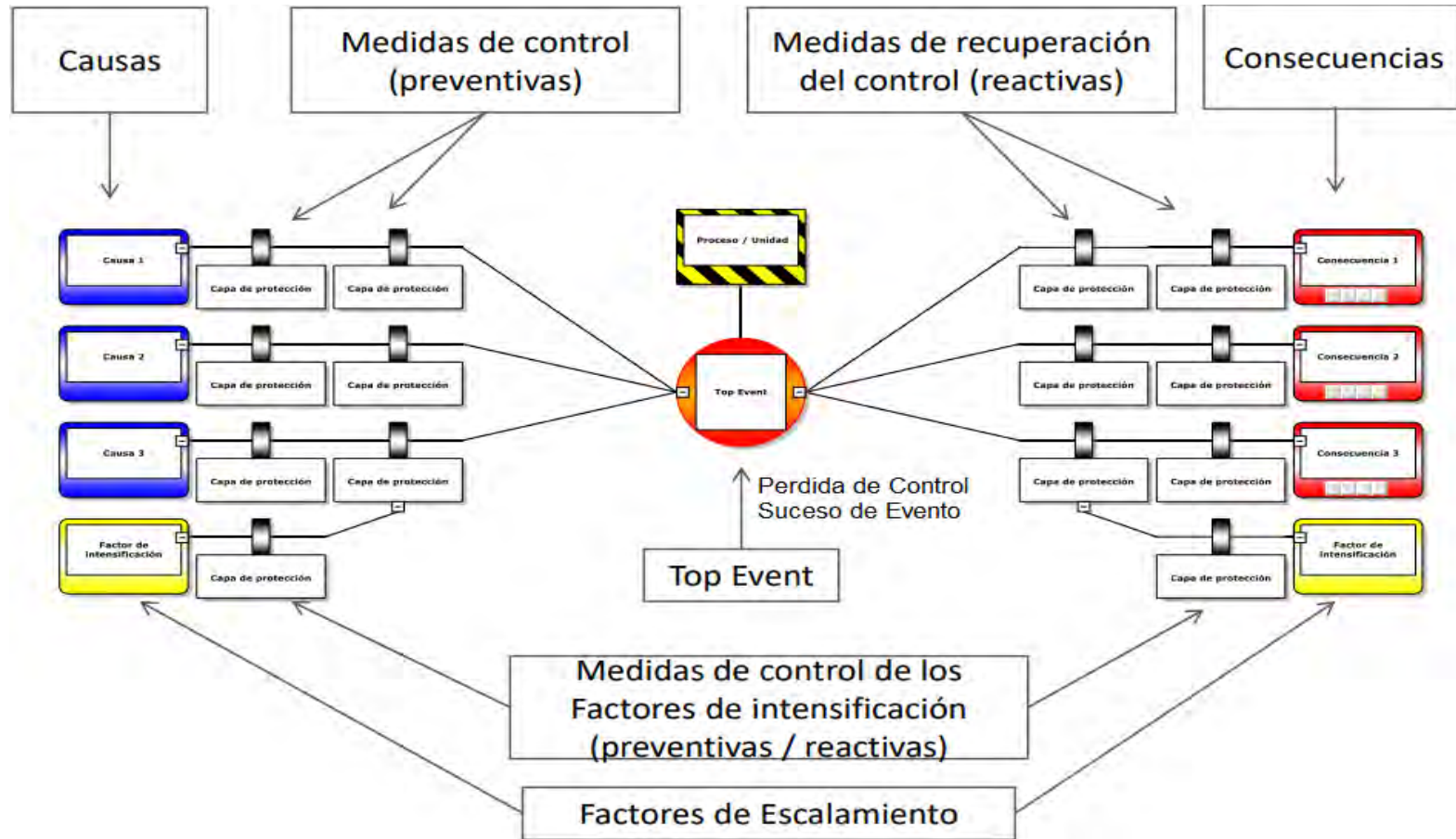
matriz de riesgos. En segundo lugar, debido a la incertidumbre y ambigüedad de los datos de probabilidad del evento base (BE) durante el referéndum de expertos (Xie et al., 2021). Das et al. (2021) informan que el **Bow Tie** es una herramienta eficiente para mejorar la gestión y mostrar las principales causas de accidentes ocupacionales, tras las medidas de seguridad optadas, que resultan insuficiente frente a la probabilidad de incertidumbre y ocurrencia de eventos inesperados. Zurheide et al. (2021) afirman que el **Bow Tie** es un método preciso de gestión de riesgos en el que describe los efectos causales de los eventos principales y sus consecuencias, con el objetivo de mitigar las disposiciones.

2.2.1.1. Metodología de implementación del *Bow tie*

Chaw (2019) señaló que la historia del **Bow tie** aparece a mediados de 1979, como primeros diagramas en la “Universidad de Queensland” en Australia. Tiempo después en 1988, un incidente en particular, conocido como “Piper Alpha” cambió la industria del petróleo para siempre, se requería una metodología distinta de análisis de protección de instalaciones. A principios de 1990, la empresa “Shell Group” logró estandarizar la metodología del **Bow Tie**, a través de reglas que permitieron garantizar la protección de las operaciones. En delante de los años 2000, el **Bow Tie** logró identificar y gestionar riesgos, por ello, se consideró como una herramienta para exteriorizar los precedentes de riesgos industriales. Asimismo, la metodología señaló en un anexo la incorporación en el “ISO 17776:2000”, a través de la Industria del Petróleo y Gas Natural, los cuales señalaron la “Guía sobre las técnicas y herramientas para la identificación de peligros y evaluación de riesgos”.

Figura 2

Diagrama del Bow Tie



Fuente: Tomada de “El rol del Bow Tie en la Gestión de la Seguridad”, Chaw, J. (2019), p. 14.

A. Normativa

APSSOMA (2021) cita la normativa internacional que se debe adoptar dentro de la aplicación del **Bow Tie**, así mismo también se considera en el libro **Bow Ties in Risk Management, A concept book of process safety** (2018)

- **IEC 61882.2001.** International Estándar, “Hazar and operability studies” (HAZOP estudios) Guía de Aplicación.
- **IEC 31010:2019.** Gestión del Riesgo, Técnicas de evaluación del riesgo.
- **IEC 60300-3-9-1995.** Gestión de Confiabilidad (Parte 3) Guía de Aplicación.
- **ISO 17776:2000.** Industria de petróleo y gas natural. Instalación de plataformas de producciones marinas. Guía de herramientas y técnicas de evaluación e identificación de riesgos.
- **CCPS 1999.** Center for Chemical Process Safety. “American Institute of Chemical Engenieers”. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures.

B. Herramientas del *Bow Tie*

APSSOMA (2021) menciona que el cumplimiento del ISO 31000 incorpora directrices y principios para mitigar el riesgo en las organizaciones, a través del 31010:2019 se delimita las técnicas para evaluación.

- i. Matriz de Riesgo: Herramienta de gestión que mide el impacto como una probabilidad, aplicada para conocer los riesgos en cualquier tipo de empresa. Asimismo, esta permite detectar el nivel de exposición y establecer controles apropiados para monitorear la efectividad de las

medidas de control, a través del diseño del **Bow Tie** se permite la identificación visual de los riesgos prioritarios en la interacción de control (Muñoz, 2021). Por otro lado, López-Sánchez et al. (2017) menciona que las medidas de remediación deben de lograr una gestión adecuada del manejo de pasivos, de manera conveniente con el diseño y aplicación de la matriz de riesgos, garantizando las buenas prácticas en minería, lo que permitirá mitigar y prevenir daños al entorno socio-ambiental.

ii. Organigrama

Es una representación gráfica de la estructura organizativa de una empresa donde se muestra la jerarquía de las áreas del recurso humano. El organigrama tiene como objetivo informar a los empleados a comprender la estructura de la empresa, e identificar quién es responsable de cada área y los roles de cada persona (Bateman & Snell, 2009, p. 290).

El organigrama permite al **Bow Tie** involucrar a los responsables a las áreas de trabajo para establecer las barreras de control de este campo, asimismo, Arango (2011) menciona que el organigrama otorga a las instrucciones una razón de como los describe a nivel de áreas, en base a sus necesidades y funcionalidades de la institución (p.18).

- ## iii. IPERC: Miñan et al. (2020) mencionaron que la matriz IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos) define como suma de probabilidad del daño y consecuencias de los riesgos de los estudios técnicos para calcular las escalas de riesgo. Además, se adecua como un proceso sistemático que incluye identificar y evalúa continuamente los peligros a exposición y determinar las medidas de control en base a la seguridad posterior correctamente gestionado. IPERC ayuda **Bow Tie**, en identificar los peligros a través

por área de trabajo y instituir controles, que permitirá analizar la mejora de las barreras y sus escalas de control con efectividad (APSSOMA, 2021).

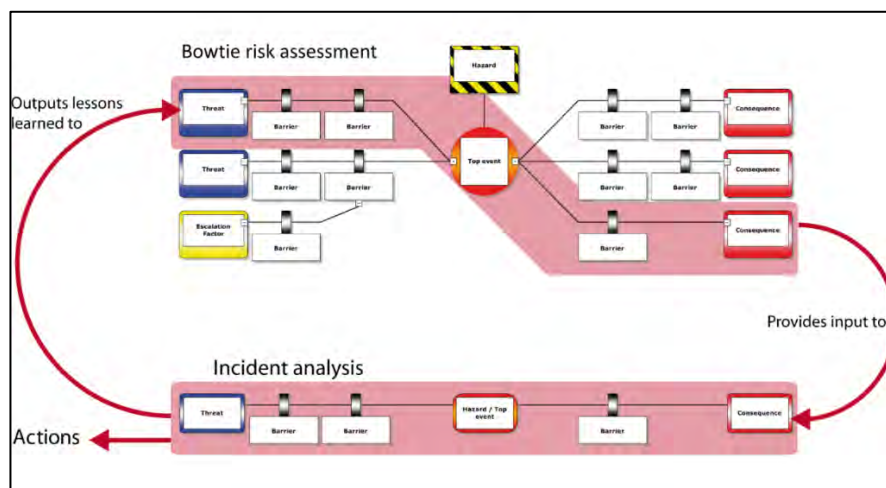
C. Incorporación del proceso

Tasias (2019) menciona el proceso acorde para la investigación de los incidentes a través del **Bow Tie**

- i. Recabar información
- ii. Identificación de eventos/ relación
- iii. Identificación de barreras
- iv. Evaluación del estado de barreras
- v. Análisis de causalidad
- vi. Recomendaciones
- vii. Informe / vinculación con el **Bow Tie**

Figura 3

Proceso de investigación de accidentes



Nota: Tomada de "Gestión del riesgo mediante barreras - **Bow Tie**", Tasias (2019) p. 33.

2.2.1.2. Aplicación del *Bow Tie*

Tasias (2019) señala que el **Bow Tie** esgrime un análisis de barreras y gestiones preventivas como reactivas, para un efecto de control y auditoría, cabe señalar que no es un sistema que encuentra peligros, situando las amenazas relevantes de una operación.

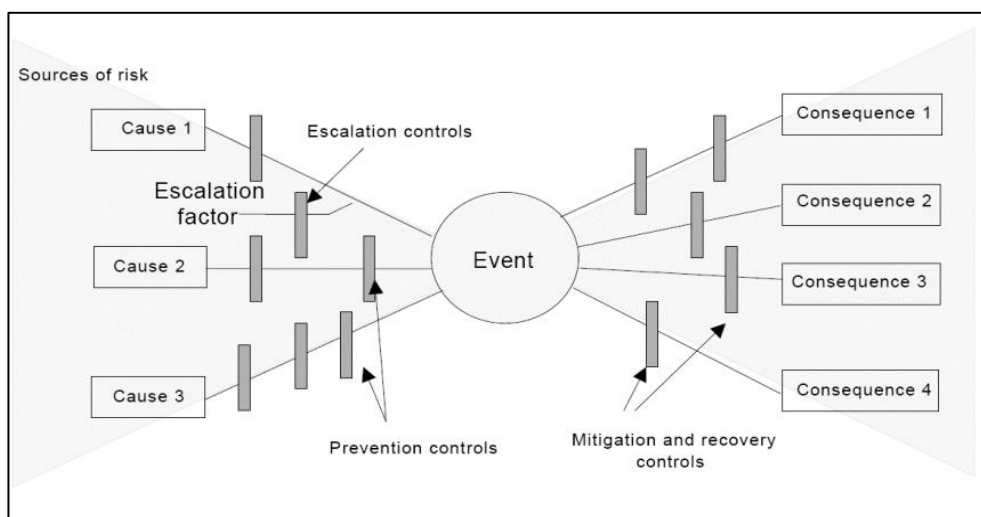
A. Importancia

Muestra resultados de gestión de peligro y sus efectos de manera gráfica y simbólica (Boult & McCulloch, 2018).

B. Modelo de su aplicación

Boult y McCulloch (2018) citan al **Bow Tie** como una herramienta de análisis exhaustivo para diagnosticar eventos y establecer controles preventivos y mitigadores, para aplicarlos en instituciones y prevenir los efectos ocupacionales en el personal, instalaciones y medio ambiente. Además, el **Bow Tie** es la manera fácil de describir el riesgo de causa a efecto de forma esquemática que incorpora el “árbol de fallas” y el “árbol de eventos (sucesos)” (Chaw, 2019).

Figura 4
Evolución del diagrama de Bow Tie



Nota: Tomada de “El rol del Bow Tie en la Gestión de la Seguridad”, Chaw, J. (2019), p. 14.

C. Beneficios

Asimismo, Chaw (2019) menciona que la implementación del **Bow Tie** implica las siguientes ventajas:

- Visualización y comunicación
- Reduce la complejidad
- Facilitar la administración de las barreras
- Suministrar una estructura de gestión
- Suministrar una estructura

D. Implicancia en la Minería

El **Bow Tie** en el sector minero con el objetivo de realizar una auditoría y control efectivo de las barreras y fallas (Tasias, 2019)

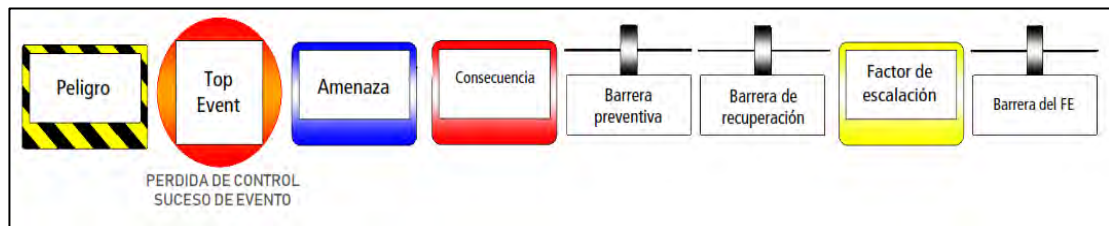
- Estabilidad relavera
- Falla de sistema de ventilación
- Accidentes de transporte
- Conflicto social
- Corte de suministro eléctrico

2.2.1.3. Elaboración del proceso del *Bow tie*

La construcción del **Bow Tie**, se realiza a través de 8 pasos, el cual inicia en peligro, y termina en barrera de FE (Tasias, 2019)

Figura 5

Etapas de elaboración de un Bow Tie



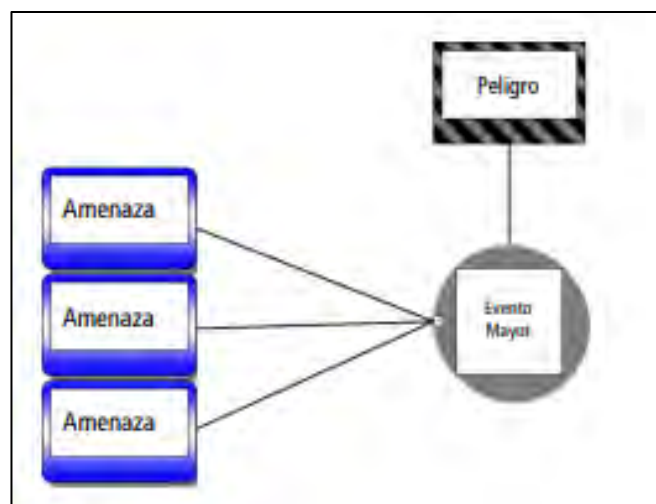
Nota: Tomada de "Gestión del riesgo mediante barreras - Bow Tie", Tacias (2019) p. 9.

- I. Identificación de riesgos: Actividad que genera daño con incidencia potencial, entre estos pueden estar:
 - Trabajo en altura.
 - Explosivos subterráneos en mina
 - Descontrol de fuego
 - Contacto con hidrocarburos
 - Almacenamiento de químicos
 - Animales cerca de un aeropuerto
 - Conducción de una unidad móvil (maquina, vehículos, auto)
- II. Peligro vs evento: Punto donde se quiebra el equilibrio de control cuando existe peligro y se genera un evento mayor. Asimismo, un peligro puede generar múltiples eventos, es necesario acondicionar un **Bow Tie** por cada uno. Entre estos pueden estar:
 - Hidrocarburos a presión en las tuberías (Pérdida de contención)
 - Elevación o movimiento de cargas (Caída de cargas)
 - Transporte por carretera (Pérdida de control de la unidad)

- III. Amenazas (causas): Identifica la posible causa del evento superior, por tanto, las amenazas conducen al evento siniestro. Entre estos pueden estar:
- Fuertes vientos
 - Sobrepresión
 - Conductor alcoholizado
 - Inspección ausente
 - Fatiga del material
 - Personal sin conocimientos

Figura 6

Identificación de Amenazas



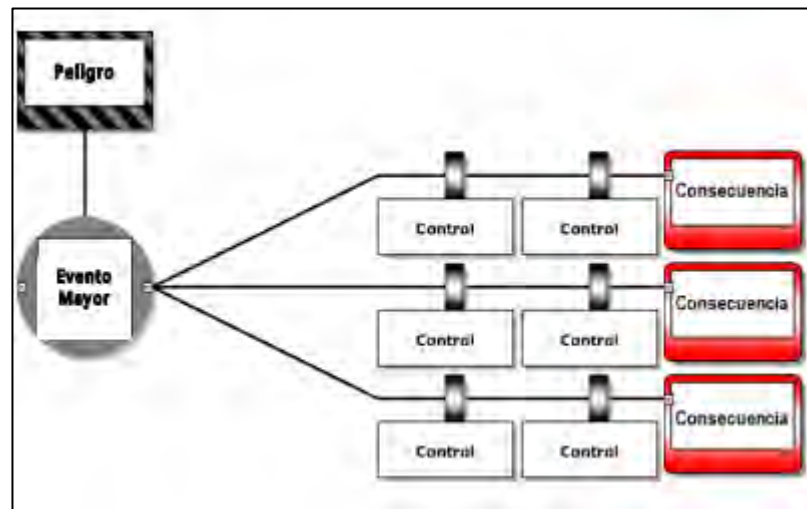
Nota: Tomada de "Gestión del riesgo mediante barreras - Bow Tie", Tacias (2019) p. 15.

- IV. Controles preventivos (puntos críticos y no críticos): Clasificar los eventos no deseados, a consecuencia del evento mayor (consecuencias). Entre estos pueden estar:

- Accidente con pérdida de material contaminante
- Heridos por el accidente
- Pérdida de reputación
- Merma de producción
- Bloqueo de carreteras

Figura 7

Definición de consecuencias

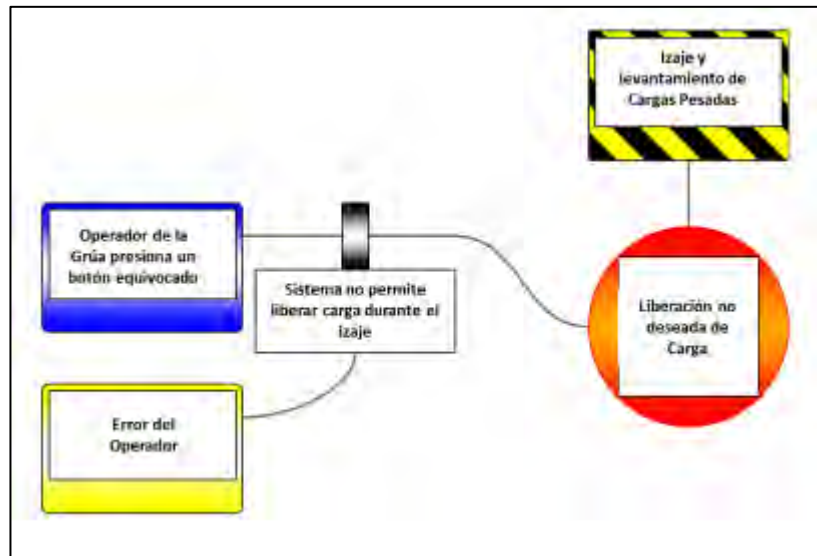


Nota: Tomada de "Gestión del riesgo mediante barreras - Bow Tie", Tacias (2019) p. 17.

- V. Control de Impacto y consecuencias: Control de los efectos ocurrentes entre el evento principal y las posibles consecuencias identificadas.
- VI. Recuperación (mitigar controles): Identificar el efecto después de las consecuencias y subsanarlas.
- VII. Factores de escalamiento: Reduce la efectividad de la barrera como posición.

Figura 8

Factor de escalamiento

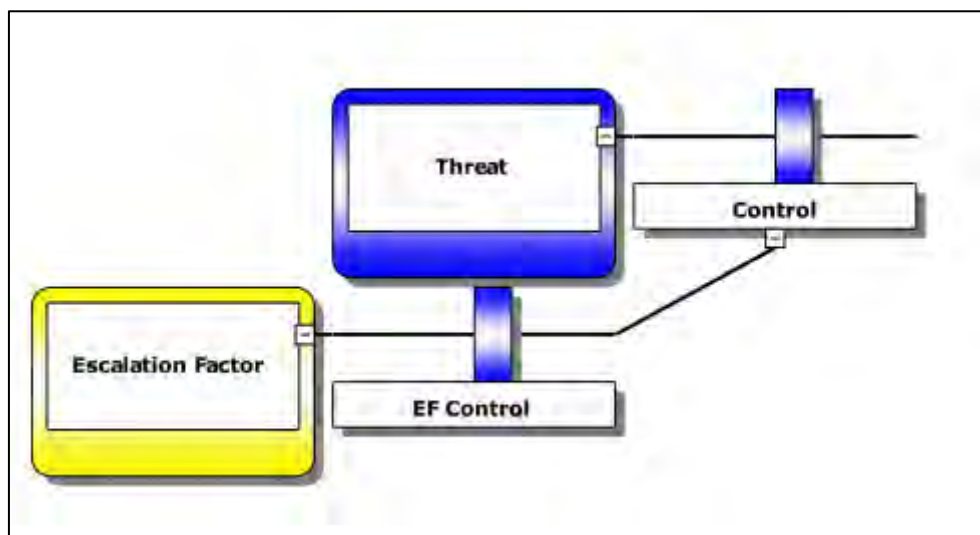


Nota: Tomada de "Gestión del riesgo mediante barreras - Bow Tie", Tacias (2019) p. 22.

- VIII. Implementación de controles preventivos y mitigantes: Identifica las barreras (control) del factor escalamiento para mitigar los efectos.

Figura 9

Identificación de las barreras del factor escalamiento



Nota: Tomada de "Gestión del riesgo mediante barreras - Bow Tie", Tacias (2019) p. 22.

2.2.1.4. Gestión de Barreras

La gestión de las barreras de control, según (Tasias, 2019), se vuelve efectiva cuando el control cumple su rol, ya que se garantiza que no haya imprevisto de un evento no deseado, y permita la continuidad. Asimismo, la identificación de control y la efectividad se separan de manera comparativa en el que se cuantifica la mejora de las barreras.

La Asociación Peruana de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (APSSOMA, 2021) aplica la “Matriz IPERC” para delimitar la severidad de los eventos, clasificados por frecuencias cumpliendo con la confiabilidad (control de la demanda), supervivencia (permanencia del control) y disponibilidad (cumplir el rol).

Figura 10

Efectividad de las Barreras de control

	A > 75 %	B 50 - 75 %	C 25 - 50 %	D < 25 %
Tipo de Control	Eliminación	Green	Yellow	Red
	Sustitución / Minimización	Green	Yellow	Red
	Ingeniería	Green	Yellow	Red
	Administrativo / Procedimiento	Yellow	Yellow	Red
	EPP	Red	Red	Red

Nota: Tomada de “Gestión del riesgo mediante barreras - Bow Tie”, Tasias (2019) p. 30.

2.2.2. Gestión de riesgos

La definición de un riesgo no es un análisis mecanicista de una situación dada. Un riesgo es una posible pérdida producido por eventos peligrosos e inciertos ligados a vulnerabilidades existentes. (Soler,

2018). El riesgo consta de dos factores: amenaza y vulnerabilidad, dependiendo del resultado, es decir, cuanto mayor es la probabilidad de pérdida, mayor es el riesgo (Echemendía, 2011).

2.2.2.1. Riesgo laboral

Los riesgos laborales según (Vera, Guals, & Navas, 2017) están directamente relacionados con las personas y el entorno de trabajo. Esta se encuentra cuando existe la posibilidad de algún tipo de perjuicio para el trabajador o empleador. Asimismo, el riesgo laboral se define como todos los accidentes derivados de las actividades realizadas por la empresa.

(Briceño & Godoy, 2012) Mencionan que el grado de riesgo se entiende como: cuanto antes se produce el riesgo, mayor es la pérdida, y mayor es la pérdida que tiene que soportar la empresa. Por lo tanto, el riesgo se entiende como la probabilidad de que ocurra un evento, dependiendo de las condiciones en que el empleador proporcione al empleado el mejor desarrollo operativo, el riesgo puede convertirse en un posible daño para el trabajador.

2.2.2.2. Clasificación de riesgo

El impacto de los riesgos perjudica al trabajador como al empleador, por lo que, las clasifican en riesgos internos y riesgos externos:

- Riesgo externo: Involucra efectos perjudiciales, que no tiene relación con la organización, sin embargo, lo afecta indirectamente, asimismo, incluye factores: administración pública, evaluación económica, volatilidad en el mercado, competitividad, tecnología y otros factores inesperados (desastres naturales, inundaciones, sismos entre otros) (Soler, 2018).

- Riesgo interno: Involucra al efecto perjudiciales relacionados directamente con la empresa, en el que incluye los siguientes factores; producción, gestión, salud interna, inversiones, medio ambientales (daños ecológicos) y la imposición de precio en el bien final (Soler, 2018).

Asimismo, la clasificación del riesgo laboral involucra directamente a la participación de los colaboradores con la empresa, por lo que se clasifica en:

- Riesgo físico: Causado por los niveles de ruido, el producto del trabajo realizado en el medio ambiente, la probabilidad medida de daño a los trabajadores, el uso de máquinas, la iluminación y otros posibles efectos adversos sobre los empleados (Ormeño, 2019).
- Riesgo químico: Daños causados por factores o productos químicos estrechamente relacionados con problemas de salud en enfoques toxicológicos a corto y largo plazo (A. A. Calera Rubio, 2022).
- Riesgo biológico: Exposición de un individuo al contacto con sangre o fluidos corporales contaminados con hongos, virus o bacterias. Se considera el daño más significativo en una clínica u hospital. Si dichos riesgos no se detectan y abordan de manera oportuna, pueden convertirse en una amenaza permanente para los empleados de la organización (García, 2021)
- Riesgo ergonómico: Ocasionado durante la actividad de diferentes tareas como de construcción, acción de la provisión de herramientas, en el uso de equipos y materiales. Por lo tanto, las posibles causas de lesiones por actividad física son

la actividad limitada, la edad avanzada del trabajador y el agotamiento físico (Mohan, 2018).

- Riesgo psicosocial: Ocasionado a consecuencia del cambio emocional de los colaboradores obligados a reprimir emociones o susceptibilidades durante el horario laboral. Una muestra, mantener una sonrisa constante, una voz armoniosa y una actitud alegre y feliz, incluso en un ambiente de trabajo donde los empleados se sienten incómodos (Calizaya, Zapata, & Evangelista, 2020)
- Riesgo ambiental: Probabilidad de que un evento cause daño directo o indirecto al medio ambiente y a la biodiversidad circundante, ya sea natural o antropogénico (Viceministerio de gestión ambiental, 2010).

2.2.3. Seguridad laboral

Los accidentes de trabajo según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Manual para el profesor de seguridad y salud en el trabajo, 2013) incluyen fenómenos adversos, que es fácil distinguir, los daños a la salud del trabajo, debido a la exposición del trabajador a los riesgos laborales, por lo que, la prevención de accidentes es parte de la seguridad en el trabajo. La seguridad en el trabajo se convierte en un conjunto de técnicas, aprovechadas en los procesos de trabajo, con el objetivo de eliminar los peligros en todo momento y lugar. Por otra parte, la Oficina Internacional del Trabajo (2019) menciona que la seguridad laboral debe ser aprovechada por la tecnología y técnicas analíticas con el fin de identificar los riesgos y determinar sus causas, a partir del análisis social, estadístico y ético. Además de buscar técnicas operativas que eliminen las causas de la prevención de riesgos, estas técnicas operan con seguridad aun cuando no se apliquen adecuadamente.

2.2.3.1. Cultura de prevención

La cultura de prevención y de Seguridad y Salud en el Trabajo, se relaciona con temas de salud y mejora con la calidad de trabajo. De igual forma, se enumera esta política, así como el cuerpo regulador, así como el tamaño y necesidades del empleador y sus trabajadores (Oficina Internacional del Trabajo, 2019). En adelante, La relación de cultura organizacional y rendimiento ha sido estudiada en diferentes contextos. Sin embargo, los modelos utilizados en cada una de las variables son diversos, por lo que es inevitable reconocer que la cultura organizacional tiene un papel crucial en la eficacia de las organizaciones (Salas, García, & Murillo, 2012)

2.2.3.2. Técnicas de seguridad laboral

El establecimiento de prácticas, métodos, estrategias y procedimientos, se centra en la identificación e identificación de riesgos laborales y su implicación en el sistema de control interno (Oficina Internacional del Trabajo, 2019). Estos sistemas trabajan sobre dos factores, el tecnológico y el humano, relacionados con los procesos de fabricación y la seguridad y todas las medidas preventivas que afectan al tipo de trabajo ya los riesgos profesionales. Así, por regla general, los procedimientos se clasifican en diagnóstico, evaluación del riesgo y causalidad ante la aparición del riesgo, y operativos, que eliminan total o parcialmente un riesgo para la parte técnico-gubernamental. de la compañía y el propio usuario (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2013)

2.2.3.3. Marco legal de seguridad y salud en el trabajo

La Ley N° 29783 (2011) “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo” en el Perú, señala las relaciones legales de protección laboral al empleado, en posición de labores y aplicación de sanciones, en

precisión al incumplimiento de las condiciones laborales estipuladas. Por medio del DS N° 005-2012-TR (2012), se concede la aprobación del Reglamento de la “Ley N° 29783” y se modificó la Ley N° 30222 (2014), mediante nuevos postulados de prevención entre sus líneas.

Por otra parte, la “Oficina Internacional del Trabajo” (OIT) (2019) indica a través del “Plan de Seguridad Nacional Laboral 2017 – 2021”, se debe prevenir accidentes ocupacionales, patológicos y gestar el decrecimiento de indicadores de daño a la salud del personal en organizaciones en efectos laborales, por medio de la “Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo del Perú”.

A. Principios

- Prevención: Determinar las formas y medios que protejan la vida y el bienestar de los trabajadores, teniendo en cuenta los aspectos que afectan a la seguridad y salud en el trabajo
- Gestión integral: Administración de los recursos y productividad de servicios a través de la integración de salud y seguridad ocupacional con el cumplimiento de la norma.
- Responsabilidad: Actuar en cumplimiento de la norma vigente, frente a los accidentes o enfermedades generadas ocupacionalmente, con el cumplimiento económico y cobertura de salud.
- Universalización: Afirmar el cumplimiento de las actividades de peligro dentro el lugar de trabajo.
- Atención integral de la salud: Garantiza la seguridad ocupacional dentro del centro de labores, y se cumpla con las prestaciones.

- Participación y diálogo social: Mejorar el sistema y asegurar la participación positiva de la empresa mejorando la salud y seguridad de los trabajadores

B. Finalidad: La OIT (2019) señala que la finalidad de la cultura de prevención es evitar los accidentes laborales de trabajo, en base al cumplimiento de los lineamientos la “Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo”, que involucra la participación de órganos del estado para garantizar la salud y ocupación laboral.

2.2.3.4. Accidentabilidad

La OIT (1996) comentó que la situación laboral tiene incidentes y accidentes con lesiones mortales, como no mortales, los cuales deben tener la prevención de la organización.

Asimismo, un accidente de trayecto, ocurre en el lugar de trabajo en una vía de acceso y/o tránsito de otros colaboradores, estos pueden ser: residencia principal o secundaria, lugar donde toma alimentos, lugar donde cobra y se produce un deceso o lesión corporal, con un resultado de pérdida laboral. Además, también se considera que los accidentes ocupacionales, cuando los trabajadores de la empresa son transportados por una vía pública en horario de laboral, cumple con los derechos en caso de accidente (Organización Internacional Del Trabajo, 1996).

En precisión a los accidentes fortuitos, acotados como sucesos inesperados y repentinos (vertidos por incendios, explosiones, resbalones, caídas, sismos, entre otros), son provocados por sucesos inusuales durante la actividad industrial interna y externa, con posibilidad de un efecto en la población o medio ambiente, a través de sustancias radiactivas, nocivas para el ser humano (OIT, 1991).

Además, Díaz et al. (2020) Mencionan que la perspectiva laboral frente a los incidentes laborales, abarca muchos aspectos resumidos en la **Tabla 2**:

Tabla 2

Accidente de trabajo

Accidente de trabajo	
Accidente laboral: Situación en la cual el colaborador sufra un accidente, siendo esta un daño a su funcionamiento, como también su deceso.	Accidente leve: Momento de lesión de un empleado, que requiere que de descanso de manera breve o por tiempo prudente, para retomar las actividades laborales.
	Accidente incapacitante: Momento de lesión, para solicitar evaluación médica, por medida de accidente cevero y requiere de tratamiento por un determinado tiempo. Se considera fecha y hora del incidente, para las diligencias de acuerdo a Ley..

Nota. Adaptado de Díaz et al. (2020), en precisión a la norma; Ley 29783, Ley 3022 y D.S. N°005.

Vicente et al. (2010) Mencionan las formas de accidentes en la **Tabla 3**:

Tabla 3

Formas de producción de accidentes laborales

1. Atrapar al trabajador por vuelco de maquinaria
2. Caída de elementos desprendidos o mal colocados
3. Caída de personas de diferentes pisos
4. Atrapar por los objetos de su trabajo
5. Proyección de ciertas partículas o fragmentos
6. Pisadas de objetos
7. Choques con elementos móviles o inmóviles.
8. Modos no traumáticos.
9. Radiación
10. Incendio
11. Explosión
12. Sustancias nocivas, corrosivas, etc.
13. Contactos eléctricos o térmicos.
14. Sobre esfuerzos.
15. Temperaturas extremas.

Nota. Adaptado de Vicente et al. "Accidente de trabajo y daño laboral", 48 (4), (2010).

En adelante, el enfoque conceptual, define "Lesión ocupacional", como: "Sucesos inesperados e inesperados (evento inmediato) que pueden o no causar daños orgánicos menores (atención inicial) a corto plazo o de graves complicaciones (invalidez, decesos, traumas), puede generarse; un daño físico producto de la reacción de un material y al insumo de producción, retrasos en el proceso de producción, falta de coordinación en la entrega del producto o de proporcionar personal de servicio interno o externo. Además, se determinó que existe accidentes "sin lesión", pero nunca "lesiones sin accidentes" (Vicente et al., 2010).

2.2.3.5. Indicadores de Accidentabilidad en el sector minero

Saari (2015) señaló que los instrumentos comparativos de la salud y la seguridad ocupacional, se constituyen al margen de la evaluación de protección del personal para evitar riesgos ocupacionales, por lo que estos funcionan, de la siguiente manera:

- Evaluar el régimen del área encargada de la salud y seguridad en la organización.
- Mejorar las oportunidades de las áreas involucradas a la salud ocupacional.
- Adaptar las metas y objetivos a la realidad laboral.
- Sensibilizar a los trabajadores de acuerdo a la norma.
- Adoptar medidas preventivas ocupacionales.

En relación a la normativa técnica de labores de peligro, el DS-003-98-SA señala la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) relacionados a la explotación minera de carbón, petróleo crudo y gas natural, extracción de metales, por último, extracción de otros

minerales. Asimismo, las empresas industriales, están en la obligación de contraer seguros de trabajo riesgoso para sus colaboradores (MTPE, 2018).

Por otro lado, Ministerio de Energía y Minas (2018), como órgano asociado a la industria, instaura dentro del marco legal reducir accidentes en actividades mineras e industriales, y garantizar la salud de los trabajadores nacionales, precisados en industria y minería. En ese sentido, el MINEM adopta una base de datos de las industrias extractivas e información ocupacional del sector, asimismo, la evaluación del progreso de seguridad y salud en el trabajo identifica mejoras en diferentes métricas: frecuencia, gravedad e incidencia, garantizando el cumplimiento de la norma.

- i. Índice de Frecuencia (IF): Calcula la relación de accidentes por las horas trabajadas del personal en un tiempo determinado, expresado en millones (MTPE, 2018).

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ de accidentes de trabajo}}{\text{Horas hombre trabajadas}} \times 10^6$$

- ii. Índice de Severidad (IS): Computa la cantidad de días perdidos a consecuencia del accidente laboral sobre las horas laboradas en un tiempo determinado, expresado en millones (MTPE, 2018).

$$IS = \frac{N^{\circ} \text{ de días perdidos}}{\text{Horas hombre trabajadas}} \times 10^6$$

- iii. Índice de Accidentabilidad (IA): Adopta la medición del producto de severidad y frecuencia sobre un estándar de mil, monitoreado por el impacto de los accidentes ocupacionales en un tiempo determinado, expresado (MTPE, 2018).

$$IA = \frac{IF \times IS}{1000}$$

2.2.3.6. Indicadores de seguridad laboral

Saari (2015) señaló que los instrumentos comparativos de la salud y la seguridad ocupacional, se constituyen al margen de la evaluación de protección del personal para evitar riesgos ocupacionales, por cómo funciona. Asimismo, Khalid et al. (2012) mencionan que la seguridad ocupacional promueve un equilibrio entre el estado mental, emocional y físico, a través de las medidas preventivas adoptadas. Asimismo, la identificación de riesgos e impactos en los centros laborales, se refleja en el desempeño.

Además, Kharzi et al. (2020) aseveran que la seguridad y salud ayuda a preservar la salud ocupacional, como la regulación del estado emocional, mental y físico de los empleados, a través de medidas preventivas y adaptarlas en mejora de las habilidades de los trabajadores, que conduzcan a la mejora del desempeño y rendimiento laboral. Asimismo, las condiciones de trabajo de la empresa deben garantizar, la minimización del riesgo, así como la selección de la dirección de cobertura adecuada, con base en la identidad de la empresa y la experiencia de las personas que trabajan con ella. Sin embargo, identificar el ambiente de trabajo y su exposición a riesgos debe ser prioridad, de acuerdo a norma.

2.3. Marco conceptual

– Accidente

Acontecimiento imprevisto que altera un evento y causa daño (Alonso, 2021).

Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, y aun fuera del lugar y horas de trabajo. (Ministerio de Energía y Minas, 2017)

– **Accidente incapacitante**

Acontecimiento severo que genera una lesión, y requiere de atención médica y tratamiento, debidamente justificado (Alonso, 2021).

Suceso cuya lesión, resultado de la evaluación y diagnóstico médico da lugar a descanso mayor a un día, ausencia justificada al trabajo y tratamiento. Para fines estadísticos, no se toma en cuenta el día de ocurrido el accidente. (Ministerio de Energía y Minas, 2017)

– **Accidente mortal**

Suceso con lesiones severas que no lograron ser sobrepuestas, y condujeron a la muerte. (Alonso, 2021)

Suceso cuyas lesiones producen la muerte del trabajador. Para efectos estadísticos debe considerarse la fecha del deceso. (Ministerio de Energía y Minas, 2017)

– **Ambiente de trabajo**

Lugar donde el trabajador desempeña su jornada laboral (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2021)

– **Bow Tie**

El **Bow Tie** es método eficiente para mejorar la gestión de riesgos y adoptar estrategias para mitigar efectos de incertidumbre y la ocurrencia de eventos inesperados (Das et al., 2021; Zurheide et al., 2021).

– **Capacitación**

Actividad que trasmite conocimiento, habilidades y destrezas para la prevención de riesgo y seguridad (Miñan et al., 2020)

– **Control y riesgo**

Proceso en el que se toma posiciones para mitigar los riesgos y evitar próximas eventualidades. Se debe reducir los riesgos con medidas correctivas eficientes y un monitoreo consecuente (Xie et al., 2021)

– **Emergencia**

Fenómeno sin precedentes identificados en una actividad como incendios, explosión u otro, trayendo consigo posibles consecuencias (Briceño & Godoy, Riesgos laborales: un nuevo desafío para la gerencia, 2012)

– **Estadística de Seguridad y Salud Ocupacional**

Registro, análisis y control de la información de incidentes ocupacionales, accidentes, enfermedades u otros, que otorgan información en el tiempo (MINEM, 2020)

– **Estándar de trabajo**

Parámetros establecidos para la continuidad de la actividad económica, que cumple la norma y mejora la calidad de trabajo

de las personas, en seguridad, salud, equipamiento, entre otros (MINEM, 2020).

– **Inspecciones**

Ratificación de los estándares legales, bajo observación y medición de los procesos, condiciones, disposiciones, situaciones de los trabajadores dentro de su ámbito de trabajo (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2021)

– **Incidente de seguridad**

Acontecimiento laboral o relacionado al mismo, con posibilidad de efecto en los trabajadores o con la empresa (Chaw, 2019)

– **Jerarquía de control**

Enfoque sistémico para toma de decisiones respecto a eventos de responsabilidad en la empresa, producto de accidentes ocupacionales, eventos inesperados para el control y la eliminación de manera eficiente (APSSOMA, 2021)

– **Lesión**

Efecto físico u orgánico en una persona o grupo de personas, producto de un accidente o enfermedad que produjo un efecto, porque requiere un control medico (Alonso, 2021)

– **Lugar de trabajo**

Espacio físico donde los trabajadores permanecen o se desarrollan para el cumplimiento de los objetivos de la empresa (Bateman & Snell, 2009)

– **Reducción de accidentes**

Optimización en la mejora de reducción de la gestión de riesgo en respuesta de incertidumbre y a los eventos inesperados, con respuestas efectivas para mejora de la probabilidad de pérdidas o mitigar los riesgos de mayor magnitud (Echemendía, 2011; Brito, 2018).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito de estudio

La investigación es desarrollada en las actividades de la empresa contratista especializada Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A., así como menciona la ubicación exacta de lugar de investigación en el CAPITULO II ítem 2.2.

3.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación del estudio es aplicada. Según Hernández et al. (2014) las investigaciones aplicadas utilizan el conocimiento teórico para resolver un problema real; es decir, se basan en conceptos e ideas ya establecidas para afrontar el problema de estudio. En este sentido, la investigación emplea la teoría referente a la metodología **Bow Tie** para reducir los accidentes en el lugar de estudio.

3.3. Nivel de la investigación

Por el lado del nivel es explicativo. Este nivel se basa en la relación causa-efecto de la variable independiente sobre la dependiente (Bernal, 2010); es así que el estudio buscó explicar cómo la metodología **Bow Tie** influye sobre la reducción de accidentes en la Empresa Robocon Servicios SAC.

3.4. Enfoque de la investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo, ya que emplea la medición numérica y la estadística inferencial para probar las hipótesis formuladas; asimismo, porque el estudio considera que el conocimiento es objetivo, utiliza el método deductivo y porqué se realiza estudio para definir la influencia de la variable dependiente sobre la independiente (Bernal, 2010).

3.5. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es pre experimental, ya que se aplicó la metodología del **Bow Tie** para reducir la situación actual de accidentes en mineras. Inicialmente se midieron los indicadores de accidentes, luego se aplicó la metodología **Bow Tie**, y se volvió a evaluar los indicadores para corroborar los cambios respecto a la implementación para la Empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal Volcán (Espinoza, 2010).

A continuación, se precisa el diseño pre experimental, en base a Espinoza (2010, p.96).

Gráficamente se representa así:

M: O1 —X— O2

Donde:

O1: Variable 1: Observación de VD antes del tratamiento

O2: Variable 2: Observación de VD después del tratamiento

X: Tratamiento (Aplicación de la metodología de **Bow Tie**)

M: Muestra de estudio

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

Gallardo (2017) define a la población como multitudes con tipologías similares, para estudiarlos a través de la investigación (p. 63). El estudio consideró el total de 212 trabajadores de la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

3.6.2. Muestra

El estudio de muestra toma aleatoriamente del total de 212 trabajadores de la Empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información

El estudio realizó la recolección de datos en campo a través de la técnica de observación, la misma que proporcionó indicadores para la investigación. Además, la revisión documentación fue parte la investigación

El estudio utilizó la ficha de registro de datos como instrumento de medición. Hernández et al. (2014) define al instrumento como medio de comprobación que guarda datos sobre la variable implicada en el estudio (p.199). La investigación utilizó los registros de datos para la

medición de los índices de accidentabilidad de frecuencia, severidad y accidentabilidad de acuerdo a la metodología del **Bow Tie**, realizadas en los seis meses próximos.

3.8. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos de las fichas de registro de información del pre test y un post test, fueron comparados conjuntamente con los indicadores de seguridad del área de operación de mina. Asimismo, los datos obtenidos fueron analizados mediante el software estadístico “Statistical Páctate For the Social Sciencies” (SPSS) versión 25, de manera que se puedan producir datos y tablas representativas; además, se compararon las pruebas de hipótesis pertinentes. Como se muestra en 4.1.3. *Pruebas de hipótesis desde la Tabla 55 al Tabla 62 y Anexo 6.*

3.9. Presentación y análisis de resultados

El análisis y presentación de los datos de las variables de investigación de la aplicación de la metodología del **Bow Tie** para la reducción de accidentes utilizó estadística descriptiva e inferencial para explicar la respuesta de las hipótesis planteadas, además, determinar la influencia o el efecto en las variables, para finalmente remitir las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Implementación de la metodología Bow Tie

A. Bow Tie para trabajo en caliente

Tabla 4

Evento TOP para trabajo en caliente

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 4		
Incendio y Explosiones		
CRL - Current Risk Level		
Importante	D - Improbable	14 (M)
Salud y Seguridad		
Pérdida de control trabajos en caliente:		
<ul style="list-style-type: none">• Soldadura con arco eléctrico, Oxicorte, Esmerilado, Amoladora		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 4** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. para trabajos en caliente, a las actividades de

soldadura con arco eléctrico, oxicorte, esmerilado y amoladora. Estas actividades, según el PMC, pertenece a una categoría 4, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - “Importante”; es decir, que su control en seguridad debe ser solucionado de manera urgente. En caso, estas actividades no tengan un plan de seguridad podría causar incendios y explosiones. Sin embargo, el nivel de riesgo actual (CRL) es improbable, con una calificación de 14(M). Es decir, los accidentes podrían ocurrir una vez durante el periodo de trabajo; pero cuando ocurran causaría una lesión con daño permanente, ocasionando una discapacidad permanente al trabajador; por esta razón tiene una categoría 4, calificado como evento “Improbable”. Para mitigar la lesión con daño permanente, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 5**, **Tabla 6** y **Anexo 4**. “Plan de acción para trabajos en caliente”.

Tabla 5*Causa, control preventivo y control crítico para trabajo en caliente*

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Falla de cables de la máquina de soldar, esmeril y amoladora.	Verificación de estado de cables y presencia de energía, antes de empezar con las actividades. Registro de entrega de revelador de energía al personal de soldadura.	Contar con stock de revelador de energía.
Falla de máquina de soldar, cables de alimentación y ajuste de porta electrodos	Máquina de soldar según estándar (con Protección VRD) Verificación a través del check list de pre uso.	Registro y seguimiento de certificación (VRD) de operatividad de la máquina de soldar. Política PARE, en caso de que la máquina de soldar presente fallas.
Proyección de partículas calientes (chispa) durante la soldadura y/o corte.	Uso de bombos y mantas ignifugas durante la actividad de soldadura. Inspección de los puntos de ignición a través del check list de fuentes de ignición.	Contar con stock de bombos y mantas ignifugas según la frecuencia. Cubrir las partes inflamables de los equipos con mantas ignifuga antes de realizar trabajos en caliente.
Falla en los trabajos en caliente durante el uso de esmerilado, amoladora, oxígeno y oxiacetileno.	Inspección de equipos de trabajos en caliente de esmerilado, oxígeno y oxiacetilénica a través del check list de pre uso.	Programa de mantenimiento de esmeril y amoladora según el manual del equipo.
El personal no tiene las competencias para realizar la actividad de soldadura.	Personal homologado, capacitado y entrenado.	Programa para soldadura
Incumplimiento de procedimiento	Gestionar el PETAR para trabajo en caliente durante el corte / soldadura y liberación por el supervisor correspondiente.	Verificación que se cumpla el procedimiento

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 6*Control mitigante, crítica y consecuencia para trabajo en caliente*

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Activar la política PAS (Proteger, Avisar y Socorrer) por parte de los colaboradores.	Activar el comité de crisis	Fatalidad múltiple de personas por: lesiones por quemaduras y daños a la propiedad.
Uso de extintores ANSUL, que se encuentran ubicados en el taller de mantenimiento y equipos	Mantenimiento preventivo del sistema ANSUL.	Impacto negativo a la imagen de la empresa

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

B. Bow Tie para Izaje de cargas

Tabla 7

Evento TOP para Izaje de cargas

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 4		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Moderado	C – Posible	18 (H)
Salud y Seguridad		

Pérdida de control durante el izaje de la cuba del mixer para el cambio de motor ICVD y rodillos de la cuba

Nota. Adaptado del programa “Bow Tie” de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 7** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. para trabajos de Izaje de cargas, esta hace referencia a la pérdida de control durante el izaje, de la cuba del mixer para el cambio de motor ICVD y los rodillos de la cuba. De acuerdo a lo señalado por el PMC, se encuentra en la categoría 4, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - “Importante”; es decir, su control de seguridad puede generar lesiones o enfermedades con daño permanente que ocasiona una discapacidad permanente-menos de 5 casos en un solo incidente laborales y enfermedades en un tiempo determinado. El nivel de riesgo actual (CRL) es posible, con una calificación de 18(H). Es decir, Puede suceder más de una vez en toda la vida, es probable que suceda o no, y esto ya ha sucedido anteriormente; por esta razón tiene una categoría 4, calificado como evento “Posible”. Para mitigar una discapacidad permanente y/o muertes, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 8**, **Tabla 9** y **Anexo 4**. “Plan de acción de controles implementados para izaje de cargas”.

Tabla 8*Causa y control para Izaje de cargas (tecle, pórtico y cadenas).*

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Equipo de izaje de menor capacidad a la carga (tecle, pórtico y cadenas).	Inspeccionar mediante el check list "PERMISO DE IZAJE" asegurando de que el equipo de izaje tenga la capacidad para el tipo de carga.	
Selección errónea del equipo y/o accesorios de izaje.	Capacitación a la supervisión y mecánicos en Izaje de Cargas.	Uso de tabla cálculo de elementos de izaje según el peso de la carga.
	Estándar de Izaje de Cargas.	
	Entrega y difusión del estándar de Izaje de Cargas a la supervisión y mecánicos.	
Fatiga del equipo, elementos y/o accesorios de izaje (Cadena, Grilletes y estrobos)	Registro de Fecha de ingreso de equipo de izaje a la operación.	Certificaciones de calidad y operatividad de los equipos de izaje.
	Realizar programa de inspección de elementos y/o accesorios de izaje.	Aplicar el PARE de la actividad y retirar de la operación el equipo, elementos y/o accesorios de izaje.
	Realizar inspección mensual de los elementos y/o accesorios de izaje por la supervisión.	
	Realizar la inspección de pre uso mediante el check list de los elementos y/o accesorios de izaje.	Prohibición de modificación de los accesorios de izaje.
	Realizar el engrase de cables antes de empezar con la actividad y registros de desgaste de los accesorios de izaje.	
Equipo de izaje inoperativo o con fallas.	Colocado de tarjetas de inoperatividad de equipos de izaje.	Retirar equipos de izaje inoperativos de la operación.
	Procedimiento de baja de equipos de izaje inoperativos.	
Inestabilidad del equipo grúa	Asegurar el cumplimiento de la asignación de un lugar adecuado para realizar la actividad de desmontaje y montaje de cuba, para evitar la inestabilidad de la grúa y verificación de superficies planas.	

Falla de estructura de los equipos hidráulicos.	Inspección de los out rigger de estabilidad y puntos terminales de conexiones hidráulicas.	
El personal no tiene las competencias para realizar el izaje de cargas.	Autorización del personal que realiza el izaje de carga. Capacitación y certificación del personal que participa en el izaje de cargas.	Prueba de alcoholtest al personal que realiza la operación de izaje de cargas (camión grúa).
Falta de elementos y/o accesorios de izaje.	Realizar inventario de elementos y/o accesorios de izaje.	
Espacio restringido para el desarrollo del izaje de la cuba	Definir áreas de manipulación en el taller de mantenimiento, considerando las dimensiones de la cuba del mixer. Asegurar el cumplimiento de la asignación de un lugar adecuado para realizar la actividad de desmontaje y montaje de cuba.	Sistema de detección de fatiga y somnolencia al personal que realiza la operación de izaje de cargas (camión grúa).
Puntos de anclaje inadecuados	Asegurar los puntos de anclaje en la cuba.	Evaluación técnica de los puntos de anclaje en la cuba para su izaje.
Condiciones atmosféricas desfavorables (tormenta eléctrica, lluvia, viento)	Asegurar el cumplimiento del protocolo de Tormentas eléctricas. Considerar las condiciones atmosféricas desfavorables dentro de las restricciones de los procedimientos de izaje de cargas. Monitoreo de tormentas eléctricas, lluvia y viento.	Contar con equipo de detección de tormentas eléctricas. Instalación de sirenas para avisar el PARE de las actividades del personal del taller, ante condiciones atmosféricas desfavorables.

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 9

Control mitigante, crítico y consecuencias del izaje de cargas (tecle, pórtico y cadenas).

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Activar la política PAS (Proteger, Avisar y Socorrer) por parte de los colaboradores.	Activación del Plan de Respuesta a Emergencia para siniestros en Izaje de Cargas.	Muerte o lesiones graves de 5 o más personas
	Activación de los seguros para atención médica y de equipos.	Lesiones graves de 5 o más personas Potencial impacto en relaciones comunitarias Procesos Judiciales Impacto a la imagen de la empresa

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

C. Bow Tie para instalación y desinstalación de llantas

Tabla 10

Evento TOP para instalación y desinstalación de llantas

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 4		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Importante	D – Improbable	14 (M)
Salud y Seguridad		
Pérdida de control durante la instalación y desinstalación de llantas de equipo mixer y robot		

Nota. Adaptado del programa “Bow Tie” de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 10** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. para la actividad de instalación y desinstalación en llantas, entre los posibles eventos se encuentra la pérdida de control durante la instalación y desinstalación de llantas de equipo mixer y robot. Según lo indicado por el PMC, su categoría es 4, tiene relación con la Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - “Importante”; es decir, su control en seguridad es urgente y necesario. Si esta actividad no cuenta con un plan de seguridad, tiende a generar accidentes que dañen la seguridad y salud (CRL) es improbable, con una calificación de 14(M). Es decir, los accidentes podrían ocurrir una vez durante el periodo de trabajo; pero cuando ocurran causaría una lesión con daño permanente, ocasionando una discapacidad permanente al trabajador; por esta razón tiene una categoría 4, calificado como evento “Improbable”. Para mitigar la lesión con daño permanente, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 11**, **Tabla 12** y **Anexo 4**. “Plan de acción para instalación y desinstalación de llantas”.

Tabla 11

Causa y control para instalación y desinstalación en llantas

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo	
Error humano (falta de competencias, distracción, fatiga, somnolencia, durante la instalación y desinstalación de llanta).	Selección del personal de acuerdo a perfil de puesto, para la manipulación de neumáticos.	Mantener actualizado y documentado la hoja de perfil de puesto.	
	Realizar entrenamiento a cargo de la empresa especializada al personal técnico en neumáticos.		
Área de trabajo inadecuado para la ejecución de desinstalación e instalación de llantas.	Realizar el traslado del equipo a una zona adecuada, para la desinstalación e instalación de neumático.	Asegurar la dotación de tacos de madera (para mantenimientos) y seguimiento de stock en el almacén.	
	Uso de tacos de seguridad en el equipo.		
	Delimitar y bloquear la zona de instalación y desinstalación de neumático en interior mina.		
	Liberación de la actividad (inspección de labor) por parte de la supervisión Robocon.		
	Utilizar gatas hidráulicas de mando a distancia para la desinstalación e instalación de neumáticos.		Certificación de operatividad de la gata hidráulica de mando a distancia.
	Utilizar caballetes regulables con tres puntos de apoyo.		Certificación de operatividad de los caballetes regulables.
Falla de la gata hidráulica mando a distancia o caballetes de soporte del equipo para desinstalación e instalación de neumáticos.	Chek list de verificación de gatas de mando a distancia y caballetes de soporte.	Aplicar el PARE, si se tiene observaciones respecto la gata de mando a distancia y caballetes.	
	Uso de mangueras aceradas para la gata hidráulica de mando a distancia para evitar la rotura de la manguera.	Asegurar la dotación de las mangueras aceradas.	
	Uso de caballetes certificadas.	Programa de seguimiento a la certificación de los caballetes según el código de identificación.	
Incumplimiento al procedimiento.	Mantener actualizado, comunicado, disponible el pets de desinstalación e instalación de neumáticos		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 12*Control mitigante y consecuencias para instalación y desinstalación de neumáticos*

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Activar la política PAS (Proteger, Avisar y Socorrer) por parte de los colaboradores.	Activación del Plan de Respuesta a Emergencia para siniestros en Izaje de Cargas.	Muerte o lesiones graves de 4 o más personas
	Activación de los seguros para atención médica y de equipos.	Lesiones graves de 4 o más personas
		Impacto a la imagen de la empresa

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

D. Bow Tie para manejo de llantas y aros

Tabla 13

Evento TOP para manejo de llantas y aros

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 3		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Moderado	C – Posible	13 (M)
Salud y Seguridad		
Pérdida de control durante el inflado, manipulación y operación del neumático (mina y superficie)		

Nota. Adaptado del programa “Bow Tie” de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 13** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. Para la actividad de manejo de llantas y aros, se hace referencia a acciones como la pérdida de control durante el inflado, manipulación y operación del neumático (mina y superficie). De acuerdo a lo señalado por el PMC, pertenece a una categoría 3, el cual se relaciona con la Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - “Moderado”, en otras palabras, el control en seguridad debe de solucionarse porque tiene muchas probabilidades de suceder. No obstante, el nivel de riesgo actual (CRL) es posible, con una calificación de 13(M). Es decir, los accidentes podrían ocurrir más de una vez dentro de una organización, este puede haber sucedido más de una vez o al menos una vez dentro de las mineras, por esta razón tiene una categoría 3, calificado como evento “Posible”. Para mitigar cualquier lesión, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 14**, **Tabla 15** y **Anexo 4**. “Plan de acción para manejo de llantas y aros”.

Tabla 14

Causa y control para manejo de llantas y aros

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Fallo de la carcasa del neumático durante el inflado	Asegurar que la capacidad de carga (TKPH) del neumático corresponda al TKPH requerido para el trabajo del equipo.	Verificar las pruebas de presión de trabajo en el certificado de control de calidad de neumáticos (Equipo pesado y liviano)
Exceso de presión durante el inflado	Contar con vigía durante el inflado del neumático	Realizar el inflado utilizando un sistema automático que asegure que no se sobre pase el límite de presión. (Uso de compresora calibrada y certificada, manómetro digital calibrado, mangueras de alta presión certificadas, kit de conectores y accesorios de alta presión certificados)
	Asegurar que la presión de inflado se mantenga dentro de la capacidad del neumático y que no se suelten los seguros del aro	
Error humano (falta de competencias, distracción, fatiga, somnolencia, pérdida de estabilidad del neumático durante el traslado, incorrecto enllante y desenllante)	Uso de nitrógeno en lugar de aire (minimizar la probabilidad de explosión)	Delimitar y bloquear la zona de traslado de neumático en el taller y mina
	Implementar perfil de puesto para técnico de neumático. Selección de personal de acuerdo a perfil de puesto	
	Realizar entrenamiento a cargo de la empresa especializada y autorización por parte de Volcan al personal técnico en neumáticos (incluir en el programa anual de capacitación de la empresa especializada)	
	Cumplir el Estándar de Gestión para el Control de Fatiga y Somnolencia. Realizar el test de fatiga al técnico de neumático	
Equipos inadecuados para el inflado de neumáticos	Realizar el traslado de neumáticos utilizando un equipo manipulador	Realizar el inflado utilizando un sistema automático que asegure que no se sobre pase el límite de presión. (Uso de compresora calibrada y certificada, manómetro digital calibrado, mangueras de alta presión certificadas, kit de conectores y accesorios de alta presión certificados)
	Contar con el equipo adecuado para el inflado de neumáticos.	
Reparación deficiente de neumáticos cortados / reencauchados	En caso de reparación interna, solo podrán repararse en la unidad los cortes menores a 5 cm. Se debe utilizar el Procedimiento de Reparación de Neumáticos,	Verificar las pruebas de presión de trabajo en el certificado de control de calidad de neumáticos (Equipo pesado y liviano)

	<p>En caso de reparación interna, durante el parchado cumplir con las especificaciones del uso de parches de acuerdo al tipo de neumático a ser reparado y verificar la calidad del parchado asegurando que no exista fuga de aire durante el inflado</p> <p>En caso de reparación externa, verificar las pruebas de presión de trabajo en el certificado control de calidad de neumáticos cortado / reencauchado (Equipo pesado y liviano)</p>	
Condiciones inadecuadas de la grúa y de los elementos de izaje	<p>Todos los accesorios de izaje deben ser certificados y con un factor de seguridad 1 a 5, tener una memoria de cálculo, mantener en registro el inventario de maniobras y mantenimiento según el fabricante. La utilización e instalación deben estar incluidas en el plan de maniobra y autorizada por personal competente, certificado y autorizado.</p> <p>Estricto cumplimiento del mantenimiento según fabricante antes del uso de accesorios de izaje de carga del equipo (inspección de cables, inspección de pasadores, pruebas de cables por descarte lógico ejemplo: hilos cortados en un metro en un mismo Toron)</p> <p>Designar accesorios de izaje exclusivos para la manipulación de neumáticos (grilletes, cadenas, eslingas, estrodogs)</p>	Analizar y definir equipo de izaje a utilizar para la actividad relacionada al montaje de neumático de gran dimensión en equipos de bajo perfil minero
Interferencias en el área de trabajo durante la maniobra (personas u otros equipos)	<p>Señalizar y bloquear la zona de izaje con letreros de advertencia y cordón de bloqueo. Prohibir el ingreso de personas y equipos ajenos a esta actividad al área de trabajo.</p> <p>Definir un ambiente para almacenamiento de neumáticos de acuerdo a los equipos a utilizar para la manipulación y equipos a realizar mantenimiento. Realizar diseño de las estructuras del área de almacenamiento</p>	Analizar y definir equipo de izaje a utilizar para la actividad relacionada al montaje de neumático de gran dimensión en equipos de bajo perfil minero
Falla de la gata hidráulica o caballetes de soporte del equipo para montaje y desmontaje de neumáticos	Utilizar gatas tipo botella para manipulación de neumáticos en mina manteniendo la distancia de operación. Cumplir con las recomendaciones de cambio de neumático indicada por el fabricante	Todos los caballetes de soporte deben ser certificados y con un factor de seguridad 1 a 5. Se debe utilizar gata tipo lagarto. Cumplir con el mantenimiento programado de las gatas.
Falta de bloqueo del equipo	Realizar el procedimiento de bloqueo de energías del equipo antes de iniciar la manipulación de los neumáticos	

Incorrecto enllante y desenllante	Realizar el correcto enllante y desenllante	Utilizar equipo adecuado para enllante y desenllante de neumáticos, debe estar certificado por la empresa fabricante
Desgaste prematuro del neumático (presión, sobrecalentamiento, corte por fricción)	Realizar inspección a los neumáticos por parte del personal de mantenimiento y operador del equipo, verificar desgaste, presión y cortes Instalar sistemas con sensores de presión y temperatura de neumáticos que permitan medir y registrar las tendencias y problemas durante la operación de los neumáticos Asegurar el mantenimiento de las vías donde transitan equipos de bajo perfil. Sensibilizar a los operadores de equipos en el cuidado de los neumáticos durante la operación	Utilizar equipo adecuado, debe estar certificado por la empresa fabricante
Pirólisis del neumático, descomposición termoquímica del revestimiento interno	Uso de nitrógeno en lugar de aire (minimizar la probabilidad de explosión) Retiro de neumáticos de los equipos a los que se realizará trabajos en caliente (solo de la zona a intervenir)	Utilizar equipo adecuado, debe estar certificado por la empresa fabricante

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 15

Control y consecuencias para manejo de llantas y aros

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Activar el plan de preparación y respuesta ante una emergencia	Uso jaula de inflado certificada y adecuadamente instalada.	Seguridad: Muerte o daños a la persona, aplastamiento, atrapamiento
Brigada de Respuesta a emergencia capacitada y con los recursos para atender la emergencia	Cumplir con la distancia de seguridad entre la jaula y el vigía de inflado, mínimo 3 metros.	

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

E. Bow Tie para sostenimiento_calibradores

Tabla 16

Evento TOP para sostenimiento_calibradores

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 4		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Importante	C – Posible	18 (H)
Salud y Seguridad		
Pérdida en el control de desprendimiento de shotcrete fresco y roca (sostenimiento con shotcrete vía húmeda con robot y colocación de calibradores)		

Nota. Adaptado del programa “Bow Tie” de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 16** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. Para la actividad de sostenimiento con shotcrete vía húmeda con robot y colocación de calibradores tiene como posibles acciones a la pérdida en el control de desprendimiento de shotcrete fresco y roca (sostenimiento con shotcrete vía húmeda con robot y colocación de calibradores). El PMC indica que son de categoría 4, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC “Importante”; es decir, que su control en seguridad debe ser solucionado de manera urgente. En caso, estas actividades no tengan un plan de seguridad podría causar una serie de afecciones a la seguridad y salud. Sin embargo, el nivel de riesgo actual (CRL) es posible, con una calificación de 18(H). Es decir, los accidentes podrían ocurrir una vez durante el periodo de trabajo; pero cuando ocurran causaría una lesión con daño permanente, ocasionando una discapacidad permanente al trabajador; por esta razón tiene una categoría 4, calificado como evento “Posible”. Para mitigar daño permanente y/o muerte, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 17**, **Tabla 18** y **Anexo 4**. “Plan de acción para sostenimiento_calibradores”.

Tabla 17*Causa y control para Sostenimiento_Calibradores*

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Deficiente desatado de rocas mecanizado en labores mayor a 4 metros de altura	Desarrollar del IPERC continuo por cada labor Liberación de labores (inspección de labor) por parte de la supervisión Robocon	Aplicar el PARE y reportar a la supervisión
Deficiente ventilación, concentración de humo, polvo y poca visibilidad en la labor	Desarrollar el monitoreo de agentes químicos y físico en los frentes a sostener	Asegurar la dotación de equipos de monitoreo por cada supervisor Aplicar el PARE y reportar a la supervisión
Deficiente presión de aire en la labor a sostener	Asegurar los manómetros de verificación de la presión de aire en los equipos robot estén correctamente instalados y funcionando, presión de aire >3 bares	Compra y desarrollar el monitoreo semanal de la presión de aire. Haciendo uso el equipo de medición de aire, el reporte será presentado al área de geo mecánica
Calidad del macizo rocoso y factores influyentes en la labor (Filtración de agua, fallas, sobre excavaciones)	Elaboración del estándar de regulación de aditivo de acuerdo a los factores influyentes (filtración de agua, área realzada, zonas de fallas).	
Deficiente medición de Slump en planta y en la labor a sostener	Registro de control de medición de Slump en planta por cada equipo mixer antes de iniciar el transporte a interior mina. Registro de control de medición de Slump por cada frente de sostenimiento.	Asegurar la portabilidad en los equipos Robot el cono de Abram, plancha metálica, wincha y barrilla metálica y el registro de control de la medición de Slump.
Deficiente regulación del aditivo en el control hetronix	Asegurar el cumplimiento del programa de regulación de caudal de aditivo en el control hetronix por cada equipo robot.	
Incumplimiento a las técnicas de lanzado de concreto con equipo robot	Mantener actualizado, comunicado, disponible el estándar de técnicas de lanzado y pets de sostenimiento de shotcrete con robot	
Falla del equipo robot Alpha	Asegurar el cumplimiento del programa preventivo de los equipos robot	Reporte de indicadores de cumplimiento mensual de los programas de mantenimiento preventivos de los equipos robot.

	<p>Llevar el control de horas de trabajo de los componentes mayores del equipo robot</p> <p>Realización del Check List de pre uso de los equipos robot, donde se considera puntos críticos no negociables</p> <p>Realizar la liberación (inspección) de los equipos robot antes de iniciar la jornada de trabajo por parte de mantenimiento y supervisor de operaciones</p>	<p>Asegurar el repuesto (stock) de los componentes mayores de los equipos robot para garantizar el reemplazo oportuno.</p>
Falla del control gtronix del equipo robot	<p>Asegurar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de los controles gtronix de equipos robot</p>	<p>Disponibilidad de los controles gtronix stand by según la cantidad de equipos robot en la operación.</p> <p>Disponibilidad de baterías de los controles gtronix stand by según la cantidad de equipos robot en la operación.</p>
Diseño deficiente de porta calibrador utilizado para la colocación de calibradores	<p>Realizar la compra e implementación de porta calibradores estandarizadas</p> <p>Colocación de calibradores en los frentes de trabajo según procedimiento</p>	<p>Realizar la compra e implementación de porta calibradores estandarizadas</p>
Deficiente espesor en el frente sostenido	<p>En las labores de riesgo de acuerdo a la recomendación de geo mecánica no se colocarán los calibradores</p> <p>Analizar la implementación de tecnología existente en el mercado internacional para controlar el espesor en el frente sostenido</p>	<p>Analizar la implementación de tecnología existente</p>
Personal ingresa al área recién sostenida con shotcrete	<p>Realizar el marcado de hora final de lanzado, espesor, fecha y turno en el shotcrete fraguado</p>	<p>Inspeccionar la instalación de calibradores en el límite del shotcrete fresco y fraguado (2 calibradores juntos en cada hastial como contra)</p>
Incumplimiento al procedimiento de colocación de calibradores	<p>Mantener actualizado, comunicado, disponible el procedimiento de colocación de calibradores</p>	<p>Mantener actualizado, comunicado, disponible el procedimiento de colocación de calibradores</p>

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 18*Control y consecuencia para sostenimiento_calibradores*

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Activación del PAS (proteger, avisar y socorrer), comunicar al centro de control y brigada de emergencia	Activación del plan de respuesta a emergencia para siniestros de desprendimiento de shotcrete y roca	Muerte (por desprendimiento de shotcrete y roca)
Asegurar el bloqueo de las labores antes de iniciar el sostenimiento con shotcrete vía húmeda con equipo robot	Radio de comunicación en los equipos robot para el reporte oportuno cualquier situación de emergencia	Lesiones graves (por desprendimiento de shotcrete y roca)
	Activación de seguros para atención médica y equipos	Potencial impacto en relaciones comunitarias Procesos judiciales Impacto a la imagen de la empresa

Nota. Adaptado del programa “Bow Tie” de la empresa Robocon Servicios SAC.

F. Bow Tie para Transporte

Tabla 19

Evento TOP para transporte

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 5		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Importante	C - Posible	22 (H)
Salud y Seguridad		
Pérdida de control en el transporte:		
1. Operación de Mixer.		
2. Operación Robot.		
3. Conducción de Camioneta.		
4. Conducción de Custer y/o Camión.		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 19** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. Para la actividad de transporte se hace referencia a las actividades de operación de mixer, operación robot, conducción de camioneta, conducción de custer y/o camión. Dichas actividades según menciona el PMC, son pertenecientes a la categoría 5, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - "Catastrófico"; es decir, que su control en seguridad debe ser solucionado de manera urgente. No obstante, estas actividades no tengan un plan de seguridad podría causar muertes y daños permanentes. Su nivel de riesgo actual (CRL) es posible, con una calificación de 22(H). Es decir, los accidentes podrían ocurrir más de una vez dentro del trabajo; pero cuando ocurran causaría una lesión con daño permanente, muertes, en múltiples casos, llegan a discapacidad en algunos casos; por esta razón tiene una categoría 5, calificado como evento "Posible". Para mitigar daño permanente y/o muertes, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 20**, **Tabla 21** y **Anexo 4**. "Plan de acción para transporte".

Tabla 20

Causa y control para transporte

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Exceso de velocidad	Sistema de monitoreo de velocidades GPS en los vehículos móviles Limitadores de velocidades en los vehículos/equipos	Reporte del control de velocidades mensual de las unidades móviles
Fallas mecánicas (frenos)	Control de horas de trabajo del diferencial (paquete de frenos) Control de presión de frenos en los equipos mixer/robot	Registro y control de los frenos de los equipos.
Perdida de atención por fatiga (somnia, sueño).	Sistema de monitoreo control de fatiga y somnolencia en conductores y operadores	Sistema de monitoreo control de fatiga y somnolencia en conductores y operadores
Distracción del conductor por uso de celular, radios.	Bloqueador de señales de celulares personales en las unidades móviles Política del uso de celulares en equipos y unidades de transporte	Bloqueador de señales de celulares y política del uso de celulares
Condiciones climáticas adversas	Sistema de monitoreo de las condiciones climáticas mediante el detector de tormenta	Equipo de detección de tormenta eléctrica calibrada
Mal estado deterioro de las vías	Reporte de condiciones de la vía a la unidad minera	Reporte de condiciones de la vía a la unidad minera
Rotura de pestañas y neumáticos.	Inspección y monitoreo por turno de los neumáticos y pestañas	Inspección y monitoreo por turno de los neumáticos y pestañas
Falla mecánica del equipo mixer o robot y/o unidad móvil (camioneta, camión o custer)	Asegurar el cumplimiento del programa preventivo de los equipos y unidades móviles	Reporte de indicadores de cumplimiento mensual de los programas de mantenimiento preventivos
	Llevar el control de horas de trabajo de los componentes mayores de los equipo y unidades móviles	Asegurar el repuesto (stock) de los componentes mayores de los equipos para garantizar el reemplazo oportuno.
	Realización del Check List de pre uso de los equipos y unidades móviles, donde se considera puntos críticos no negociables	
Conductor bajo efectos de alcohol y/o drogas	Realizar la liberación (inspección) de los equipos robot y unidades móviles antes de iniciar la jornada de trabajo Realizar pruebas de alcotest aleatorias diarias	Contar con el equipo alcotest calibrada

Nota. Adaptado del programa “Bow Tie” de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 21

Control y consecuencia para transporte

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Activación del PAS (proteger, avisar y socorrer), comunicar al centro de control y brigada de emergencia	Activación del plan de respuesta a emergencia para siniestros de Equipos y Vehículos Móviles	Muerte (por pérdida de control en el transporte)
Equipo con estructura de la cabina anti vuelco (ROP), unidades móviles con jaula antivuelco, Cinturones de seguridad, y lunas de seguridad	Radio de comunicación para el reporte oportuno cualquier situación de emergencia	Lesiones graves (por pérdida de control en el transporte)
Instalación de sensores de proximidad con bloqueo automático de equipo	Activación de seguros para atención médica y equipos	Impacto a la imagen de la empresa
Desarrollo de simulacros		Procesos judiciales

Nota. Adaptado del programa “Bow Tie” de la empresa Robocon Servicios SAC.

G. Bow Tie para Bloqueo de energías

Tabla 22

Evento TOP para bloqueo de energías

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 4		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Importante	C - Posible	18 (H)
Salud y Seguridad		
Exposición a liberación incontrolada de energía eléctrica, mecánica, neumática e hidráulica (Bloqueo de Energía)		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 22** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. Para el bloqueo de energías, esta se refiere a las actividades como la exposición a liberación incontrolada de energía eléctrica, mecánica, neumática e hidráulica. Estas actividades, según el PMC, pertenecen a una categoría 4, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - "Importante"; es decir, que su control en seguridad debe ser solucionado de manera urgente. En caso, estas actividades no tengan un plan de seguridad podría causar explosiones e incendios, o dañen a la salud y seguridad. Sin embargo, el nivel de riesgo actual (CRL) es posible, con una calificación de 18(H). Es decir, estos accidentes pueden suceder más de una vez en toda la vida, siendo tan probable que suceda a como no suceda, esto al menos una vez en la vida puede pasar dentro de las mineras. Entonces, por ello se tiene una categoría 4, calificado como evento "Posible". Para mitigar daño a la salud y seguridad, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 23, Tabla 24**.

Tabla 23

Causa y control para bloqueo de energías

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
1.- Identificación y bloqueo ausente, inadecuado, insuficiente de fuentes de energías (equipos móviles, equipos movibles, sistemas de flujo, instalaciones eléctricas, mecánicas, neumáticas e hidráulicas)	<p>1.- Intervención de equipos cuya fuente de energía está identificada, señalizada y bloqueada por personal capacitado y autorizado</p> <p>2.- Dispositivos y piezas de bloqueo disponibles y adecuados por cada equipo según los puntos de bloqueo identificados en las Matrices</p> <p>3.- Todo trabajador involucrado en bloqueo de energías debe estar capacitado en lectura e interpretación de planos, matrices y diagramas unifilares.</p>	<p>1.- Contar con diagramas unifilares actualizados y disponibles en las subestaciones eléctricas para identificar las fuentes de energía.</p> <p>2.- Tener validadas y disponibles las Matrices de Bloqueo de los equipos, al adverso de la Matriz debe estar adjunto el diagrama unifilar del equipo</p> <p>3. Contar con las guardas de protección que eviten la exposición de las personas a partes móviles, tenerlas mapeadas y generar un programa de inspección</p>
2.- Falla de los procesos de aislamiento automatizado/remoto desde Centro de Control liberación de energía mecánica en equipos en movimiento (poleas móviles; molinos; bombas horizontales)	<p>1.- Asegurar que el área de trabajo se encuentre despejada, libre de personas expuestas, antes de desbloquear y reiniciar operación</p>	<p>1.- Implementar un sistema de vigilancia remota (cámaras CCTV) para garantizar el área despejada durante el bloqueo y desbloqueo de la energía.</p>
3.- Trabajar con circuitos hidráulicos y neumáticos a presión sin condiciones (puntos, accesos) para colocar dispositivos de bloqueo (gas, agua, relleno hidráulico)	<p>1.- PARAR las actividades donde se ha identificado que las fuentes de energía no tienen condiciones (puntos, accesos) para instalar dispositivos de bloqueo.</p> <p>Dispositivos y piezas de bloqueo disponibles y adecuados por cada equipo según los puntos de bloqueo identificados en las Matrices</p> <p>1.2 Realizar una gestión de cambios, autorizada por el fabricante y el especialista técnico de la Unidad,</p>	<p>1.- Implementar puntos de bloqueo de energía en los puntos donde no existen.</p>

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
	con VB del Gerente de Operaciones, para habilitar puntos para colocar dispositivos de bloqueo	
4.- Violación intencional de retiro de dispositivos de bloqueos de fuentes de energía.	1.- Capacitación y compromiso con los Comportamientos que Salvan Vidas N° 5 y 6 2.- Dispositivos y piezas de bloqueo disponibles y adecuados por cada equipo según los puntos de bloqueo identificados en las Matrices	1.- Ejecutar el control de desbloqueo excepcional según el Estándar de Aislamiento y Bloqueo de Energías
5.- Los trabajadores no están familiarizados con el proceso de aislamiento de energía para la tarea.	Intervención de equipos cuya fuente de energía está identificada, señalizada y bloqueada por persona competente y autorizado.	Realizar la purga de energía residual según lo indicado en la Matriz de Bloqueo.
No se verifica presencia de energías residuales en el equipo.	1.- Todas las Matrices de Bloqueo deben considerar los puntos de purga de energía residual, validada por especialista	
6.- Instrumentos para verificación y/o lectura de presencia de energía residual, descalibrado y sin verificación	1.- Verificar el cumplimiento del plan de mantenimiento y calibración de instrumentos de medición, a cargo de especialista 2.- Contar con personal entrenado en el uso de instrumentos de verificación y/o lectura de energía	Verificar el cumplimiento del plan de mantenimiento y Contar con personal entrenado
Mala interpretación de diagrama unifilar	Mala interpretación de diagrama unifilar	1.- Contar con diagramas unifilares actualizados y disponibles en las subestaciones eléctricas para identificar las fuentes de energía.

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 24

Control y consecuencia para bloqueo de energías

Control crítico mitigante	Consecuencia
Activar el Plan de atención de Respuesta a Emergencias para eventos de contacto con energía liberada	Muerte o lesiones graves.
Contar con un equipo entrenado y capacitado en el Plan de respuesta a emergencia actualizado	

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

H. Bow Tie para Espacios confinados

Tabla 25

Evento TOP para espacios confinados

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 4		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Importante	D - Improbable	14 (M)
Salud y Seguridad		
Exposición a Atmósferas Peligrosas y nocivas (Gases fuera de los Límites Máximos Permisibles)		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 25** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. para la actividad de espacios confinados, entre sus actividades se encuentra la exposición a atmósferas peligrosas y nocivas (gases fuera de los límites máximos permisibles). Como lo señala el PMC este se encuentra en la categoría 4, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - "Importante"; es decir, su control de seguridad necesita ser resuelto con urgencia. La falta de un plan de seguridad para estas actividades podría resultar en incendios y explosiones. Sin embargo, el nivel de riesgo actual (CRL) es poco probable, con una calificación de 14 (M). es decir, un accidente puede ocurrir durante el trabajo, pero cuando ocurren, causan lesiones permanentes y causan incapacidad permanente al trabajador, por lo que tiene una categoría 4 y se considera un evento "improbable". Para mitigar la incapacidad permanente al trabajador, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 26**, **Tabla 27**.

Tabla 26

Causa, control preventivo y crítico para espacios confinados

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Personal en ambiente de trabajo expuesto cerca de una cámara subterránea de gas o posibilidades de un desprendimiento súbito de gas.	Efectuar taladros paralelos y oblicuos al eje de la labor, con por lo menos diez metros (10 m) de avance.	Efectuar taladros paralelos y oblicuos
Ingreso de personal a espacios confinados con deficiencia de ventilación (molinos, tanques, labores abandonadas, construcción de chimeneas, labores de avance.)	Liberación del PETAR de Espacios Confinados por parte del Supervisor dueño de la actividad	Bloqueo y señalización de espacios confinados de superficie e interior mina de acuerdo al inventario y clasificación (considerar Estándar de barricadas y Estándar de Espacios confinados)
	Inspección y monitoreo del espacio confinado en forma continua durante toda la actividad. Utilizar equipo de monitoreo con calibración vigente según clasificación de espacio confinado.	Ventilación forzada en espacios confinados de superficie (molinos, silos, tanques, celdas) durante toda la jornada de trabajo.
	Asegurar la presencia de un vigía que cumpla los requisitos y funciones según el Estándar de Espacios Confinados. Uso de radio de comunicación para vigía y equipo de trabajo (para quien está fuera y dentro del espacio confinado)	Ventilación forzada en espacios confinados en interior mina (construcción de chimeneas de servicio con alimak, labores avance y reinicio de labores).
Personal en ambiente de trabajo con atmósferas nocivas y peligrosas (gases fuera de los LMP - DS 024 / DS 023 EM)	Inspección y monitoreo del espacio confinado en forma continua durante toda la actividad. Utilizar equipo de monitoreo con calibración vigente según clasificación de espacio confinado.	Bloqueo y señalización de espacios confinados de superficie e interior mina de acuerdo al inventario y clasificación (considerar Estándar de barricadas y Estándar de Espacios confinados)
	Paralización de los equipos que están fuera de los LMP	Ventilación forzada en espacios confinados de superficie (molinos, silos, tanques, celdas) durante toda la jornada de trabajo.

	Realizar correcta manipulación de sustancias químicas al momento carga, descarga y traslado, para evitar generar atmósferas irrespirables	Ventilación forzada en espacios confinados de superficie (molinos, silos, tanques, celdas, chutes) durante toda la jornada de trabajo. Realizar medición en tiempo real de gas cianhídrico con equipo estacionario. Enviar alarma cada vez que se sobrepase el límite permisible.
Colapso o pérdida de infraestructura de circuitos principales de ventilación.	Inspección geo mecánica con equipos de cámara de hoyo de la infraestructura principal de ventilación en zonas de alto riesgo.	Asegurar que los proyectos de construcción de infraestructura principal cuenten con caracterización geo mecánica, estudios hidrológico e hidrogeológico para definir el sostenimiento de la infraestructura.
	Evaluación geo mecánica periódica con cámara de hoyo de la infraestructura principal de ventilación existente.	Asegurar el cumplimiento de la recomendación geo mecánica en la infraestructura principal de ventilación.
Parada de ventiladores principales (por falla mecánicas o corte de energía)	Cumplimiento del programa de mantenimiento de ventiladores, sistemas de automatización, líneas de alimentación eléctrica y puesta a tierra.	Disponer de una segunda línea de energía para SS.EE. De ventiladores
	Monitoreo de fallas en el sistema eléctrico	Instalación de grupo electrógeno para ventiladores principales
	Procedimiento de instalación de ventiladores e instalación de cables eléctricos.	Implementación de sistemas de monitoreo de funcionamiento de ventiladores (Sistema Scada), emitir señales de alarma en caso de paradas y disminución de velocidad
	Implementación de sistemas de monitoreo de funcionamiento de ventiladores.	Asegurar que los proyectos de construcción de infraestructura principal cuenten con caracterización geo mecánica, estudios hidrológico e hidrogeológico para definir el sostenimiento de la infraestructura.
Trabajador no autorizado para realizar tareas en espacios confinados y atmósferas irrespirables.	Todo trabajador que realiza trabajo en Espacio Confinado debe portar su autorización durante la jornada de trabajo.	El supervisor de entrada al espacio confinado solicitará la autorización a todo el personal y registrará en el PETAR. En caso de no contar, realizará el PARE inmediatamente.

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 27*Control y consecuencia para espacios confinados*

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Plan de evacuación y respuesta a emergencia	Identificación, señalización y difusión de puntos de aire fresco, refugios portátiles, refugios tipo canvas	Mortalidad múltiple mayor a 5 / Discapacidad permanente
Servicio médico y hospital in situ	Señalización en todos los puntos de acceso de ingreso a espacios confinados. Leyenda " Solo personal autorizado"	
Equipo de respuesta ante emergencia, según el Estándar de protocolo de peligros mortales 07.	Entrega, capacitación e implementación de autorescatadores para todo el personal de interior mina.	
Entrenamiento para los brigadistas de emergencia para rescate.		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

I. Bow Tie para Equipos Móviles

Tabla 28

Evento TOP para para equipos móviles

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 5		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Catastrófico	B - Probable	24 (H)
Salud y Seguridad		
MUE - Colisión de vehículos / pérdida de control (vehículo que impacta a otro vehículo, vehículo que impacta a un peatón, vehículo que impacta a un objeto).		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 28** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. para la operación de equipos móviles se encuentra MUE - Colisión de vehículos / pérdida de control (vehículo que impacta a otro vehículo, vehículo que impacta a un peatón, vehículo que impacta a un objeto). Estas actividades, según el PMC, pertenece a una categoría 5, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - "Catastrófico"; es decir, que su control en seguridad es urgente y puede generar pérdidas mortales si no es tratado. Sin embargo, el nivel de riesgo actual (CRL) es probable, con una calificación de 24(H). Es decir, los accidentes pueden darse al menos una vez al año, es más probable que suceda, y esto sucedió al menos una vez; por esta razón tiene una categoría 5, calificado como evento "Probable". Para mitigar las incapacidades permanentes y/o muertes al trabajador, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 29, Tabla 30**.

Tabla 29

Causa y control para equipos móviles

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Mal estado de la vía	Realizar mantenimiento a las vías según programa correspondiente.	Cumplimiento del Programa de Mantenimiento de vías.
	Señaléticas de advertencia, límites máximos permitidos de velocidad y espejos en curvas	Ejecutar un diseño, construcción y rediseño de vías.
Mal estado del vehículo de transporte de personal.	Contar con la hoja de ruta adecuada para cada mantenimiento	Cumplimiento del Mantenimiento preventivo al vehículo y correctivo encontrado.
	Realizar check list de Pre -uso de vehículo de transporte de personal	Cumplir con la inspección técnica interna del vehículo.
Falla del manejo por cansancio del operador (Fatiga y somnolencia al volante) o en estado de ebriedad	Sistema de Detección de Fatiga y Somnolencia (PRISM)	Sistema de Detección de Fatiga y Somnolencia (PRISM)
Concentración de personas en vías de tránsito, paraderos, puntos de embarque y estacionamientos e invasión de peatones en las vías vehiculares (interacción entre peatón y vehículo)	Señalización de advertencia preventivas (cordones de bloqueo, bastones luminosos, etc.), límites de velocidad	Identificación y señalización de zonas peatonales y zonas vehiculares (paraderos, comedores, talleres, oficinas, puntos de embarque y estacionamientos, refugios mineros, etc.)
	Señalética de puntos ciegos y distancia de seguridad de acuerdo a categoría de vehículo (Cumplimiento del RITRA)	Implantación de cámaras de retroceso y sistema de aproximación o colisión según evaluación
	Establecer aforo máximo de ingreso de vehículos a toda la mina y en las labores. Instalar afiches en bocamina y en los ingresos a las labores. Cada conductor debe colocar su TAG en los afiches	Considerar desde el planeamiento, el diseño adecuado de las labores, considerando número de equipos, número de trabajadores, dimensión de los equipos, dimensión de las labores, etc.
	Dejar las cámaras de estacionamiento libres de desmonte. En caso tengan desmonte se debe aplicar el PARE. No ingresar.	
Desprendimiento de rocas en las vías en interior mina	Evaluación geo mecánica del macizo rocoso en vías principales	Cumplimiento al Programa de Desate de Rocas.

Conductor no tiene las competencias para manejo del vehículo (conductor sin experiencia)	Capacitaciones en el Centro de Formación en Manejo Defensivo para conductores Conductores con Autorizaciones Internas de Manejo aprobadas y vigentes. Capacitaciones anuales según programa del Centro de formación y aprendizaje	Capacitaciones
Uso de teléfono e ingerir alimentos y bebidas durante la conducción del vehículo	Capacitaciones en el Centro de Formación en Manejo Defensivo para conductores	Capacitaciones
Exceder los límites máximos permitidos de velocidad	Seguimiento, Control de GPS y el sistema Newtrax a todos los vehículos de transporte de personal. Cumplimiento del Plan de Tráfico/Transporte Interno Señaléticas de advertencia y respetar los límites máximos permitidos de velocidad	Seguimiento, Control de GPS
Factores climatológicos adversos (Neblina, sol, lluvia y granizo en exceso, tormentas eléctricas)	Cumplir con manejo a la defensiva, disminución de velocidad, evitar conducir de noche, aplicar el PARE Uso del sistema de detección de tormentas eléctricas Capacitación /cumplimiento del protocolo ante tormentas eléctricas	Monitorear pararrayos en las instalaciones de las operaciones en superficie.
Interacción entre vehículos	Señalética de puntos ciegos y distancia de seguridad de acuerdo a categoría de vehículo (Cumplimiento del RITRA)	Implantación de cámaras de retroceso y sistema de aproximación o anticolidión según evaluación
	Realizar check list de Pre -uso de vehículo de transporte de personal enfocando en los puntos críticos.	Cumplimiento del mantenimiento del sistema de frenos y dirección de los vehículos.
	Considerar desde el planeamiento, el diseño adecuado de las labores, considerando número de equipos, número de trabajadores, dimensión de los equipos, dimensión de las labores, etc.	Cumplir con la inspección técnica interna del vehículo.
	Evaluar el incremento de la altura de las circulinas de las camionetas, con la finalidad de que sean visibles para los operadores de equipos pesados Asegurar, durante el traslado (liebre), que el conductor de camioneta y el operador del equipo tengan radio para comunicación permanente	Considerar desde el planeamiento, el diseño adecuado de las labores, considerando número de equipos, número de trabajadores, dimensión de los equipos, dimensión de las labores, etc.

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 30*Control, y consecuencias para equipos móviles*

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Sistema de supresión contra incendios en vehículos.	Activación del Plan de Respuesta a Emergencia para siniestros en VM	Muerte y/o lesiones severas de 5 o más personas
	Uso del cinturón de seguridad, extintor, martillo rompe lunas, salidas de emergencia y bolsa de aire	Muerte y/o lesiones severas de 5 o más personas
	Sistema FOPS/ROPS - antivuelco para vehículos de transporte (buses, Minubuses, couster)	Muerte o lesiones graves de 5 o más personas
	Activación de los seguros para atención médica y de equipos	Potencial impacto en relaciones comunitarias Procesos Judiciales Accidente patrimonial por pérdida de equipo / Pérdida de proceso por paralización de operaciones.

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

J. Bow Tie para Falla de Macizo Rocoso

Tabla 31

Evento TOP para Falla de Macizo Rocoso

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 5		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Catastrófico	C - Posible	22 (H)
Salud y Seguridad		
Pérdida de estabilidad del macizo rocoso (Falla de estabilidad en corona, hastiales, pilares, puentes, caja piso, caja techo e intersecciones)		

Nota. Adaptado del programa “Bow Tie” de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 31** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. Entre las actividades de falla de macizo rocoso se encuentra Pérdida de estabilidad del macizo rocoso (Falla de estabilidad en corona, hastiales, pilares, puentes, caja piso, caja techo e intersecciones). Estas actividades, según el PMC, pertenecen a una categoría 5, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - “Catastrófico”; es decir, que su control en seguridad es urgente y puede generar pérdidas mortales si no es tratado. Sin embargo, el nivel de riesgo actual (CRL) es posible, con una calificación de 22(H). Es decir, los accidentes pueden darse más de una vez en la vida, es más probable que suceda, y esto sucedió al menos una vez dentro de la minería; por esta razón tiene una categoría 5, calificado como evento “Posible”. Para mitigar las incapacidades permanentes y/o muertes al trabajador, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 32, Tabla 33**.

Tabla 32

Causa y control para Falla de Macizo Rocoso

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Diseño e ingeniería inadecuada (Debe estar alineado al Ground Control Management Plan – GCMP)	Mantener actualizado e interpretación correcta del modelo geo mecánico, considerar mapeo estructural y estudios de consultoras	Elaborar e implementar el diseño del sostenimiento del terreno, considerando elementos de sostenimiento adecuados (pernos, cable bolting, malla, etc.,) según la evaluación del área de geo mecánica
	Mantener actualizado y cumplir el GCMP (Ground Control Management Plan)	Diseño de minado, diseño de tajos, diseño de Sill Pilar y Crown Pilar.
	Realizar auditoría en campo de verificación del cumplimiento del GCMP, a cargo de un tercero especialista de clase mundial	Desate de rocas mecanizado en labores con alturas mayores a 3.5, y manual en alturas menores.
	Actualización de los parámetros de laboratorio de la masa rocosa y modelo de esfuerzos	Mapeo Geo mecánico de labores
	Realizar el Back analisis de los métodos de minado.	Registro de recomendaciones geo mecánicas según la evaluación en campo. Incluir en el programa mensual considerar el volumen de los espacios vacíos a rellenar. Registrar en los planos, usar esta información para las evaluaciones geo mecánicas y evaluación de riesgos. El área de Geo mecánica debe auditar el cumplimiento del relleno de los espacios vacíos.
Inadecuado, ausente e insuficiente control de calidad de los elementos de sostenimiento: pernos, cable bolting, malla	Mantener el control adecuado	Realizar las siguientes pruebas: Operativas: Realizar pruebas de tracción de pernos y cable bolting el 1% del total de pernos instalados Laboratorio: pruebas metalográficas (resistencia de materiales, composición física y química del acero) Prueba de destrucción (cizallamiento, tensión, tracción rotura del perno)

		<p>Instalación de cables bolting tensados o pre tensados con el uso de placas y cuñas en las intersecciones y subniveles en cumplimiento con los estándares</p> <p>Ejecución del sostenimiento recomendado según la evaluación geomecánica.</p>
<p>Inadecuado, ausente e insuficiente control de calidad de los elementos de sostenimiento: shotcrete</p>	<p>Contar con el diseño de mezcla para la elaboración del shotcrete</p>	<p>Realizar las siguientes pruebas:</p> <p>Laboratorio: Pruebas de resistencia a la compresión a los 28 días</p> <p>Laboratorio: Resistencia de shotcrete a horas tempranas (1 hora, 2 horas y 3 horas)</p> <p>Laboratorio: Resistencia a la tenso flexión del shotcrete (energía absorbida)</p> <p>Laboratorio: pruebas de granulometría, pruebas de humedad, pruebas de temperatura – CANTERA RUMICHACA.</p> <p>Operativos: SLUMP de concreto (7" a 8"), control de espesor con calibradores</p>
<p>Presencia de agua subterránea</p>	<p>Mantener actualizados los estudios Hidrogeológico (estudio agua subterránea en mina en función al LOM) e Hidrológicos (estudio agua superficial, cuerpos receptores), implementar los controles indicados</p> <p>Ejecución de cámaras de bombeo, captación de agua en interior mina.</p> <p>Canalizar el agua de superficie, para evitar el ingreso del agua a mina.</p>	<p>Gestión del agua en base a los estudios de hidrogeología: mediante taladros diamantinos drenar y aislar el agua de la zona de operaciones para luego bombear a superficie, construir un sistema de bombeo adecuado</p> <p>Ejecución de piezómetros en interior mina, para establecer el nivel de caudal en interior mina.</p> <p>Incluir desde la planificación, la ejecución de las pozas de bombeo impermeabilizadas y servicios auxiliares. Está prohibida la construcción de pozas de bombeo sobre estructuras mineralizadas.</p>
<p>Perforación y voladura inadecuada, incumplimiento del factor de carga</p>	<p>Respetar el diseño y mantener el paralelismo o ángulo de diseño de los taladros, factor de carga</p> <p>Realizar control de la sobre rotura y tomar acciones correctivas en caso sea necesario</p>	<p>Mantener actualizado el diseño para perforación y voladura, debe considerar los parámetros geomecánicos (RMR, RSU, RC, espaciamiento, rugosidad, humedad, etc.) y hacer uso de técnicas para la mejora de la voladura de contorno</p> <p>Monitoreo de vibración en voladuras a través de sismógrafos</p>

Microsismos y rock burst	Incorporar el análisis de sismicidad dentro del GCMP	Implementación de geófonos permanentes con monitoreo en tiempo real
	Realizar un estudio de sismicidad inducida en interior mina Realizar el registro de reportabilidad de sonidos en el macizo rocoso	Zonificación de zonas de acumulación de energía, producto del minado inducido con potencial de estallido de roca
Deficiente monitoreo en el comportamiento del sostenimiento antes, durante y después de los proyectos.	Implementación del Extensómetro y monitoreo de los desplazamientos en la masa rocosa.	Instalar puntos de convergencia, focalizando pilares y paredes de tajeos y llevar un registro de monitoreo evaluando la velocidad de deformación Inspección del sostenimiento en las labores de interior mina, de acuerdo con el tipo de labor
Falta de relleno en las labores.	Actualizar el estudio de relleno hidráulico adecuado para las operaciones en interior mina	Registro de ingreso de volumen de relleno hidráulico de acuerdo al cálculo de requerimiento por las operaciones de minado
Fatiga del sostenimiento por deterioro de los elementos de sostenimiento	Realizar planificación	Planificación y ejecución de pasivos de sostenimiento en labores antiguas
Inadecuada Interpretación Geológica por falta de información	Realizar sondajes según la malla recomendada y proporcionada por el área de recursos minerales	Mantener actualizado el modelo geológico a corto y largo plazo Registro de mapeos detallados geológico (litología, geología estructural, alteración y mineralógico)
Baja resistencia del concreto de la losa de relleno cementado (Solo aplica a método de minado UCF)	Realizar metodología	Implementar la instalación de extensómetros para control de deformación de losas, cuyo registro sea continuo.
		Registro de parámetros de control de calidad al concreto elaborado (fresco y endurecido)
Formación de juntas frías en la losa superior de relleno cementado (Solo aplica a método de minado UCF)	Diseñar y ejecutar chimeneas para reducir codos y evitar atascos en columna de relleno cementado.	Registro continuo del historial de vaciado de cada losa, horas de bombeo y altura de vaciado.
	Realizar el monitoreo de obstrucción de la línea de relleno mediante Micrófonos y contar con equipo en stand by	
Exceso de finos en el relave cicloneado	Análisis granulométrico de malla de ciclón del con un resultado de entre el 18 al 20% de finos	Instalación del hidrociclón vertical con una clasificación menor al 12% de finos para mejorar la resistencia de las losas.

(Solo aplica a método de minado UCF)

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 33

Control y consecuencias falla macizo rocoso

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Sistema de comunicación radial, teseo, anexo telefónico, celular y sonoras, con sistema de respaldo (UPS, baterías)	Limitar el acceso de equipo, operador y ayudante a zona sin sostenimiento, como máximo hasta la última fila de pernos instalados, colocando un cordón de bloqueo	Muerte o lesiones graves (por choque, volcadura, incendio, etc.)
TARP: Protocolo de Alertas y respuesta ante eventos sísmicos	Activar el PRE (Plan de Respuesta a Emergencias)	
Zonificar áreas sísmicas de acuerdo con la lectura de geófonos	Ubicar los refugios móviles mineros en zonas de acuerdo con la evaluación geo mecánica. Revisión del GCMP y aplicar Gestión de Cambio al re planificación del Plan de Minado	

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

K. Bow Tie para Respuesta a Emergencias

Tabla 34

Evento TOP para Respuesta a Emergencias

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 3		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Moderado	C - Posible	13 (M)
Pérdida de control en la atención de emergencias		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 34** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. En el trabajo referente a la respuesta a emergencias, se refiere a la actividad de Pérdida de control en la atención de emergencias. Esta actividad, según el PMC, pertenece a una categoría 3, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - "Moderado"; es decir, que su control en seguridad debe ser solucionado necesariamente. En caso, estas actividades no tengan un plan de seguridad podría causar lesiones moderadas, enfermedades moderadas o ser solo un incidente. Sin embargo, el nivel de riesgo actual (CRL) es posible, con una calificación de 13(M). Es decir, los accidentes podrían ocurrir una vez en la vida durante el periodo de trabajo; pero cuando ocurran causaría una lesión con daño o algún tipo de discapacidad; por esta razón tiene una categoría 3, calificado como evento "Posible". Para mitigar las lesiones o incapacidades al trabajador, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 35, Tabla 36**.

Tabla 35*Causa y control para Respuesta a Emergencias*

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Falta o falla en el plan de gestión de emergencias.	<p>Por unidad deben identificar todas las posibles emergencias a las que podrían estar expuestos, y analizar y evaluar los riesgos asociados. Siempre que sea posible, esos riesgos se deben monitorizar para poder dar alertas tempranas.</p> <p>Determinar e implementar procedimiento para atender los diferentes escenarios de emergencia.</p> <p>Revisión y actualización anual de plan de respuesta a emergencias.</p> <p>Elaborar e implementar el plan de gestión de crisis.</p> <p>Revisión y actualización del plan y procedimiento después de cada emergencia, de cada simulacro y cada vez que la ley o la organización lo requiera.</p> <p>Evaluar el plan y procedimientos mediante ejercicios de campo (simulacros) y gabinete (simulaciones).</p>	
Selección inadecuada del personal brigadista, no calificado.	<p>Implementar proceso de selección del brigadista</p> <p>Determinar el perfil del brigadista, dentro del plan de respuesta a emergencias.</p>	
Personal brigadista con formación y entrenamiento incompleto para respuesta a Emergencias.	<p>Elaborar programa de entrenamiento y certificación a brigadistas.</p> <p>Elaborar programa anual de Simulacros</p> <p>Ejecutar el programa de entrenamiento y certificación a brigadistas por personal especializado. Seguimiento y verificación de su cumplimiento.</p> <p>Ejecución del plan anual de simulacros.</p>	

Colaborador con entrenamiento inadecuado y/o deficiente para responder a una emergencia Nivel I.	Entrenamiento y formación a los colaboradores y supervisores en comunicación de emergencias, uso de extintores y primeros auxilios. A personal propio y contratista.	
	Cumplimiento y seguimiento al plan de entrenamiento a los supervisores y colaboradores en comunicación de emergencias, uso de extintores y primeros auxilios.	
	Evaluar al personal en la respuesta de emergencias mediante ejercicios de campo (simulacros).	
Falta de equipo y recursos específicos para la atención y respuesta por tipo de emergencias.	Realizar un inventario de equipo por escenario de emergencia que estará incluido en el plan.	Disponibilidad, operatividad y certificación de equipos de respuesta a emergencias.
	Implementar camioneta/vehículo para respuesta emergencias	Posta médica equipada para atención de emergencias con lesión crítica
	Implementar sala de rescate con ambiente, instalaciones apropiadas para la conservación de los equipos de respuesta a emergencias	
	Adquisición de equipos de rescate con certificados y con periodo de garantía.	
No activar el sistema de comunicación / alerta ante ocurrencia de emergencia. Reporte tardío.	Implementar estándar y procedimiento para la comunicación y activación del sistema de alarma ante emergencias.	Sistema de comunicación radial, anexo telefónico, celular sonoras
		Gas fétido para alertar al personal e iniciar la evacuación
		Centro de control para la recepción de comunicaciones de emergencias.
Falla en la evacuación del personal ante ocurrencia de emergencias.	Plan/procedimiento de evacuación ante emergencias. Mapeo de rutas de evacuación en zonas subterráneo y superficie.	Refugios minero móvil, aire fresco y carpa canvas.
	Colocar planos de vías de escape en zonas específicas en interior mina y superficie. Difusión al personal	Uso de Autorescatadores

	Implementar mecanismos para controlar la ubicación del personal dentro de la mina o emplazamientos	
	Implementar estándar de señalización respuesta emergencia en las rutas de evacuación ante emergencia a nivel integral en zonas subterráneas y superficie. Verificación y mantenimiento periódico de operatividad.	Sistema de detección de incendios
Cantidad insuficiente de miembros de la brigada de emergencias por guardia.	Establecer programa de fidelización del brigadista	Equipo de respuesta a emergencias ERE entrenado Lista de permanencia de brigadistas por guardia
Servicios de respuesta externos no disponibles	Formalizar convenios de cooperación y ayuda mutua con entidades externas que pueden brindar soporte a las Unidades en caso de emergencias	
Falla de los equipos durante un evento de emergencia	Elaborar un programa de mantenimiento de equipos de respuesta a emergencias. Capacitación y entrenamiento al personal en operación del equipo. Ejecutar programa de mantenimiento y reemplazo de equipos para emergencias. Asignar los recursos necesarios	
Sistemas de comunicación ineficaces o inadecuados.	Elaborar estándar de comunicación y activación del sistema de alarma ante emergencias.	Sistema de comunicación radial, anexo telefónico, celular sonoras en interior mina y superficie. Gas fétido para alertar al personal e iniciar la evacuación
Falla en la gestión de la emergencia por falta de responsabilidad y funciones de los miembros del comité por niveles, falta ambientes y debidamente estandarizados	Incluir dentro del plan de respuesta a emergencias las responsabilidades y funciones de los miembros por niveles y en anexo los requisitos que debe reunir la sala de COE Entrenamiento a los integrantes del Comité de Operaciones de Emergencia (COE) en la gestión de emergencias.	Sala del COE equipado de manera adecuada que contenga planos que incluyan ubicación de los equipos y servicios de emergencia, lista de contactos de emergencia, etc

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 36*Control y consecuencia para respuesta a emergencias*

Control mitigante	Consecuencia
Activar el comité de crisis - nivel III	Cierre temporal, permanente, parcial o total de la operación por las entidades gubernamentales, por múltiples fatalidades y/o lesiones permanentes.
Aplicación del comité de acuerdo al nivel	
Activación de seguros	
Comunicación externa (Organismos externos, locales y/o gubernamentales).	
Soporte, asesoramiento del área legal	

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

L. Bow Tie para Incendios y Explosiones

Tabla 37

Evento TOP para Incendios y Explosiones

PMC - Potential Maximum Consequence		
Categoría 5		
Salud y Seguridad		
CRL - Current Risk Level		
Catastrófico	C - Probable	24(H)
Salud y Seguridad		
Incendio y Explosiones en interior mina frentes de trabajo.		

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

En la **Tabla 37** refiere de acuerdo al análisis de la Matriz de Riesgo **Anexo 3**. Entre las actividades de incendios y explosiones se encuentra el incendio y explosiones en interior mina. Estas actividades, según el PMC, pertenecen a una categoría 5, relacionado con el tema de Salud y Seguridad, calificándolo con un PMC - "Catastrófico"; es decir, que su control en seguridad es urgente y puede generar pérdidas y lesiones temporales como complejas. Sin embargo, el nivel de riesgo actual (CRL) es posible, con una calificación de 24(H). Es decir, los accidentes pueden darse más de una vez en la vida, es más probable que suceda, y ha ocurrido por lo menos una vez dentro de Glencore; por esta razón tiene una categoría 5, calificado como evento "Probable". Para mitigar los eventos catastróficos con lesiones o incapacidades al trabajador, se analiza las causas, controles preventivos, controles críticos y controles mitigantes, críticos, consecuencias, así como muestra la **Tabla 38**, **Tabla 39**.

Tabla 38*Causa y control para Incendios y Explosiones*

Causa	Control preventivo	Control crítico preventivo
Cortocircuito interno en el transformador en presencia de gases combustibles	Reemplazo de transformadores identificados con fuga de aceite	Análisis de demanda por sub estaciones conforme al plan de minado.
	Reemplazo de aceite mineral por vegetal RF3	Asegurar el uso de fusibles según la potencia del transformador.
	Actualización del diagrama unifilar de carga por subestaciones.	Reemplazo de transformadores en base a análisis de aceite dieléctrico donde indique los parámetros y estado actual del aceite, frecuencia anual
Puntos calientes del transformador y otros componentes de la subestación de distribución		Inspección termografía (transformador, tableros y cables eléctricos en sub estaciones)
Cortocircuito en instalaciones eléctricas por pérdida de aislamiento y sobrecarga en media y baja tensión	Calibre de conductor adecuado para evitar sobre carga.	Tablero eléctrico con interruptor termo magnético
		Inspección termografía (transformador, <i>tableros</i> y cables eléctricos en sub estaciones)
Derrame de combustible en presencia de fuentes de ignición	Equipo móvil a ser abastecido bloqueado con motor apagado, cuando se realiza el abastecimiento de combustible.	Cámaras de abastecimiento de combustible estandarizadas y autorizadas en interior mina, exclusivas para ese fin.
	Usar bandeja de contención debajo del tanque de combustible del equipo a abastecer	El abastecimiento de combustible lo realiza el operador de despacho sujetando permanentemente la pistola del surtidor con corte automático durante el abastecimiento de combustible.
	Comunicado de prohibición de despacho de combustible en recipientes, trasvase de combustible desde el tanque de los equipos a los recipientes, y transporte de combustible en recipientes.	Manta ignifuga instalada en los puntos calientes en los equipos móviles

	Contar con 2 extintores PQS en el abastecimiento de combustible	Camión de Abastecimiento de combustible y Equipos trackless equipados con sistemas automáticos de supresión tipo ANSUL y extintor PQS
	Cisterna con autorización del MTC (sistema eléctrico) para transporte de materiales peligrosos	Descarga disruptiva (carga estática) a través de sistema de aterramiento con resistencia menor a 25 Ohmios.
Producción de chispa en polvorín con polvo combustible		Despachador verifica que personal autorizado a manipular explosivos ingrese sin dispositivos eléctricos (radio, celular, lámpara newtrax) y realice descarga a través del sistema de aterramiento en el acceso
	Verificación con el check list de pre uso de la ausencia de acumulación de aceites y grasas (residuos inflamables)	Manta ignifuga instalada en los puntos calientes en los equipos móviles
Puntos calientes y cortocircuito de equipo móvil en presencia de aceite, grasa y combustibles	Cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de los equipos móviles	
	Operación de equipos móviles solo por personal autorizado	Camión de Abastecimiento de combustible y Equipos trackless equipados con sistemas automáticos de supresión tipo ANSUL y extintor PQS
	Equipos móviles libre de acumulación de grasas y aceites	

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Tabla 39

Control y consecuencias para incendios y explosiones

Control mitigante	Control crítico mitigante	Consecuencia
Activar el Plan de Respuesta a emergencia (Comité de crisis - nivel III), combate contra incendio	Equipos de detección de humo e instalación de alarmas	Intoxicación por inhalación de gases
	Cámara de refugio	
	Refugio minero móvil	

Sistema de monitoreo en tiempo real mediante sistema "scada" en circuitos principales	Carpas ignífuga tipo CANVAS instalado, señalizado y mantenido	
	Zona de refugio de aire fresco	
	Posta médica equipada para atención de emergencias con lesión crítica, con disponibilidad de personal médico las 24 horas	
	Personal porta su autorrescatador en todo momento	
	Infraestructura ubicada en circuito de extracción de aire. Grupo electrógeno de respaldo	
	Sistema de comunicación radial, anexo telefónico, celular y sonoras, con sistema de respaldo (UPS, baterías)	
	Sistema Newtrax con módulo de tracking de personas y evacuación minera implementado	
Equipo de espuma de alta expansión	Posta médica equipada para atención de emergencias con lesión crítica, con disponibilidad de personal médico las 24 horas	Quemaduras internas y externas
Activar el Protocolo de evacuación a refugios mediante alarma Newtrax	Cámara de refugio	

Nota. Adaptado del programa "Bow Tie" de la empresa Robocon Servicios SAC.

4.1.2. Resultados descriptivos

A. Estadísticas de trabajadores

Tabla 40

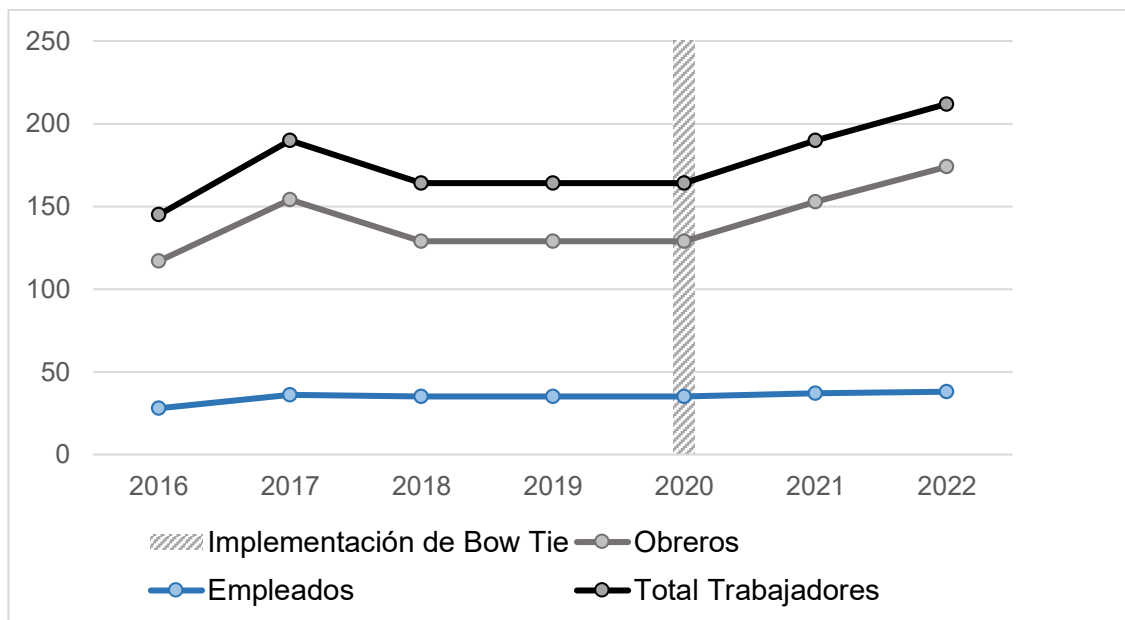
Resultados para total de trabajadores por años

Año	Obreros	Empleados	Total, Trabajadores
2016	117	28	145
2017	154	36	190
2018	129	35	164
2019	129	35	164
2020	129	35	164
2021	153	37	190
2022*	174	38	212

Nota. Tomado y analizado del “Área de Salud y Seguridad” de la empresa Robocon Servicios SAC. *El 2022 solo fue analizada hasta el mes de julio.

Figura 11

Evolución del total de trabajadores por años



Nota. Tomado y analizado del “Área de Salud y Seguridad” de la empresa Robocon Servicios SAC. *El 2022 solo fue analizada hasta el mes de julio.

Según la **Tabla 40**, **Figura 11** y **Anexo 5.**, se identificó lo siguiente: la empresa Robocon Servicios S.A.C tuvo 117 obreros y 28 empleados contratados en el año 2016; en 2017 hubo 154 obreros y 36

empleados; en el año 2018 se registraron 35 empleados y 129 obreros; para el año 2019 se contrataron 129 obreros y 35 empleados; en el 2020 hubo 129 obreros y 35 empleados; en el 2021 laboraron 37 empleados y 153 obreros y para el año 2022 fueron registrados 174 obreros y 38 empleados. Estos resultados revelaron que, en este año la empresa extendió las plazas de contratación en relación a los puestos de obrero y empelados.

B. Estadísticas de accidentes

Tabla 41

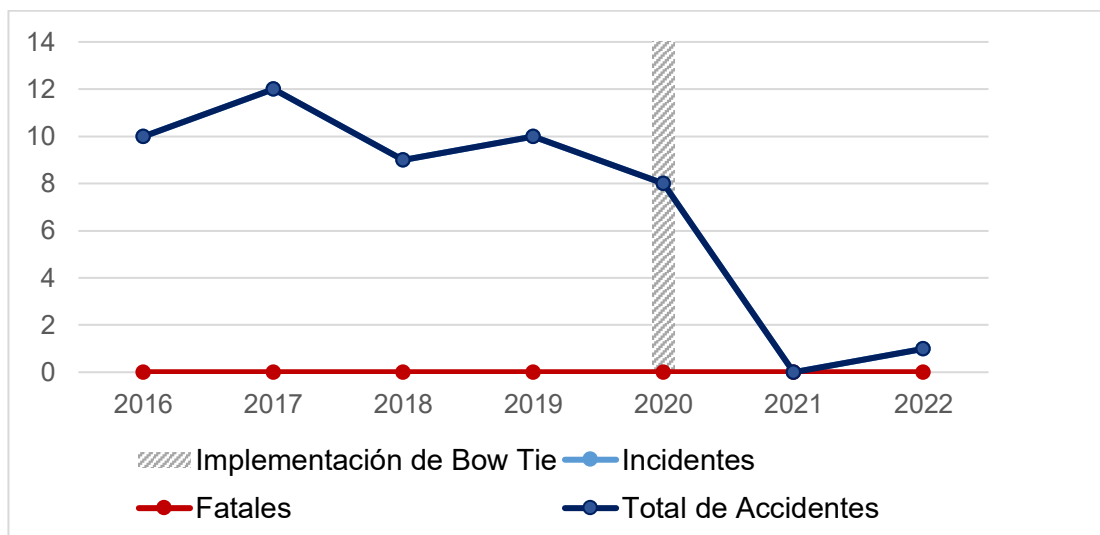
Resultados para accidentes por años

Año	Incidentes	Fatales	Total, de Accidentes
2016	10	0	10
2017	12	0	12
2018	9	0	9
2019	10	0	10
2020	8	0	8
2021	0	0	0
2022*	1	0	1

Nota. Tomado y analizado del "Área de Salud y Seguridad" de la empresa Robocon Servicios SAC. *El 2022 solo fue analizada hasta el mes de julio.

Figura 12

Evolución de los accidentes por años



Nota. Tomado y analizado del “Área de Salud y Seguridad” de la empresa Robocon Servicios SAC.

Según los hallazgos de la **Tabla 41**, **Figura 12** y **Anexo 5.**, la cantidad de accidentes suscitados en la empresa desde el año 2016 hasta el año 2020 ascendieron a 50, los cuales en su totalidad fueron incidentes, puesto que ninguno de ellos tuvo en desenlace fatal. Sin embargo, el año 2022, se registró un descenso significativo con respecto a los incidentes, ya que solo hubo un incidente. Esto reveló que la implementación del programa sobre reducción de accidentes fue efectiva en los trabajadores de la empresa Robocon Servicios SAC.

C. Días perdidos y Horas Hombre Trabajadas

Tabla 42

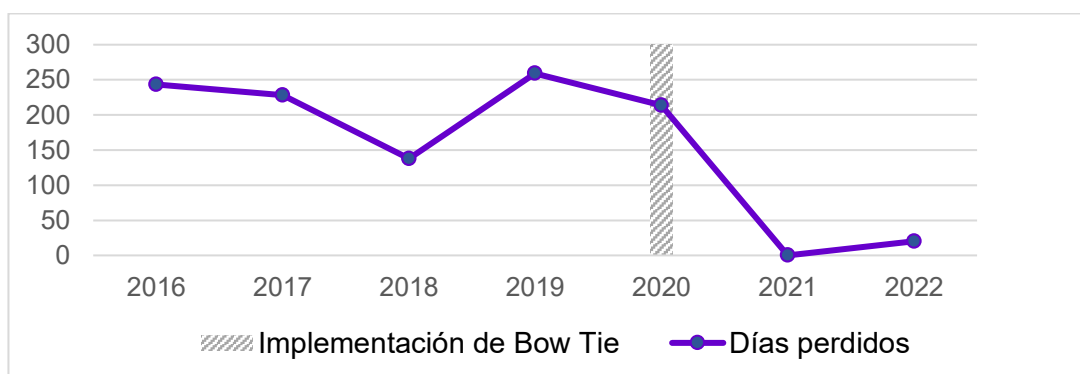
Resultados para días perdidos y horas hombre trabajadas por años

Año	Días perdidos	Horas Hombre Trabajadas
2016	243	420217.7
2017	228	483736
2018	138	392656
2019	259	371605.7
2020	214	382130.9
2021	0	422382.2
2022*	20	276679.8

Nota. Tomado y analizado del “Área de Salud y Seguridad” de la empresa Robocon Servicios SAC. *El 2022 solo fue analizada hasta el mes de julio.

Figura 13

Evolución de los días perdidos por años

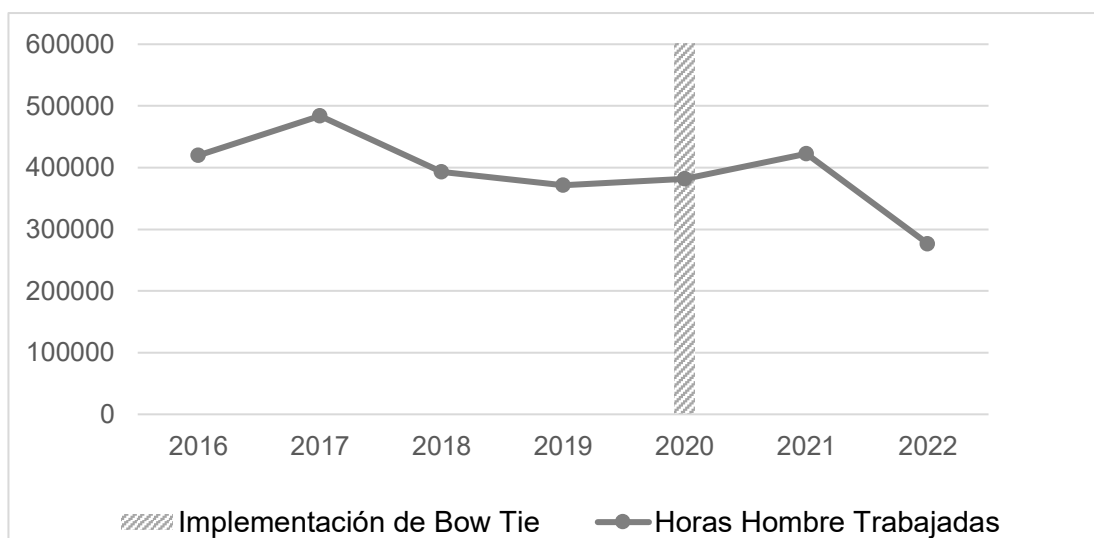


Nota. Tomado y analizado del “Área de Salud y Seguridad” de la empresa Robocon Servicios SAC.

Se identificó en la **Tabla 42, Figura 13 y Anexo 5.**, lo siguiente, debido a los incidentes suscitados en la empresa desde el año 2016 hasta el año 2020 hubo una significativa pérdida de días de trabajo, pues la cantidad máxima de días perdidos fueron 259 en el año 2019, siendo casi todo el año y la cantidad mínima de días perdidos fueron 138 en el año 2018; sin embargo, en promedio los días perdidos desde el 2016 hasta el 2021 por los incidentes ascendieron a 181 días. No obstante, al desarrollar el programa de reducción de accidentes en el año 2022, se registró solo 20 días perdidos por el único incidente que se presentó en la empresa Robocon Servicios SAC.

Figura 14

Evolución de las horas hombre trabajadas por años



Nota. Tomado y analizado del “Área de Salud y Seguridad” de la empresa Robocon Servicios SAC.

En base a los resultados de la **Tabla 42, Figura 14 y Anexo 5.**, en el año 2021 hubo un registro mayor de la cantidad de horas trabajadas por hombre, esto se debió a que no se suscitaron ningún tipo de accidentes en tal periodo de tiempo, diferenciándose del año 2018. En este año se registró la cantidad de horas mínimas trabajadas por

hombre, a razón de que en tal periodo anual se suscitaron 138 días perdidos por los 9 inocentes presentados en el campo de trabajo. Entonces, se puede aseverar que la existencia de accidentes de cualquier tipo reduce la cantidad de días esperados para que los trabajadores alcancen las metas organizacionales a nivel de productividad. Asimismo, luego de la aplicación del programa de salud u seguridad en el trabajo se halló que, en el año 2020 hubo 276679.8 horas trabajadas, porque se presentaron 20 días perdidos por el incidente presenciado en la empresa Robocon Servicios S.A.C. entonces, se confirma la efectividad del programa aplicado a los trabajadores, repercutiendo en la reducción de días pérdidas de trabajo, lo cual señala que se cumplieron más horas de trabajado por hombre.

D. Índices de Accidentabilidad

Tabla 43

Resultados para los índices de accidentabilidad por años

Año	Índice de Frecuencia	Índice de Severidad	Índice de Accidentabilidad
2016	14.34519	610.665	21.99982
2017	20.03564	461.9775	18.65192
2018	23.41553	354.8672	16.41064
2019	26.50998	691.7222	26.26093
2020	21.09546	566.3388	22.98381
2021	0	0	0
2022*	4.177696	83.55392	2.44344

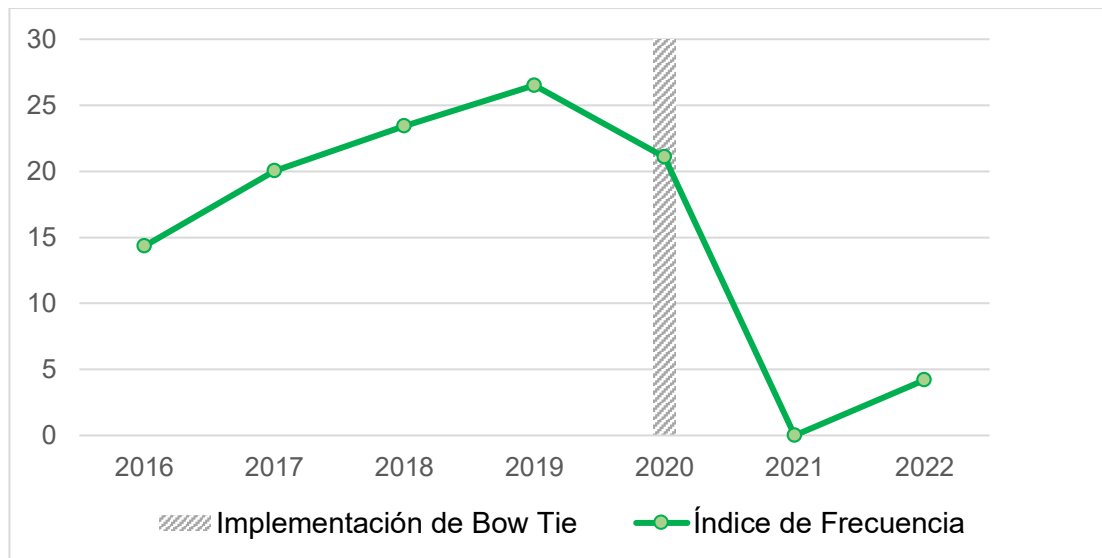
Nota. Tomado y analizado del "Área de Salud y Seguridad" de la empresa Robocon Servicios SAC. *El 2022 solo fue analizada hasta el mes de julio.

Según la **Tabla 43, Figura 15 y Anexo 5.**, el índice de frecuencia de accidentes en el año 2022 fue de 4.17; lo cual reveló una reducción significativa a comparación del año 2019, pues en este periodo se registró un índice de frecuencia de accidentes de 26.50; asimismo, en el año 2018, hubo un índice de 23.41. Estos resultados demostraron la eficacia del programa de seguridad y salud en el trabajo desarrollado en

la empresa Robocon Servicios SAC., beneficiando a la empresa y a los mismos trabajadores sobre su seguridad al efectuar sus actividades laborales.

Figura 15

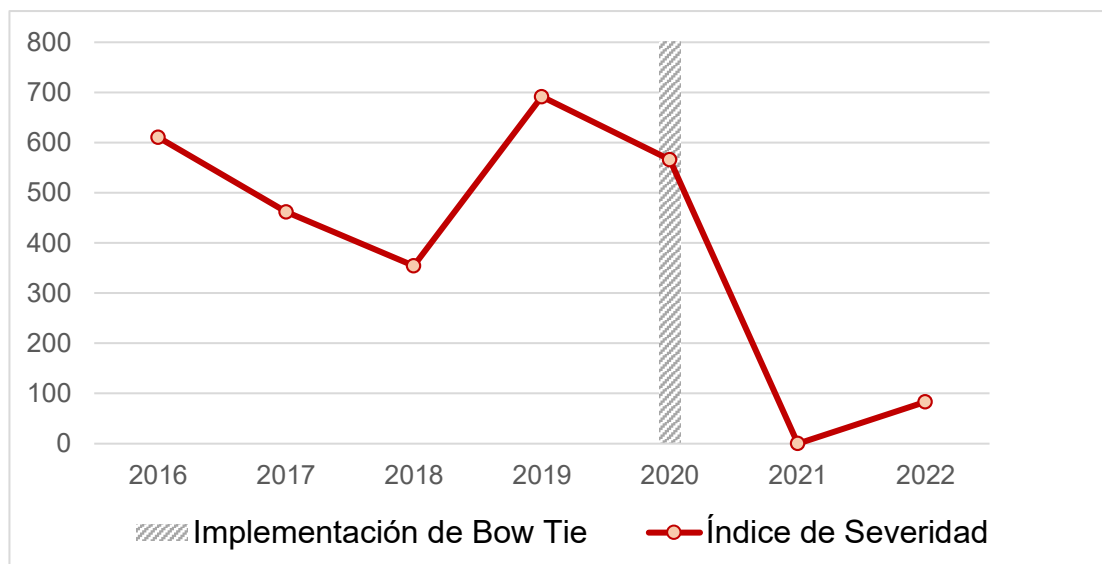
Evolución del índice de frecuencia por años



Nota. Tomado y analizado del "Área de Salud y Seguridad" de la empresa Robocon Servicios SAC.

Figura 16

Evolución del índice de severidad por años

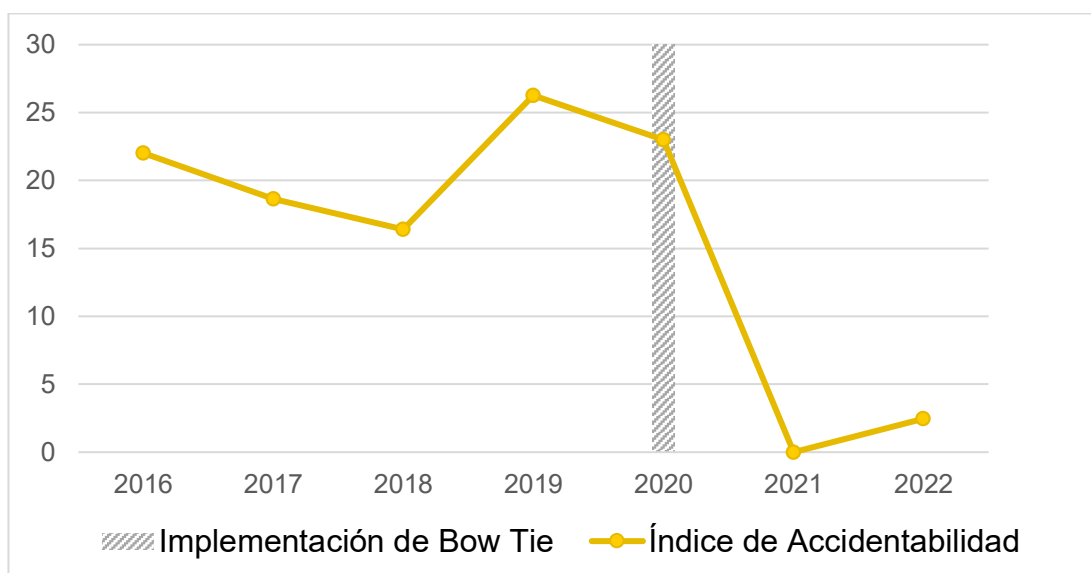


Nota. Tomado y analizado del “Área de Salud y Seguridad” de la empresa Robocon Servicios SAC.

Según la **Tabla 43 Figura 16 y Anexo 5.**, en el año 2019 la empresa Robocon Servicios S.A.C evidenció un índice de severidad sobre los incidentes suscitados de 691.72, siendo el mayor índice; puesto que, en el año 2021 no hubo índice de severidad; es decir, no se presentaron incidentes laborales. Sin embargo, en el año 2018 se registró un índice de severidad con respecto a los accidentes de 354.86, estos datos al ser comparados con el índice de severidad del año 2022, se halló que hubo una reducción significativa, pues se obtuvo un valor de 83.55. Ello se puede justificar con el impacto positivo que generó el programa de seguridad y salud en el trabajo desarrollado en tal periodo, con la finalidad de reducir los accidentes fatales e incidentes dentro de los días de trabajo.

Figura 17

Evolución del índice de accidentabilidad por años



Nota. Tomado y analizado del “Área de Salud y Seguridad” de la empresa Robocon Servicios SAC.

Según la **Tabla 43, Figura 17 y Anexo 5.**, se identificó que, en el año 2018 se registró un índice de accidentabilidad dentro de la

empresa Robocon Servicios SAC., de 16.41, siendo el índice menor desde el año 2016 hasta el año 2020. Asimismo, en índice mayor fue registrado en el año 2019, con un valor de 26.26 y en el año 2021 no hubo registro alguno del índice de accidentabilidad, pues se suscitaron accidentes de ningún tipo. Por tal razón, se empleó el programa de salud y seguridad en el trabajo en la organización con el fin de reducir el índice de accidentabilidad, dicho programa tuvo una respuesta eficiente; puesto que, en el año 2020 el índice tan solo fue de 2.44, confirmando que el índice de accidentes se redujo de forma reveladora.

4.1.3. Pruebas de hipótesis

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis del estudio, se planteó realizarlo en base a diferencia de medias o de rangos, diferenciado entre el periodo antes de la implementación del **Bow Tie**, y después del mismo. En este caso los periodos correspondientes, antes de la aplicación del **Bow Tie**, son del 2016 al 2020: siendo los años 2021 y 2022, el periodo después. Por otro lado, antes de definir la prueba estadística a emplear, es necesario evaluar la normalidad de los datos mensuales de los índices de accidentabilidad del 2016 al 2022; ello con la finalidad de establecer el uso de la estadística paramétrica para muestras independientes (t-student) o no paramétrica (U de Mann Whitney).

A. Prueba de normalidad

Las pruebas de normalidad se desarrollan con la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) y de Shapiro-Wilk (S-W); en este caso se utilizarán ambas pruebas, ya que la cantidad de datos por periodos, en el antes es de 60, y en el después solo es de 19 observaciones. En la **Tabla 45** se detallan los resultados de las pruebas de normalidad.

Tabla 44*Pruebas de normalidad para los índices de accidentabilidad*

	Periodo	K-S*			S-W**		
		Valor	gl	Sig.	Valor	gl	Sig.
Índice de Frecuencia	Antes del Bow Tie	0.216	60	0.000	0.860	60	0.000
	Después del Bow Tie	0.538	19	0.000	0.244	19	0.000
Índice de Severidad	Antes del Bow Tie	0.187	60	0.000	0.860	60	0.000
	Después del Bow Tie	0.538	19	0.000	0.244	19	0.000
Índice de Accidentabilidad	Antes del Bow Tie	0.225	60	0.000	0.754	60	0.000
	Después del Bow Tie	0.538	19	0.000	0.244	19	0.000

Nota. Resultados en base al análisis de los índices de accidentabilidad. *Para más de 50 datos. **Para menos de 50 datos.

Antes de evaluar los resultados de las pruebas de normalidad, es necesario recordar que el nivel de significancia de comparación es de 0.05, además, la hipótesis nula (H0) de estas pruebas indica que los datos se distribuyen como una normal; es decir:

- H0: Las observaciones de los índices de frecuencia se distribuyen como una normal.
- H1: Las observaciones de los índices de frecuencia no se distribuyen como una normal.

Entonces, según se observa en la **Tabla 45** para el índice de frecuencia, tanto en el antes y después de la aplicación del **Bow Tie** se obtuvo una significancia calculada de 0.00; este al ser menor al nivel de significancia de comparación $\rightarrow 0.05$; se concluye en rechazar la H0. En otras palabras, las observaciones para el índice de frecuencia no se distribuyen como una normal. Este mismo resultado se observa para el índice de severidad e índice de accidentabilidad. Por lo tanto, los tres índices de accidentabilidad a evaluar no tienen una distribución normal, por lo cual se requiere emplear la estadística no paramétrica, cuya prueba para evaluar las diferencias significativas entre el antes y

después de la aplicación del **Bow Tie**, viene a ser la prueba U de Mann Whitney. Asimismo, para realizar las pruebas de manera rigurosa se siguió el procedimiento descrito a continuación:

- i. Presentar la hipótesis a probar.
- ii. Establecer las hipótesis estadísticas (H0 y H1).
- iii. Indicar el nivel de significancia $\rightarrow 0.05$.
- iv. Realizar la prueba U de Mann Whitney.
- v. Señalar la regla de decisión.
- vi. Analizar los resultados de la prueba.
- vii. Concluir con el rechazo o aceptación de la hipótesis de investigación.

B. Prueba de la primera hipótesis específica

i. Hipótesis a probar:

La aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente el índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

ii. Hipótesis estadísticas:

- H0: Las observaciones del índice de frecuencia del grupo antes y después del **Bow Tie** no son independientes.

- H1: Las observaciones del índice de frecuencia del grupo antes y después del **Bow Tie** son independientes.

iii. Nivel de significancia a comparar $\rightarrow 0.05$.

iv. Prueba U de Mann Whitney:

Tabla 45

Rangos de la Prueba U de Mann Whitney para la primera hipótesis específica

Periodo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Antes del Bow Tie	60	45.58	2735.00
Después del Bow Tie	19	22.37	425.00
Total	79		

Nota. Resultados en base al análisis de los índices de accidentabilidad.

Tabla 46

Prueba U de Mann Whitney para la primera hipótesis específica

Estadísticos	Índice de Frecuencia
U de Mann-Whitney	235.000
W de Wilcoxon	425.000
Z	-4.119
p-valor	0.000

Nota. Resultados en base al análisis de los índices de accidentabilidad

v. Regla de decisión:

Si la significancia hallada en la prueba U de Mann Whitney (p-valor) es superior a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula; es decir, los grupos comparados no son independientes; son iguales. Caso contrario la H0 se rechaza,

vi. Análisis y conclusión:

De la **Tabla 47** se halló un nivel de significancia calculado (p-valor) de 0.00. de la prueba U de Mann Whitney, para el índice de frecuencia. Este valor al ser menor a 0.05; establece rechazar la H0; es decir, que las observaciones del índice de frecuencia, antes de la aplicación del **Bow Tie** (2016-2020) son independientes que las observaciones después de su implementación (2021-2022). Por tanto, se observa una diferencia clara entre los valores del índice de frecuencia después de la aplicación de dicha metodología, ya que el índice se redujo de manera significativa, pasando de un rango de 45.58 a un rango de 22.37.

En conclusión, se acepta la hipótesis de investigación: La aplicación de la metodología **Bow Tie** logró reducir significativamente el índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

C. Prueba de la segunda hipótesis específica

i. Hipótesis a probar:

La aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente el índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

ii. Hipótesis estadísticas:

- H0: Las observaciones del índice de severidad del grupo antes y después del **Bow Tie** no son independientes.

- H1: Las observaciones del índice de severidad del grupo antes y después del **Bow Tie** son independientes.

iii. Nivel de significancia a comparar $\rightarrow 0.05$.

iv. Prueba U de Mann Whitney:

Tabla 47

Rangos de la Prueba U de Mann Whitney para la segunda hipótesis específica

Periodo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Antes del Bow Tie	60	45.72	2743.00
Después del Bow Tie	19	21.95	417.00
Total	79		

Nota. Resultados en base al análisis de los índices de accidentabilidad.

Tabla 48

Prueba U de Mann Whitney para la segunda hipótesis específica

Estadísticos	Índice de Severidad
U de Mann-Whitney	227.000
W de Wilcoxon	417.000
Z	-4.195
p-valor	0.000

Nota. Resultados en base al análisis de los índices de accidentabilidad

v. Regla de decisión:

Si la significancia hallada en la prueba U de Mann Whitney (p-valor) es superior a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula; es decir, los grupos comparados no son independientes; son iguales. Caso contrario la H0 se rechaza.

vi. Análisis y conclusión:

Conforme con la **Tabla 49** se halló que el p-valor de la prueba U de Mann Whitney fue de 0.00., para el índice de severidad. Este resultado al ser inferior a 0.05; señala rechazar la H0; es decir, que las observaciones del índice de severidad antes y después de la aplicación del **Bow Tie** son independientes. Además, se observa una reducción clara entre los valores del índice de severidad después de la aplicación de dicha metodología, ya que paso de un rango de 45.72 a un rango de 21.95.

En conclusión, se acepta la hipótesis de investigación: La aplicación de la metodología **Bow Tie** logró reducir significativamente el índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

D. Prueba de la tercera hipótesis específica

i. Hipótesis a probar:

La aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente el índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

ii. Hipótesis estadísticas:

- H0: Las observaciones del índice de accidentabilidad del grupo antes y después del **Bow Tie** no son independientes.
- H1: Las observaciones del índice de accidentabilidad del grupo antes y después del **Bow Tie** son independientes.

iii. Nivel de significancia a comparar $\rightarrow 0.05$.

iv. Prueba U de Mann Whitney:

Tabla 49

Rangos de la Prueba U de Mann Whitney para la tercera hipótesis específica

Periodo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Antes del Bow Tie	60	45.60	2736.00
Después del Bow Tie	19	22.32	424.00
Total	79		

Nota. Resultados en base al análisis de los índices de accidentabilidad.

Tabla 50

Prueba U de Mann Whitney para la tercera hipótesis específica

Estadísticos	Índice de Accidentabilidad
U de Mann-Whitney	234.000
W de Wilcoxon	424.000
Z	-4.132
p-valor	0.000

Nota. Resultados en base al análisis de los índices de accidentabilidad

v. Regla de decisión:

Si la significancia hallada en la prueba U de Mann Whitney (p-valor) es superior a 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula; es decir, los grupos comparados no son independientes; son iguales. Caso contrario la H_0 se rechaza,

vi. Análisis y conclusión:

En la **Tabla 51** se observa que el p-valor calculado de la prueba U de Mann Whitney, para el índice de accidentabilidad, fue de $0.00 < 0.05$, con lo cual se rechaza la H_0 . Es decir, que las observaciones del índice de accidentabilidad antes y después de la aplicación del **Bow Tie** son independientes; no son iguales. Asimismo, se observa

una reducción clara entre los rangos del índice de accidentabilidad, pasando de un rango de 45.60 a un rango de 22.32.

En conclusión, se acepta la hipótesis de investigación: La aplicación de la metodología **Bow Tie** logró reducir significativamente el índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

E. Prueba de la hipótesis general

i. Hipótesis a probar:

La aplicación de la metodología **Bow Tie** reduce significativamente los accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

ii. Pruebas a contrastar:

Tabla 51

Resumen de los índices de accidentabilidad

Periodo		Antes del Bow Tie	Después del Bow Tie
Total, de Accidentes		49	1
Promedio anual de accidentes		4.9	0.25
Índice de Frecuencia	Promedio	21.08	2.09
	Rango	45.58	22.37
	p-valor		0.00
Índice de Severidad	Promedio	537.11	41.78
	Rango	45.72	21.95
	p-valor		0.00
Índice de Accidentabilidad	Promedio	21.26	1.22
	Rango	45.60	22.32
	p-valor		0.00

Nota. Resultados en base al análisis de los índices de accidentabilidad.

iii. Análisis:

En la **Tabla 52** se puede observar que el total de accidentes entre el 2016 y 2020, fue de 49, todos de ellos fueron incidentes que generaron días de retraso. Sin embargo, después de la aplicación del **Bow Tie**, solo se registró 1 accidente entre 2021 y julio del 2022. Asimismo, antes del **Bow Tie**, anualmente ocurrían 4.9 accidentes, mientras que después, solo un 0.25, que se puede traducir en que no se registraron accidentes. Es decir, se observa una clara reducción en la cantidad de accidentes totales, y una reducción significativa en el promedio anual de accidentes.

Este resultado, se ve reflejado en el índice de frecuencia, de severidad y de accidentabilidad, ya que en los tres casos los rangos de la prueba U de Mann Whitney son menores en el periodo después de la implementación del **Bow Tie**; asimismo, las pruebas de hipótesis corroboraron que las observaciones entre ambos periodos son independientes; es decir, existen diferencias significativas. Todo ello indica la influencia significativa que tuvo la metodología **Bow Tie** en la reducción de los accidentes en la empresa evaluada; por tanto, se aprueba la hipótesis del investigador.

iv. Conclusión:

La hipótesis general es verdadera; es decir, la aplicación de la metodología **Bow Tie** redujo significativamente los accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

4.2. Discusión

En el trabajo se logró evidenciar que al implementar las acciones de la metodología **Bow Tie** se redujo significativamente los accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. A nivel de los antecedentes se encontró un resultado similar se encontró por Muñoz (2021) quien indicó que, al implementar este mismo método en la realidad Española, también generó beneficios para la institución, gracias a su aplicación se logró reconocer la naturaleza de consecuencias y eventos, corroborando su eficacia. Similar resultado se presentó por Ramírez et al. (2021) y en el estudio de Filimonos y Gorina (2021), quien resalta la importancia de emplear diferentes metodologías preventivas para riesgos laborales, ya que cada una cuenta con cierto nivel de eficacia, todas con el objetivo de reducir los accidentes y mejorar el nivel de seguridad ocupacional.

En la investigación de Olartegui (2021) se indica que es necesario que toda unidad minera cuente con un sistema de gestión de peligros, con el objetivo de reducir los accidentes laborales, los cuales pueden, como fue en el caso presente, el **Bow Tie**, que cuenta con una eficacia adecuada, permitiendo que la seguridad ocupacional de los trabajadores sea alta. En la tesis de Chávez (2017) y Chocca y Ñauí (2021) también se enfatiza en la importancia de contar con un sistema que gestione los riesgos dentro de las empresas, estas metodologías pueden ser tomadas o en otros casos, la propia institución puede optar por desarrollar sistemas, que garanticen la seguridad de su personal. Otro estudio que aportó a la investigación fue la realizada por Cárcamo (2017) quien señaló que la metodología de **Bow Tie** es fundamental para reconocer los riesgos principalmente en alérgenos, e incorporar controles y tratamientos para la mejora de la calidad de los productos. Con la aplicación de esta metodología la mayoría de los accidentes se evitan merecidamente, porque brinda mayor seguridad a sus

trabajadores del contexto alimentario que se estudió; es decir, no solo sirve en el campo minero. En la investigación de Lozano y Pérez (2021) y Bonilla y Bonilla (2021), se aplicó el método **Bow Tie** para lograr contrarrestar el trabajo inseguro y los accidentes dentro de una institución, se comprobó una disminución de niveles de impacto relacionados a accidentes por deslizamiento de rocas y se aplicó dos controles críticos mitigadores, que mejora la seguridad y disminuye los incidentes causados por desprendimiento de rocas.

Se sabe que la metodología **Bow Tie**, permite que se analicen los riesgos y a través de ella determina las situaciones riesgosas y lo que genera a cada una de ellas, por ello es fundamental aplicarla en el área laboral, ya que permite brindar una serie de acciones que mejore la seguridad para todo el personal, garantizando hallarse seguros (CCPS (Center for Chemical Process Safety), 2018). Su implementación dentro de las unidades laborales, suele seguir una serie de procesos donde se identifican los riesgos y las medidas de control que se deben de tomar para evitarlas (Chaw, 2019).

Sobre el primer objetivo específico, el estudio encontró que el índice de frecuencia de accidentes se redujo de manera significativa en el año 2021 y 2022, luego de la aplicación de la metodología **Bow Tie** en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. A nivel de los antecedentes, se encontró resultados similares en la investigación de Muñoz (2021) quien concluye que los accidentes gracias a la aplicación del **Bow Tie** si se ven reducidos, esto por la identificación temprana de fallas que pueden generar potenciales accidentes. Similar resultado se observó en el informe de Cárcamo (2017), quien menciona que los niveles de los accidentes fueron reducidos por la identificación temprana de los riesgos, por ende, se considera una metodología con una alta eficacia. Otro informe que corrobora lo encontrado se presentó en la tesis de

Bonilla y Bonilla (2021), indicaron que La implementación de este sistema puede optimizar la producción, el talento y los recursos para lograr las especificaciones. Con un seguimiento personalizado por región, se reducen los índices de accidentabilidad y gravedad de la compañía. Concluyendo que el **Bow tie** puede controlar eficazmente los riesgos en diferentes niveles. En el estudio de Talavera (2019) y Choquehuanca (2019) se presentaron resultados similares respecto a la frecuencia de accidentes dentro de las organizaciones que analizaron, encontrando que el **Bow Tie** es una metodología eficaz que, si ayuda a la reducción de accidentes, ya que brinda la oportunidad de identificarlos antes de ser considerados un riesgo.

Entonces, en los resultados se evidencia que la metodología logra reducir el índice de frecuencias dentro del trabajo, garantizando la seguridad laboral, por ello es importante su aplicación, a través de ella se puede lograr estandarizar la metodología una serie de acciones que permiten garantizar la protección de las operaciones (APSSOMA, 2021). A ello se acopla que Das et al. (2021) informan que el **Bow Tie** es una herramienta eficiente para mejorar la gestión y mostrar las principales causas de accidentes ocupacionales, tras las medidas de seguridad optadas, que resultan insuficiente frente a la probabilidad de incertidumbre y ocurrencia de eventos inesperados.

Sobre el segundo objetivo específico, se halló que la aplicación de la metodología **Bow Tie** logro reducir significativamente el índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC., Similares resultados fueron encontrados en la investigación de Muñoz (2021) donde se evidencia que la metodología aplicada, ayudó a reducir la severidad que presentaron los accidentes laborales, esto porque permitió que se identifiquen y sean tratados a tiempo, mejorando así la salud ocupacional. En el estudio de Cárcamo (2017) se encontró un resultado similar donde indica que el **Bow Tie** es una investigación relevante por

ayuda a reducir la severidad, ya que se implementan una serie de acciones que reducen el impacto del accidente o riesgo. En la investigación de Bonilla y Bonilla (2021) y Talavera (2019) se encontraron resultados que apoyan a la investigación indicando que la severidad tiene un índice significativo de reducción, esto debido a las metodologías aplicadas, las cuales presentaron un nivel eficiente, permitiendo mejorar la seguridad ocupacional. En el estudio de Talavera (2019) se demostró que la aplicación de métodos ayuda a la reducción de riesgos operacionales y su nivel de gravedad se ve reducido, garantizando así el desarrollo de los trabajadores eficazmente, siendo necesario que constantemente estas metodologías se vayan revisando y mejorando de acuerdo a la realidad de la institución.

El estudio demostró que el índice de severidad se ve reducido por el **Bow Tie**, esto gracias a que es método eficiente para mejorar la gestión de riesgos y adoptar estrategias para mitigar efectos de incertidumbre y la ocurrencia de eventos inesperados (Das et al., 2021; Zurheide et al., 2021). Mediante su aplicación, dentro de la institución se muestran los resultados de gestión de peligro y sus efectos de manera gráfica y simbólica, los cuales permiten disminuir su severidad dentro del área de trabajo (Boult & McCulloch, 2018). Para reducir la severidad, es importante según Tacias (2019) realizar un análisis de barreras y gestiones preventivas como reactivas, para un efecto de control y auditoría, cabe señalar que no es un sistema que encuentra peligros, situando las amenazas relevantes de una operación.

Sobre el tercer objetivo específico, la investigación concluyó indicando que tras la aplicación de la metodología **Bow Tie**, el índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC., se redujo de manera significativa. A nivel de los antecedentes, en trabajos anteriores se encontraron resultados similares, como es el caso de Muñoz (2021), en su investigación relacionada a la herramienta **Bow Tie** también logró

demostrar que el índice de accidentabilidad tuvo reducciones, esto debido a las acciones tomadas frente a los riesgos y amenazas, permitiendo que sean mejor controladas y en algunos casos erradicadas. Similar resultado fue apoyado por Cárcamo (2017), en su investigación señaló que el nivel de eficiencia presentado por el **Bow Tie** se puede reducir satisfactoriamente el nivel de accidentabilidad, garantizando mejor la seguridad laboral, ello reduce el miedo a realizar su trabajo en un área inestable como sucede dentro de las mineras. En el estudio de Bonilla y Bonilla (2021) y Talavera (2019) se identificaron resultados similares a la accidentabilidad, según mencionan la aplicación de una serie de acciones guiadas por los diferentes métodos en este caso el **Bow Tie**, el cual en ambos estudios presentó resultados eficientes en relación a la accidentabilidad, el cual fue reducido en gran medida.

El método **Bow Tie** Los intentos de reducir los índices de accidentes dentro de las instituciones en cuestión. Según la teoría, esto es posible porque el enfoque de barrera **Bow Tie** primero aborda los pasos de análisis y gestión de riesgos, y luego decide dónde y cómo tratar el riesgo. Proporcionar apoyo para realizar y documentar evaluaciones de riesgos de una manera que sea fácil de entender para los empleados (Zurheide, Hermann, & Lampesberger, 2021). Por ello, es importante la implementación de los métodos para mejorar de la calidad del análisis de suministro y los gráficos de suministro para su organización o industria. Esta importante el análisis de bloqueo de carga, donde el **Bow tie**, logra prevenir y minimizar las rutas de accidentes, especialmente con accidentes graves (CCPS (Center for Chemical Process Safety), 2018).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Como conclusión general, la aplicación de la metodología **Bow Tie** redujo significativamente los accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. Esto ya que, después de la aplicación del **Bow Tie**, solo se registró 1 accidente entre 2021 y julio del 2022. Mientras que antes del **Bow Tie**, anualmente ocurrían 5 accidentes, observando una clara reducción en la cantidad de accidentes totales, y una reducción significativa en el promedio anual de accidentes.
- Como primera conclusión específica, se halló que la aplicación de la metodología **Bow Tie** logró reducir significativamente el índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. Esto ya que, el p-valor de la prueba U de Mann Whitney fue de, $0.00 < 0.05$; estableciendo que las observaciones del índice de frecuencia, antes de la aplicación del **Bow Tie** (2016-2020) son independientes que las observaciones después de su implementación (2021-2022). Asimismo, el índice se redujo de manera significativa, pasando de un rango de 45.58 a un rango de 22.37.
- Como segunda conclusión específica, se encontró que la aplicación de la metodología **Bow Tie** logró reducir significativamente el índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. El resultado se corrobora con un p-valor de $0.00 < 0.05$ en la prueba U de Mann Whitney, señalando que las

observaciones del índice de severidad antes y después de la aplicación del **Bow Tie** son independientes. Además, los valores del índice de severidad después de la aplicación de dicha metodología se redujeron de rango de 45.72 a un rango de 21.95.

- Como tercera conclusión específica, se halló que la aplicación de la metodología **Bow Tie** logró reducir significativamente el índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. Esto porque el p-valor calculado de la prueba U de Mann Whitney fue de $0.00 < 0.05$, indicando que las observaciones del índice de accidentabilidad antes y después de la aplicación del **Bow Tie** son independientes. Asimismo, se observa una reducción entre los rangos del índice de accidentabilidad, pasando de un rango de 45.60 a un rango de 22.32.

Recomendaciones

- Al centro minero se le recomienda la implementación de la metodología **Bow Tie** para reducir los accidentes en otras unidades mineras de la empresa Robocon Servicios SAC.
- A la empresa Robocon Servicios SAC., se le recomienda instruir a todo el personal en relación al trabajo que debe realizarse por parte de cada uno de ellos. Asimismo, los directores y líderes deben de promover las acciones adecuadas con su ejemplo, para que se pueda disminuir más el índice de severidad, conjuntamente con la aplicación del **Bow Tie**.
- A los líderes encargados de la aplicación metodológica, se les recomienda adaptarlo a la realidad, de acuerdo a los pasos a seguir, permitiendo así un mejor desarrollo, y la aplicación

eficiente de las medidas preventivas, para asegurar la seguridad del personal, etc.

- A los trabajadores de la empresa Robocon Servicios SAC., se les recomienda cumplir con el correcto uso de equipos e instrumentos cuando se realiza la recopilación de datos in situ. Además, se debe realizar la capacitación del grupo de trabajo de los colaboradores líderes que integran al centro minero, como lo indican los cronogramas establecidos a través de organizaciones con experiencia práctica en el campo.

Referencias Bibliográficas

- Alonso, C. (06 de Octubre de 2021). *Accidentes laborales: la siniestralidad se acerca a cifras prepandemia*. Obtenido de newtral.es: <https://www.newtral.es/accidentes-laborales-siniestralidad-laboral-2021/20211006/>
- APSSOMA. (2021). *Metodología "Bow Tie"*. Lima, Perú: Asociación Peruana de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Obtenido de <https://apsoma.org/onewebmedia/Manual%20de%20autoinstrucci%C3%B3n%20Bow%20Tie.pdf>
- Bonilla, F., & Bonilla, I. (2021). *Implementación del sistema de gestión de seguridad aplicando la Metodología Bow Tie en análisis de riesgos en Volcan Compañía Minera S.A.A.-U.E.A. Cerro S.A.C.* Huancayo, Perú: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, Ingeniero de Minas.
- Boult, M., & McCulloch, P. (2018). *Introduction to the CCPS/Energy Institute. Process Safety book: "Bow Ties in Risk Management"*. Planned Publication. Obtenido de <https://www.cgerisk.com/wp-content/uploads/DNV-GL-CGE-Co-writers-view-on-the-upcoming-book-of-CCPS-Energy-Institute-on-process-safety-bowties-in-risk-management.pdf>
- Briceño, M., & Godoy, E. (2012). *Daena: International Journal of Good Conscience*. 7(1) 38-56. Abril 2012. ISSN 1870-557X, 38-56.
- Briceño, M., & Godoy, E. (2012). Riesgos laborales: un nuevo desafío para la gerencia. *Daena: International Journal of Good Conscience*. 7(1) 38-56. Abril 2012. ISSN 1870-557X, 7(1), 38-56.
- Cárcamo, J. (2017). *Evaluación de Riesgo en una Industria elaboradora de cecinas*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.
- CCPS (Center for Chemical Process Safety). (2018). *Bow Ties in Risk Management, A concept book of process safety* (Primera ed.). (A. I. (AIChE), Ed.) EE.UU: Wiley-Blackwell. Obtenido de <https://www.akademika.no/bow-ties-risk-management/ccps-center-chemical-process-safety/9781119490395>
- Chávez, E. (2017). *Diseño e implementación de un programa de mejora en la seguridad en una faena minera [Tesis de Maestría]*. Universidad de Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial.

- Chaw, J. (2019). *El rol del Bow Tie en la Gestión de la Seguridad*. Tema Litoclean S.A.C. Obtenido de http://www.tema.com.pe/media/pdf-talleres-seguridad/1.-tema_juan-chaw-rev-0.pdf
- Chocca, W., & Ñahui, F. (2021). *Aplicación de un sistema de gestión de riesgos para la prevención de accidentes en la compañía minera Kolpa S.A. Unidad Operativa Huachocolpa*. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica: Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería de Minas Civil Ambiental de la Universidad Nacional de Huancavelica.
- Choquehuanca, P. (2019). *Mejoramiento del sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional en la empresa minera Publisur Torres S.R.L. - M.M.G. Las Bambas*". Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, Ingeniero de Minas.
- Díaz, J. R., Suárez, S. L., Santiago, R. N., & Bizarro, E. M. (2020). Accidentes laborales en el Perú: Análisis de la realidad a partir de datos estadísticos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(89), 312-329.
- Díaz, J., Suarez, S., Santiago, R., & Bizarro, E. (2020). Accidentes laborales en el Perú: Análisis de la realidad a partir de datos estadísticos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(89), 312-329. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/290/29062641021/html/>
- DS N° 005-TR. (2012). *Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Lima, Perú: Ministerio de Trabajo.
- Echemendía, B. (2011). Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiol*, 49(3), 50.
- Espinoza, C. (2010). *Metología de investigación tecnológica* (Primera ed.). Huancayo, Perú: Gráfica SAC. Recuperado el 21 de marzo de 2022, de <https://ciroespinoza.files.wordpress.com/2012/01/metodologc3ada-de-investigac3b3n-tecnolc3b3gica.pdf>
- Gallardo, E. (2017). *Metodología de la Investigación: manual autoformativo interactivo* (Primera ed.). Huancayo, Perú: Universidad Continental, Facultad de Ciencias de la Empresa, Metodología de la Investigación (UC0584). Recuperado el 23 de Marzo de 2022, de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4278>
- García, A. A. (2021). El Riesgo Biológico. 1-4.
- Gibaja, W. (2021). *Prevención de riesgos en la seguridad y salud ocupacional del personal de operaciones de la Central Hidroeléctrica Machupicchu, periodo 2018*. Cusco, Perú:

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela de Posgrado,
Magister en Gestión Pública y Desarrollo Empresarial.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). México D.F.: McGraw Hill Education.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2013). *Manual para el profesor de seguridad y salud en el trabajo*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

José Manuel Calizaya López, F. M. (2020). Riesgos psicosociales en el trabajo en colaboradores de una empresa minera de Arequipa. *VÉRITAS Vol. 21 N°2*, 25-30.

Khalid, A., Zafar, A., Aizaz, M., & Mushtaq, R. (2012). Role of Supportive Leadership as a Moderator between Job Stress and Job Performance. *Information Management and Business Review*, 4(9), 487-495. doi:<https://doi.org/10.22610/imbr.v4i9.1004>

Kharzi, R., Chaib, R., Verzea, I., & Akni, A. (2020). A Safe and Sustainable Development in a Hygiene and Healthy Company Using Decision Matrix Risk Assessment Technique: a case study. *Journal of Mining and Environment (JME)*, 11(2). doi:10.22044/jme.2020.9156.1807

Ley 30222. (2014). *Ley que modifica la Ley 29783*. Lima: El Peruano.

Ley N° 29783. (2011). *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Lima: Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.

López-Sánchez, L., López-Sánchez, M., & Medina-Salazar, G. (2017). La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: una propuesta metodológica. *Entramado*, 13(1), 78-91. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032017000100078&lang=es

Lozano, A., & Pérez, J. (2021). *Implementación de la metodología BOW TIE para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, Unidad Minera Yauricocha*. Huancayo, Perú: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, Ingeniero de Minas. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10442/1/IV_FIN_10_TE_Lozano_Perez_2021.pdf

MINEM. (2020). *Anuario Minero*. Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas.

Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Fax Coyuntural de Accidentes Mortales - Año 2020*. Obtenido de

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/ESTADISTICA/FATALES/Fax%20Coyuntural%20del%202020.xlsx>

- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2021). Lima, : Oficina de Estadística - OGETIC.
- Miñan, G., Monja, J., Gonzales, O., Simpalo, W., & Castillo, W. (2020). Gestión de riesgos implementando la Ley peruana 29783 en una empresa pesquera. *Ingeniería Industrial*, 41(3), 1-12. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362020000300002&lang=es
- Mohan, S. (2018). Identifying and Controlling Ergonomic Risk Factors in Construction . 8(4).
- MTPE. (2018). *Propuesta de indicador de accidentabilidad laboral para Perú*. Lima: MTPE. Obtenido de http://www.trabajo.gob.pe/CONSSAT/PDF/2018/Propuesta_Indicador_Accidentabilidad_Laboral_%20Peru_.pdf
- Muñoz, A. (2021). *Aplicación de la herramienta Bow Tie para la identificación y gestión de los riesgos en instalaciones de procesos*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Dpto. Ingeniería Química y Ambiental, Máster en Ingeniería Química.
- Oficina Internacional del Trabajo. (2019). *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo*. Suiza: Oficina Internacional del Trabajo.
- OIT. (1991). *Prevención de accidentes industriales mayores*. Organización Internacional Del Trabajo.
- OIT. (27 de July de 2018). *More than half of Latin American workers are not covered by contributory social security: ILO*. Obtenido de New report highlights risks for the future of work and social protection in the region: https://www.ilo.org/americas/sala-de-prensa/WCMS_635319/lang--en/index.htm
- Olartequi, J. (2021). *Aplicación del sistema de gestión de riesgos para reducir los accidentes de trabajo en las contratistas de una unidad minera de Cusco*. Arequipa: Universidad Continental, Facultad de Ingeniería.
- ONU. (17 de Septiembre de 2021). *Cada año fallecen casi dos millones de peronas por causas laborales*. Obtenido de Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2021/09/1496862>
- OPS. (17 de Mayo de 2021). *La OMS y la OIT alertan de que las jornadas de trabajo prolongadas aumentan las defunciones por cardiopatía isquémica o por accidentes*

cerebrovasculares. Obtenido de <https://www.paho.org/es/noticias/17-5-2021-oms-oit-alertan-que-jornadas-trabajo-prolongadas-aumentan-defunciones-por>

Organización Internacional Del Trabajo. (1996). *Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales*. OIT.

Ormeño, L. (2019). Riesgo físico y enfermedades profesionales en trabajadores que operan equipos de vibración en construcciones civiles. *1*(35).

Osinermin. (2020). *Accidentes mortales en minería*. Recuperado el 17 de 04 de 2022, de Osinermin:
<https://www.osinermin.gob.pe/empresas/mineria/dashboards/accidentes-mortales-mineria>

Ramírez, M., Flores, D., & Losada, J. (2021). *Metodología de transferencia del conocimiento para prevenir los riesgos laborales en el sector de hidrocarburos*. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Mecánica, Maestría en Calidad y Gestión Integral. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/36825/2021Dayanaflorez.pdf?sequence=1>

Rubio, Blount, & Fernández. (2022). RIESGO QUÍMICO: ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN SOCIAL. *ISTAS – Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud- Área de Salud Laboral*, 48-52.

Serrano, L. C. (2021). Aplicación de la herramienta BOW-TIE para la identificación y gestión de los riesgos en instalaciones de proceso. *Trabajo Fin de Master*, 235, 61-62.
doi:DOI:10.31897/PMI.2019.1.113

Soler, R. (2018). La gestión de riesgo: el ausente recurrente de la administración de empresas. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(1), 51-62.

Talavera, A. (2019). *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional para minimizar los riesgos en la operación de muestreo de concentrado de Cobre – Empresa SGS del Perú – Unidad Minera Chinalco – Morococha – 2019*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería Metalúrgica, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica.

Tasias, A. (2019). *Gestión del riesgo mediante barreras - Bow Tie*. Lima, Perú: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Obtenido de <https://perumin.com/perumin34/assets/uploads/files/foro-tis/presentacion-final-atasias.pdf>

Vera, R., Guales, I., & Navas, Y. (2017). Principales factores de riesgo labores que afectan a los trabajadores de la salud. *Dom. Cien., ISSN: 2477-8818*, 105-130.

Vera, R., Navas, Y., & Guales, I. (2017). Principales factores de riesgo labores que afectan a los trabajadores de la salud. *Dom. Cien., ISSN: 2477-8818*, 3(2), 105-130.

Viceministerio de gestión ambiental. (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Lima: Ministerio de Ambiente.

Vicente, M. T., Capdevila, L., Ramires, M. T., López, A., Aguilar, E., & Tejedo, E. (2010). Diabetes, accidente de trabajo y daño laboral. *Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 48(4), 457-463. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4577/457745509019.pdf>

Anexos

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Título: Aplicación de la metodología *BOW TIE* para la reducción de accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.

Autor: Bach. Alata Orconi, Roly

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología <i>BOW TIE</i> en la reducción de accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología <i>BOW TIE</i> en la reducción del índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.? 	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la influencia de la aplicación de la metodología <i>BOW TIE</i> en la reducción de accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la influencia de la aplicación de la metodología <i>BOW TIE</i> en la reducción del índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. Evaluar la influencia de la aplicación de la 	<p>Hipótesis General:</p> <p>La aplicación de la metodología <i>BOW TIE</i> reduce significativamente los accidentes en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> La aplicación de la metodología <i>BOW TIE</i> reduce significativamente el índice de frecuencia en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. 	<p>Variable Dependiente:</p> <p>Aplicación de la metodología del <i>Bow Tie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Causas Medidas de control Eventos y consecuencias Medidas de recuperación <p>Variables Independientes:</p> <p>Accidentes</p> <ul style="list-style-type: none"> Índice de Frecuencia Índice de Severidad 	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>Explicativo</p> <p>Método Investigación:</p> <p>Científico</p> <p>Diseño:</p> <p>Pre-experimental</p>	<p>Población:</p> <p>212 trabajadores de la empresa Robocon Servicios SAC.</p> <p>Muestra:</p> <p>212 trabajadores de la empresa Robocon Servicios SAC.</p>	<p>Técnicas:</p> <p>Observación</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Ficha de registro de datos de indicadores de accidentes</p>

<p>Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología BOW TIE en la reducción del índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.? • ¿Cuál es la influencia de la aplicación de la metodología BOW TIE en la reducción del índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.? 	<p>metodología BOW TIE en la reducción del índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la influencia de la aplicación de la metodología BOW TIE en la reducción del índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. 	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación de la metodología BOW TIE reduce significativamente el índice de severidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. • La aplicación de la metodología BOW TIE reduce significativamente el índice de accidentabilidad en la empresa Robocon Servicios SAC. Unidad Minera San Cristóbal – Volcan Compañía Minera S.A.A. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Accidentabilidad 			
---	--	---	--	--	--	--

Anexo 2.

Instrumento de investigación

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGIA -ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BOW TIE PARA LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES EN LA EMPRESA ROBOCON SERVICIOS S.A.C.

Proyecto: _____ - Evaluador: _____ -

Ubicación: _____ - Fecha: _____ -

Área de unidad: _____ -

Indicador	Datos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Índice de frecuencia (IF)	N° de accidentes de trabajo												
	Horas hombre trabajadas												
Índice de severidad (IS)	N° de días perdidos												
	Horas hombre trabajadas												
Índice de accidentabilidad	IF												
	IS												

Indicador	Valor Inicial	Valor Final
Índice de frecuencia (IF)		
Índice de severidad (IS)		
Índice de accidentabilidad		

Anexo 3.

Matriz de riesgos

POTENTIAL MAXIMUM CONSEQUENCE (PMC)		Salud y Seguridad	Medio ambiente	Impacto financiero	
CONSECUENCIA - CONSEQUENCE	Categoría 5	Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> Múltiples muertes (5 o más muertes en un solo incidente) Múltiples casos (5 o más) de Lesiones o Enfermedades de Daño Permanente que ocasionan discapacidades permanentes en un solo incidente 	<ul style="list-style-type: none"> No confinada y diseminada Daño o efecto ambiental (permanente; >10 años) Requiere una remediación importante 	<ul style="list-style-type: none"> >\$500M en la utilidad operativa >\$200M en daños a la propiedad
	Categoría 4	Importante	<ul style="list-style-type: none"> Un solo incidente que ocasiona: Menos de 5 Muertes Lesión o Enfermedad con Daño Permanente que ocasiona una discapacidad permanente- menos de 5 casos en un solo incidente 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto a largo plazo (2 a 10 años) Requiere una remediación significativa 	<ul style="list-style-type: none"> \$100-500M en la utilidad operativa \$50-200M en daños a la propiedad
	Categoría 3	Moderado	<ul style="list-style-type: none"> Lesión con Tiempo de Trabajo Perdido (LTI) Enfermedad con Tiempo de Trabajo Perdido (LTD) Lesión Discapacitante Permanente (PDI) Enfermedad Discapacitante Permanente (PDD) Un solo incidente que ocasiona múltiples tratamientos médicos 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto a mediano plazo (<2 años) (normalmente dentro de un año) Requiere remediación moderada 	<ul style="list-style-type: none"> \$50-100M en la utilidad operativa \$5-50M en daños a la propiedad
	Categoría 2	Menor	<ul style="list-style-type: none"> Lesión con Tratamiento Médico (MTI) Enfermedad con Tratamiento Médico (MTD) Lesión con Trabajo Restringido (RWI) Enfermedad con Trabajo Restringido (RWD) 	<ul style="list-style-type: none"> Cerca de la fuente Impacto a corto plazo (normalmente <semana) Requiere remediación menor 	<ul style="list-style-type: none"> \$5-50M en la utilidad operativa \$1-5M en daños a la propiedad

	Categoría 1	Insignificante	<ul style="list-style-type: none"> • Lesión de Primeros Auxilios (FAI) o dolencia (no considerada como una enfermedad o trastorno) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cerca de la fuente y confinada • Inexistencia de daño o efecto ambiental duradero (normalmente <día) • Requiere remediación menor o no requiere remediación 	<ul style="list-style-type: none"> • <\$5M en la utilidad operativa • <\$1M en daños a la propiedad
--	--------------------	-----------------------	---	--	---

		POTENTIAL MAXIMUM CONSEQUENCE (PMC)	Imagen y reputación / comunidad	Legal y cumplimiento
CONSECUENCIA - CONSEQUENCE	Categoría 5	Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de múltiples clientes importantes o una gran proporción de los contratos de venta. • Campaña sostenida por parte de una o más ONGs que tiene un impacto físico en los activos o en la pérdida de la capacidad para operar. • Incidente de seguridad que ocasiona múltiples muertes o daño importante a los equipos. • Expresión formal de insatisfacción importante por parte del gobierno. • Reclamos de las partes involucradas internas o externas alegando violación de los derechos humanos que ocasiona múltiples muertes 	<ul style="list-style-type: none"> • Litigio/proceso judicial importante a nivel corporativo de Glencore • Nacionalización / pérdida de licencia para operar
	Categoría 4	Importante	<ul style="list-style-type: none"> • Incidente de seguridad/partes involucradas que ocasiona una sola pérdida de la vida o daño a los equipos • Reclamo de una parte involucrada interna o externa alegando violación de los derechos humanos que ocasiona una sola muerte o lesiones graves 	<ul style="list-style-type: none"> • Litigio / proceso judicial importante a Nivel de Departamento

			<ul style="list-style-type: none"> • Tema de amplia preocupación y criticismo por parte de la sociedad • Cobertura negativa de los medios a nivel internacional que genera una Declaración de la Empresa dentro de las 24 horas • Investigación del gobierno y/o ONGs internacionales (o de alto perfil) • Quejas de múltiples clientes "finales" • Pérdida de un cliente importante • Impacto negativo sobre el precio de las acciones 	
	Categoría 3	Moderado	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura negativa de los medios a nivel nacional por más de un día • Queja de un cliente "final" • Producto que no cumple con las especificaciones • Acción de una parte interesada local que genera el escrutinio de la sociedad a nivel nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Litigio/proceso judicial importante a nivel de Operación
	Categoría 2	Menor	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura negativa de medios locales/ Reclamo recibido de una parte involucrada interna o externa 	<ul style="list-style-type: none"> • Incumplimientos de normas que ocasionan una multa o litigio
	Categoría 1	Insignificante	<ul style="list-style-type: none"> • Interés insignificante de los medios 	<ul style="list-style-type: none"> • Incumplimientos de normas sin generar una multa o litigio

Bases de la clasificación	CRL - CURRENT RISK LEVEL				
	PROBABILIDAD - LIKELIHOOD				
	E - Raro	D - Improbable	C - Posible	B - Probable	A – Casi Seguro
<ul style="list-style-type: none"> • POR TODA LA VIDA • POR EL PERÍODO DEL PROYECTO • PERÍODO DE PRUEBA O FIJO • NUEVO PROCESO / PLANTA / R&D 	<ul style="list-style-type: none"> • Improbable que ocurra durante toda la vida • Muy improbable que ocurra • No se conocen ocurrencias en la industria mundial más amplia 	<ul style="list-style-type: none"> • Podría ocurrir una vez durante toda la vida • Muy improbable que ocurra • No se conocen ocurrencias en la industria mundial más amplia 	<ul style="list-style-type: none"> • Podría ocurrir más de una vez durante toda la vida • Es tan probable que ocurra como que no ocurra • Ha ocurrido por lo menos una vez en las industrias de minería/comercialización de mercancías 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ocurrir aproximadamente una vez al año • Es más probable que ocurra a que no ocurra • Ha ocurrido por lo menos una vez dentro de Glencore 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ocurrir varias veces al año • Se espera que ocurra • Ha ocurrido varias veces dentro de Glencore
	15 (M)	19 (H)	22 (H)	24 (H)	25 (H)
	10 (M)	14 (M)	18 (H)	21 (H)	23 (H)
	6 (L)	9 (M)	13 (M)	17 (H)	20 (H)
	3 (L)	5 (L)	8 (M)	12 (M)	16 (M)
	1 (L)	2 (L)	4 (L)	7 (M)	11 (M)
RIESGO PURO 24(H)					
RIESGO CON CONTROL ACTUAL 14 (M)					

Anexo 4.
Plan de acción para trabajo en caliente

	Control	Clasificación	Acción	Fecha de implementación	Fecha de cierre
1	Contar con stock de revelador de energía.	Critico	Evidenciar la cantidad de revelador de energía en stock.	30/11/2021	30/12/2022
2	Registro y seguimiento de certificación (VRD) de operatividad de la máquina de soldar.	Critico	Contar con el certificado de operatividad de la máquina de soldar.	30/11/2021	30/11/2022
3	Política PARE, en caso de que la máquina de soldar presente fallas.	Critico	Aplicar la política PARE, por fallas de la máquina de soldar.	30/11/2021	30/11/2022
4	Contar con stock de biombos y mantas ignifugas según la frecuencia.	Critico	Seguimiento a la cantidad de stock de biombos y mantas ignifugas.	30/11/2021	30/01/2022
5	Cubrir las partes inflamables de los equipos con mantas ignifuga antes de realizar trabajos en caliente.	Critico	Implementación de mantas ignífugas para realizar trabajo en caliente en equipos móviles.	30/11/2021	30/01/2022
6	Programa de mantenimiento de esmeril y amoladora según el manual del equipo.	Critico	Cumplimiento del programa de mantenimiento de esmeril y amoladora.	30/11/2021	30/01/2022

Plan de acción de controles implementados para izaje de cargas

	Control	Clasificación	Acción
1	Uso de tabla cálculo de elementos de izaje según el peso de la carga.	Critico	Asegurar el uso de la tabla de cálculo antes de realizar el izaje de carga.
2	Certificaciones de calidad y operatividad de los equipos de izaje.	Critico	Contar con los certificados de calidad y operatividad de los equipos de izaje.

3	Aplicar el PARE de la actividad y retirar de la operación el equipo, elementos y/o accesorios de izaje.	Critico	Capacitación en la política PARE, en caso de tener elementos y/o accesorios de izaje que presenten daños.
4	Prohibición de modificación de los accesorios de izaje.	Critico	Capacitación en la prohibición de modificación de los accesorios de izaje.
5	Retirar equipos de izaje inoperativos de la operación.	Critico	Almacenar en un lugar adecuado para evitar el uso de los equipos de izaje que fueron retirados de la operación.
6	Prueba de alcoholtest al personal que realiza la operación de izaje de cargas (camión grúa).	Critico	Mantener el programa de calibración y certificados a disposición
7	Sistema de detección de fatiga y somnolencia al personal que realiza la operación de izaje de cargas (camión grúa).	Critico	Monitoreo constante del sistema de fatiga y somnolencia del personal.
8	Evaluación técnica de los puntos de anclaje en la cuba para su izaje.	Critico	Realizar la evaluación técnica de los puntos de anclaje.
9	Contar con equipo de detección de tormentas eléctricas.	Critico	Mantener el programa de calibración y certificados a disposición
10	Instalación de sirenas para avisar el PARE de las actividades del personal del taller, ante condiciones atmosféricas desfavorables.	Critico	Realizar la compra de sirena para su instalación.

Plan de acción para instalación y desinstalación de llantas

	Control	Clasificación	Acción
1	Mantener actualizado y documentado la hoja de perfil de puesto.	Critico	Constatar que el documento se encuentre actualizado.
2	Asegurar la dotación de tacos de madera (para mantenimientos) y seguimiento de stock en el almacén.	Critico	Seguimiento de stock de tacos de seguridad.
3	Certificación de operatividad de la gata hidráulica de mando a distancia.	Critico	Registro y seguimiento de certificación de operatividad de la gata hidráulica de mando a distancia.

4	Certificación de operatividad de los caballetes regulables.	Critico	Registro y seguimiento de certificación de operatividad de los caballetes regulables.
5	Aplicar el PARE, si se tiene observaciones respecto la gata de mando a distancia y caballetes.	Critico	Capacitación al personal en la política PARE.
6	Asegurar la dotación de las mangueras aceradas.	Critico	Seguimiento de stock de mangueras aceradas.
7	Programa de seguimiento a la certificación de los caballetes según el código de identificación.	Critico	Cumplimiento del programa de certificación de los caballetes según la codificación.

Plan de verificación de controles para manejo de llantas y aros

	Control	Entrega de evidencia	Calidad del control
1	Verificar mediante prueba en vacío la presión de los neumáticos antes de ser ensamblado (Equipo pesado y liviano)	Trimestral	Bueno 90-95%
2	Realizar el inflado utilizando un sistema automático que asegure que no se sobre pase el límite de presión. (Uso de compresora calibrada y certificada, manómetro digital calibrado, mangueras de alta presión certificadas, kit de conectores y accesorios de alta presión certificados)	Trimestral	Bueno 90-95%
3	Delimitar y bloquear la zona de traslado de neumático en el taller y mina	Mensual	Bueno 75-90%
4	Analizar y definir equipo de izaje a utilizar para la actividad relacionada al montaje de neumático de gran dimensión en equipos de bajo perfil minero	Bimensual	Bueno 90-95%
5	Todos los caballetes de soporte deben ser certificados y con un factor de seguridad 1 a 5. Se debe utilizar gata tipo lagarto. Cumplir con el mantenimiento programado de las gatas.	Mensual	Bueno 90-95%
6	Utilizar equipo adecuado para enllante y desenllante de neumáticos, debe estar certificado por la empresa fabricante	Bimensual	Bueno 90-95%
1	Asegurar que la capacidad de carga (TKPH) del neumático corresponda al TKPH requerido para el trabajo del equipo.	Trimestral	Bueno 90-95%
2	Contar con vigía durante el inflado del neumático	Trimestral	Bueno 75-90%

	Control	Entrega de evidencia	Calidad del control
3	Asegurar que la presión de inflado se mantenga dentro de la capacidad del neumático y que no se suelten los seguros del aro	Bimensual	Bueno 90-95%
4	Uso de nitrógeno en lugar de aire (minimizar la probabilidad de explosión)	Semestral	Bueno 90-95%
5	Implementar perfil de puesto para técnico de neumático. Selección de personal de acuerdo a perfil de puesto	Anual	Bueno 75-90%
6	Realizar entrenamiento a cargo de la empresa especializada y autorización por parte de Volcan al personal técnico en neumáticos (incluir en el programa anual de capacitación de la empresa especializada)	Anual	Bueno 75-90%
7	Cumplir el Estándar de Gestión para el Control de Fatiga y Somnolencia. Realizar el test de fatiga al técnico de neumático	Semestral	Bueno 75-90%
8	Realizar el traslado de neumáticos utilizando un equipo manipulador	Semestral	Bueno 90-95%
9	En caso de reparación interna, solo podrán repararse en la unidad los cortes menores a 5 cm. Se debe utilizar el Procedimiento de Reparación de Neumáticos,	Bimensual	Bueno 90-95%
10	En caso de reparación interna, durante el parchado cumplir con las especificaciones del uso de parches de acuerdo al tipo de neumático a ser reparado y verificar la calidad del parchado asegurando que no exista fuga de aire durante el inflado	Bimensual	Bueno 90-95%
11	En caso de reparación externa, verificar las pruebas de presión de trabajo en el certificado control de calidad de neumáticos cortado / reencauchado (Equipo pesado y liviano)	Trimestral	Bueno 90-95%
12	Todos los accesorios de izaje deben ser certificados y con un factor de seguridad 1 a 5, tener una memoria de cálculo, mantener en registro el inventario de maniobras y mantenimiento según el fabricante. La utilización e instalación deben estar incluidas en el plan de maniobra y autorizada por personal competente, certificado y autorizado.	Mensual	Bueno 90-95%
13	Estricto cumplimiento del mantenimiento según fabricante antes del uso de accesorios de izaje de carga del equipo (inspección de cables, inspección de	Trimestral	Bueno 90-95%

	Control	Entrega de evidencia	Calidad del control
	pasadores, pruebas de cables por descarte lógico ejemplo: hilos cortados en un metro en un mismo Toron)		
14	Designar accesorios de izaje exclusivos para la manipulación de neumáticos (grilletes, cadenas, eslingas, estrobos)	Trimestral	Bueno 90-95%
15	Señalizar y bloquear la zona de izaje con letreros de advertencia y cordón de bloqueo. Prohibir el ingreso de personas y equipos ajenos a esta actividad al área de trabajo.	Mensual	Bueno 75-90%
16	Definir un ambiente para almacenamiento de neumáticos de acuerdo a los equipos a utilizar para la manipulación y equipos a realizar mantenimiento. Realizar diseño de las estructuras del área de almacenamiento	Semestral	Bueno 90-95%
17	Utilizar gatas tipo botella para manipulación de neumáticos en mina manteniendo la distancia de operación. Cumplir con las recomendaciones de cambio de neumático indicada por el fabricante	Bimensual	Bueno 90-95%
18	Realizar el procedimiento de bloqueo de energías del equipo antes de iniciar la manipulación de los neumáticos	Mensual	Bueno 75-90%
19	Realizar inspección a los neumáticos por parte del personal de mantenimiento y operador del equipo, verificar desgaste, presión y cortes	Mensual	Bueno 75-90%
20	Instalar sistemas con sensores de presión y temperatura de neumáticos que permitan medir y registrar las tendencias y problemas durante la operación de los neumáticos	Semestral	Muy Bueno 95-98%
21	Asegurar el mantenimiento de las vías donde transitan equipos de bajo perfil. Sensibilizar a los operadores de equipos en el cuidado de los neumáticos durante la operación	Trimestral	Bueno 90-95%
22	Retiro de neumáticos de los equipos a los que se realizará trabajos en caliente (solo de la zona a intervenir)	Mensual	Bueno 90-95%
1	Factor de escala miento Estandarizar el check list de verificación de pruebas en vacío de neumáticos antes de ser ensamblados (Equipo pesado y liviano)	Mensual	Bueno 90-95%
2	Informe trimestral de pruebas en vacío de neumáticos antes de ser ensamblados.	Mensual	Bueno 90-95%

	Control	Entrega de evidencia	Calidad del control
3	Auditoria de verificación de las pruebas en vacío de los neumáticos antes de ser ensamblados.	Mensual	Bueno 90-95%
4	Verificar la calibración y certificación del sistema de inflado de neumáticos	Mensual	Bueno 90-95%
5	Evaluar la competencia del personal que realiza el inflado de neumáticos con un periodo trimestral	Mensual	Bueno 90-95%
6	Verificar la disponibilidad de los accesorios de bloqueo de área para el traslado de neumáticos	Mensual	Bueno 90-95%
7	Auditoria de verificación del bloqueo de área en el traslado de los neumáticos con periodo bi mensual.	Mensual	Bueno 90-95%
8	Verificar la certificación y operatividad del equipo de izaje a utilizar para la actividad relacionada al montaje de neumático de gran dimensión en equipos de bajo perfil minero	Mensual	Bueno 90-95%
9	Implementar check list de pre uso del sistema de izaje para la actividad relacionada al montaje de neumático	Mensual	Bueno 90-95%
10	Evaluar la competencia del personal que realiza el izaje para la actividad relacionada al montaje de neumáticos con un periodo trimestral	Mensual	Bueno 90-95%
11	Auditoria de verificación de la actividad de montaje de neumáticos donde se utilicen sistema de izaje con periodo trimestral.	Mensual	Bueno 90-95%
12	Verificar la certificación y operatividad de los caballetes y gatas hidráulicas tipo lagarto.	Mensual	Bueno 90-95%
13	Estandarizar check list de pre uso de caballetes y gatas hidráulicas tipo lagarto para las actividades de cambio de neumático.	Mensual	Bueno 90-95%
14	Evaluar la competencia del personal que haga uso de los caballetes y gatas hidráulicas con un periodo trimestral.	Mensual	Bueno 90-95%

	Control	Entrega de evidencia	Calidad del control
15	Auditoria de verificación del uso de caballetes y gatas hidráulicas durante el cambio de neumáticos con periodo trimestral.	Mensual	Bueno 90-95%
16	Verificar la certificación y operatividad del equipo de enllante y desenllante	Mensual	Bueno 90-95%
17	Estandarizar check list de pre uso del equipo de enllante y desenllante.	Mensual	Bueno 90-95%
18	Evaluar la competencia del personal que haga uso del equipo de enllante y desenllante.	Mensual	Bueno 90-95%
19	Auditoria de verificación del uso del equipo de ellante y desenllante con periodo trimestral.	Mensual	Bueno 90-95%
1	Activar el plan de preparación y respuesta ante una emergencia	Anual	Bueno 90-95%
2	Personal brigadista entrenado	Anual	Bueno 75-90%
3	Uso jaula de inflado certificada y adecuadamente instalada.	Trimestral	Bueno 90-95%
4	Cumplir con la distancia de seguridad entre la jaula y el vigía de inflado, mínimo 3 metros.	Trimestral	Bueno 75-90%
1	Verificar el plan de respuesta a emergencia en el manejo de aros y llantas		
2	Evaluar competencias físicas y de conocimiento cada 3 meses al personal de la brigada.		

Plan de acción de controles implementados para manejo de llantas y aros

		Control	Plazo
1	Controles preventivos	Implementar un manipulador de neumáticos.	28/02/2023
2		Implementar el uso de nitrógeno para inflado de neumático	28/02/2023
3		Implementar taller con mayores dimensiones para los equipos trackles	28/02/2023
4		Implementar Gato Neumático de 50 TN	28/02/2023
1	Controles de mitigación	Capacitar y entrenar a los brigadistas de las empresas contratistas para primera respuesta ante una emergencia.	28/02/2023
2		Capacitación técnicamente a los trabajadores y supervisores en el uso y cuidado de neumáticos.	28/02/2023

Plan de acción de controles implementados para sostenimiento de shotcrete vía húmeda con robot y colocación de calibradores

	Control	Clasificación	Acción
1	Manómetro de presión instalado en todos los equipos robot	No critico	Asegurar los manómetros de verificación de la presión de aire en los equipos robot estén correctamente instalados y funcionando, presión de aire >3 bares
2	Elaboración del estándar de regulación de aditivo de acuerdo a los factores influyentes (filtración de agua, área realizada, zonas de fallas).	No critico	Entrega y capacitación del estándar de regulación de aditivo a todo el personal y supervisión de operaciones
3	Elaboración del estándar de técnicas de lanzado	No critico	Mantener actualizado, comunicado, disponible el estándar de técnicas de lanzado y pets de sostenimiento de shotcrete con robot

	Control	Clasificación	Acción
4	Programa de mantenimiento preventivo de los controles gtronix de equipos robot	No critico	Asegurar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo de los controles gtronix de equipos robot
5	Realizar la compra e implementación de porta calibradores estandarizadas	No critico	Seguimiento a la portabilidad de la porta calibradores en todos los equipos robot
6	Analizar la implementación de tecnología existente en el mercado internacional para controlar el espesor en el frente sostenido	No critico	Asegurar la gestión y necesidad a la Gerencia General sobre la tecnología
7	Asegurar la dotación de equipos de monitoreo de gases por cada supervisor	Critico	Verificación de la portabilidad y certificado de calibración actualizado de los equipos de monitoreo
8	Realizar la gestión de compra del equipo de medición de presión de aire	Critico	Desarrollar el monitoreo semanal de la presión de aire con el equipo de medición de aire cual será presentado al área de geo mecánica
9	Programas de mantenimiento preventivos de los equipos robot.	Critico	Reporte de indicadores de cumplimiento mensual de los programas de mantenimiento preventivos de los equipos robot.
10	Asegurar el repuesto (stock) de los componentes mayores de los equipos robot para garantizar el reemplazo oportuno.	Critico	Verificación y reporte mensual del repuesto (stock) de los componentes mayores de los equipos robot para garantizar el reemplazo oportuno.
11	Gestionar la dotación de controles gtronix stand by según la cantidad de equipos robot en la operación.	Critico	Verificación y reporte mensual de los controles gtronix stand by según la cantidad de equipos robot en la operación.
12	Gestionar la dotación de baterías de los controles gtronix stand by según la cantidad de equipos robot en la operación.	Critico	Verificación y reporte mensual de la disponibilidad de baterías de los controles gtronix stand by según la cantidad de equipos robot en la operación.
13	Instalación de calibradores en el límite del shotcrete fresco y fraguado (2 calibradores juntos en cada hastial como contra)	Critico	Inspeccionar la instalación de calibradores en el límite del shotcrete fresco y fraguado (2 calibradores juntos en cada hastial como contra)

Plan de acción de controles implementados para transporte

Control	Clasificación	Acción
1 Reporte del control de velocidades mensual de las unidades móviles	Critico	Asegurar mediante inspecciones continuas que los GPS estén disponibles y que se cumplan los registros de los valores de velocidad emitidos por estos.
2 Registro y control de los frenos de los equipos.	Critico	Compra e implementación de manómetro de presión de frenos y contar en stock (almacén).
3 Sistema de monitoreo control de fatiga y somnolencia en conductores y operadores	Critico	Registro y plan de intervención para la fatiga y somnolencia en conductores y operadores.
4 Equipo de detección de tormenta eléctrica calibrada	Critico	Programa de capacitación, registro y plan de calibración del equipo.
5 Reporte de indicadores de cumplimiento mensual de los programas de mantenimiento preventivos	Critico	Asegurar que los programas de mantenimiento se realicen semanalmente.
6 Asegurar el repuesto (stock) de los componentes mayores de los equipos para garantizar el reemplazo oportuno.	Critico	Informe y registro de ingreso de los componentes mayores de los equipos.
7 Contar con el equipo alcotest calibrada.	Critico	Programa de calibración y registro de control aleatorio del monitoreo.

Anexo 5.

Base de datos

Leyenda:

A: Periodo B: Año C: Mes D: Obreros E: Empleados F: Total Trabajadores G: Incidentes

H: Fatales I: Total de Accidentes J: Días perdidos K: Horas Hombre Trabajadas

IF: Índice de Frecuencia IS: Índice de Severidad IA: Índice de Accidentabilidad

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	IF	IS	IA
0	1	1	121	28	149	2	0	2	62	34656	57.7100646	1789.012	103.243998
0	1	2	118	28	146	1	0	1	58	32080	31.1720698	1807.98005	56.3584804
0	1	3	110	28	138	0	0	0	0	34224	0	0	0
0	1	4	110	27	137	1	0	1	32	32880	30.4136253	973.23601	29.5996353
0	1	5	109	28	137	0	0	0	0	33976	0	0	0
0	1	6	118	28	146	0	0	0	0	34988	0	0	0
0	1	7	137	29	166	1	0	1	15	41168	0	364.360668	0
0	1	8	117	28	145	1	0	1	16	34853.1429	17.0422514	704.941247	27.0288734
0	1	9	117	28	145	1	0	1	10	34881.3061	11.2325638	550.073996	16.1409984
0	1	10	116	28	144	0	0	0	0	35281.4927	8.38406293	370.373132	10.3956439
0	1	11	117	28	145	1	0	1	20	35432.5631	9.5817862	423.283579	11.8807359

0	1	12	118	28	146	2	0	2	30	35797.215	6.60580919	344.718946	9.34946452
0	2	1	141	35	176	0	0	0	0	36608	0	0	0
0	2	2	145	36	181	0	0	0	0	37648	0	0	0
0	2	3	152	37	189	1	0	1	20	40896	24.4522692	489.045383	11.9582694
0	2	4	165	37	202	1	0	1	22	43632	22.9189586	504.217088	11.5561306
0	2	5	162	37	199	2	0	2	34	42984	46.528941	790.991997	36.80402
0	2	6	175	37	212	1	0	1	16	44096	22.6777939	362.844702	8.22851738
0	2	7	167	37	204	2	0	2	45	42532	47.0234177	1058.0269	49.7520407
0	2	8	162	37	199	1	0	1	28	42984	23.2644705	651.405174	15.1545965
0	2	9	143	37	180	2	0	2	63	37340	53.561864	1687.19871	90.369508
0	2	10	144	37	181	0	0	0	0	39096	0	0	0
0	2	11	147	36	183	1	0	1	0	38064	0	0	0
0	2	12	145	37	182	1	0	1	0	37856	0	0	0
0	3	1	147	38	185	1	0	1	18	38480	25.987526	467.775468	12.1563271
0	3	2	143	37	180	1	0	1	17	37440	26.7094017	454.059829	12.1276664
0	3	3	143	36	179	1	0	1	15	37232	26.8586162	402.879244	10.820779
0	3	4	143	36	179	0	0	0	0	35800	0	0	0
0	3	5	134	36	170	0	0	0	0	33768	0	0	0
0	3	6	129	34	163	0	0	0	0	32040	0	0	0
0	3	7	127	36	163	1	0	1	15	31719	31.5268451	472.902677	14.9091294
0	3	8	122	39	161	2	0	2	34	30775	64.9878148	1104.79285	71.7980732
0	3	9	118	38	156	0	0	0	0	29263	0	0	0
0	3	10	118	30	148	1	0	1	17	29715	33.6530372	572.101632	19.2529575
0	3	11	116	31	147	0	0	0	0	28359	0	0	0
0	3	12	115	36	151	2	0	2	22	28065	71.2631391	783.894531	55.862785

0	4	1	119	35	154	1	0	1	31	30033.85	33.2957646	1032.1687	34.3668462
0	4	2	120	36	156	0	0	0	0	27465.75	0	0	0
0	4	3	121	37	158	1	0	1	31	30561.75	32.7206394	1014.33982	33.1898474
0	4	4	124	35	159	0	0	0	0	29597.55	0	0	0
0	4	5	128	33	161	0	0	0	0	29688.75	0	0	0
0	4	6	128	35	163	1	0	1	23	29445.15	33.9614504	781.113358	26.5277425
0	4	7	128	36	164	2	0	2	45	30450	65.681445	1477.83251	97.0661749
0	4	8	134	39	173	1	0	1	56	31211.25	32.0397293	1794.22484	57.4864781
0	4	9	140	40	180	1	0	1	23	32896.15	30.3986941	699.169964	21.2538538
0	4	10	145	33	178	1	0	1	10	34672.6	28.8412176	288.412176	8.3181583
0	4	11	150	35	185	1	0	1	23	34615.8	28.8885422	664.436471	19.1946011
0	4	12	122	35	157	1	0	1	17	30967.1455	32.2922887	548.968907	17.7274624
0	5	1	133	36	169	1	0	1	24	34256.925	29.1911781	700.588275	20.4509971
0	5	2	131	36	167	0	0	0	0	32452.875	0	0	0
0	5	3	132	36	168	0	0	0	0	33896.875	0	0	0
0	5	4	133	35	168	1	0	1	22	32698.775	30.5821854	672.808079	20.5759414
0	5	5	131	34	165	2	0	2	60	31728.375	63.0350593	1891.05178	119.202561
0	5	6	128	34	162	1	0	1	15	30742.575	32.5281796	487.922694	15.871237
0	5	7	127	36	163	1	0	1	18	31084.5	32.1703743	579.066737	18.6287937
0	5	8	128	39	167	0	0	0	0	30993.125	0	0	0
0	5	9	129	39	168	0	0	0	0	31079.575	0	0	0
0	5	10	131	31	162	0	0	0	0	32193.8	0	0	0
0	5	11	133	33	166	1	0	1	36	31487.4	31.7587352	1143.31447	36.3102215
0	5	12	118	35	153	1	0	1	39	29516.0727	33.879846	1321.314	44.7659148
1	6	1	146	37	183	0	0	0	0	33829.95	0	0	0

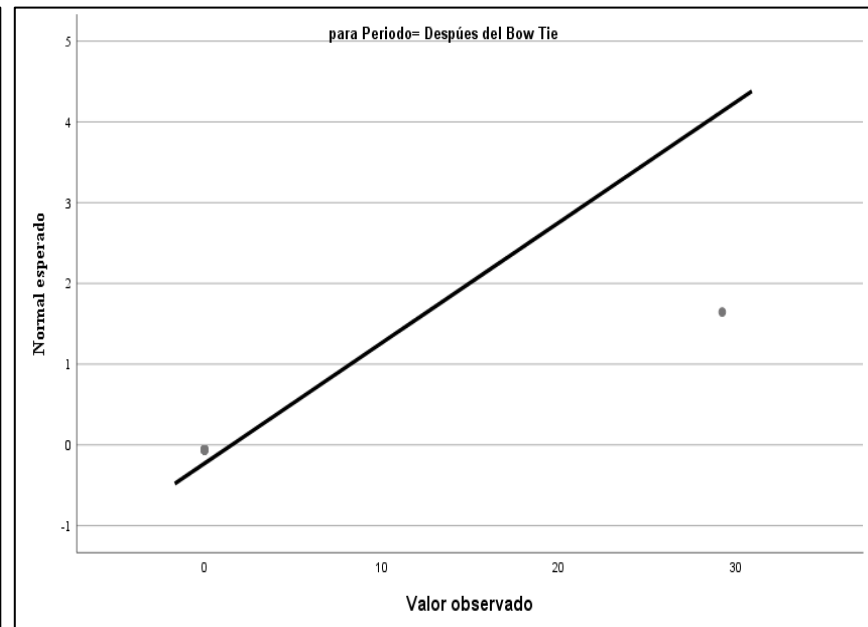
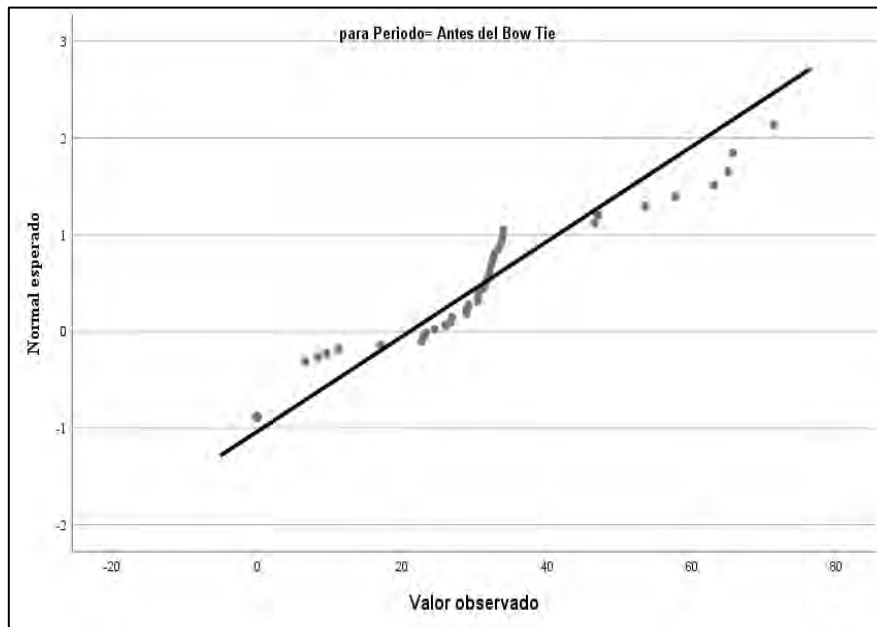
1	6	2	154	37	191	0	0	0	0	33850.25	0	0	0
1	6	3	153	36	189	0	0	0	0	36489.25	0	0	0
1	6	4	152	38	190	0	0	0	0	33901	0	0	0
1	6	5	160	36	196	0	0	0	0	36854.9	0	0	0
1	6	6	159	37	196	0	0	0	0	35119	0	0	0
1	6	7	153	36	189	0	0	0	0	35413.35	0	0	0
1	6	8	159	36	195	0	0	0	0	35616.8	0	0	0
1	6	9	154	37	191	0	0	0	0	35148.8	0	0	0
1	6	10	153	36	189	0	0	0	0	35149.45	0	0	0
1	6	11	137	49	186	0	0	0	0	35829.5	0	0	0
1	6	12	156	33	189	0	0	0	0	35179.9	0	0	0
1	7	1	164	34	198	0	0	0	0	35758.45	0	0	0
1	7	2	160	30	190	1	0	1	20	34195.2	29.2438705	584.87741	17.1040792
1	7	3	165	34	199	0	0	0	0	40590	0	0	0
1	7	4	178	41	219	0	0	0	0	39423.6	0	0	0
1	7	5	183	40	223	0	0	0	0	39179	0	0	0
1	7	6	186	45	231	0	0	0	0	43553.65	0	0	0
1	7	7	183	43	226	0	0	0	0	43979.9	0	0	0

Anexo 6.

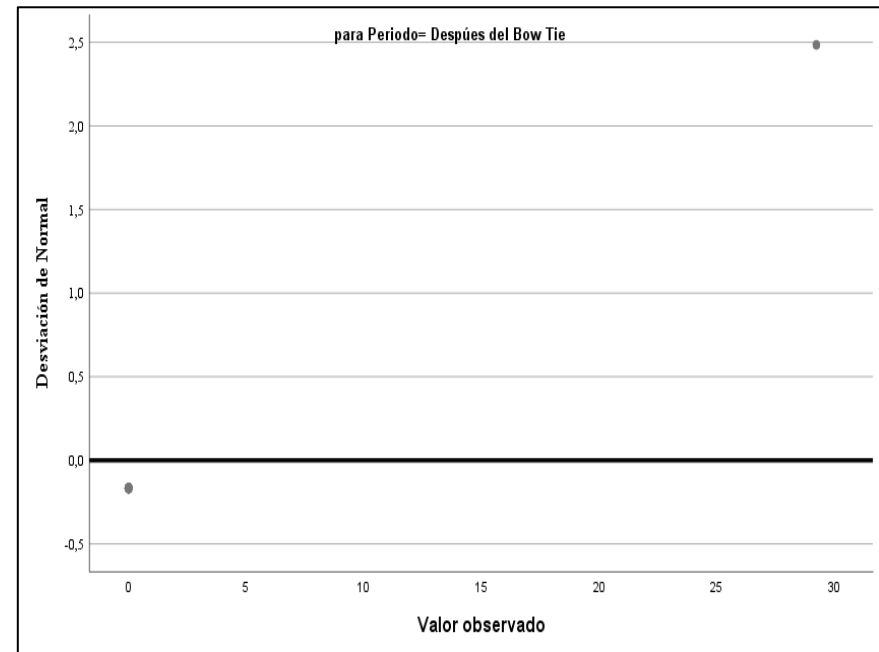
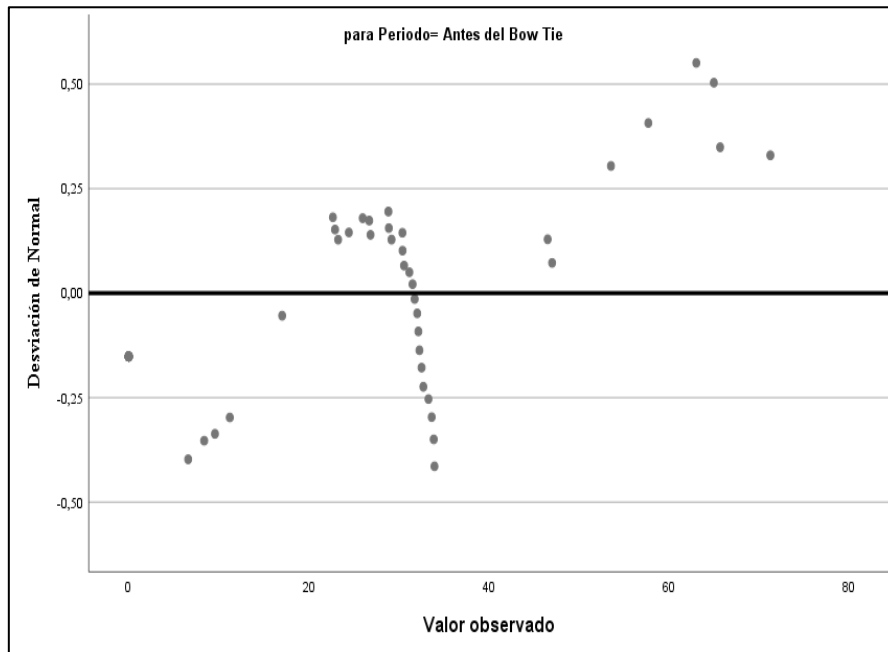
Análisis mediante el software estadístico “Statistical Páctate For the Social Sciencies” (SPSS), con datos y tablas representativas y la comparación de pruebas de hipótesis.

Índice de Frecuencia

Gráficos Q-Q normales

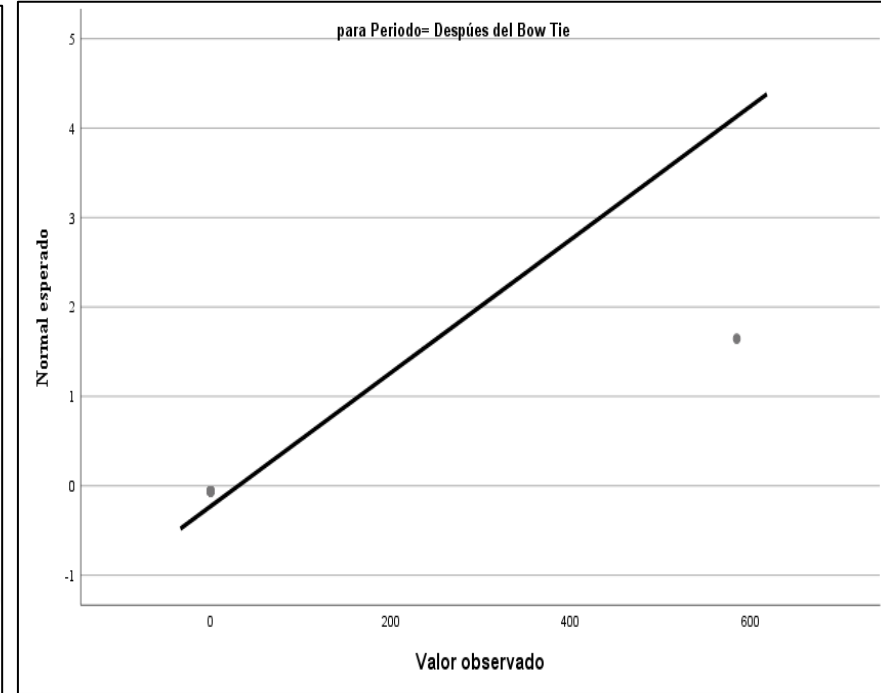
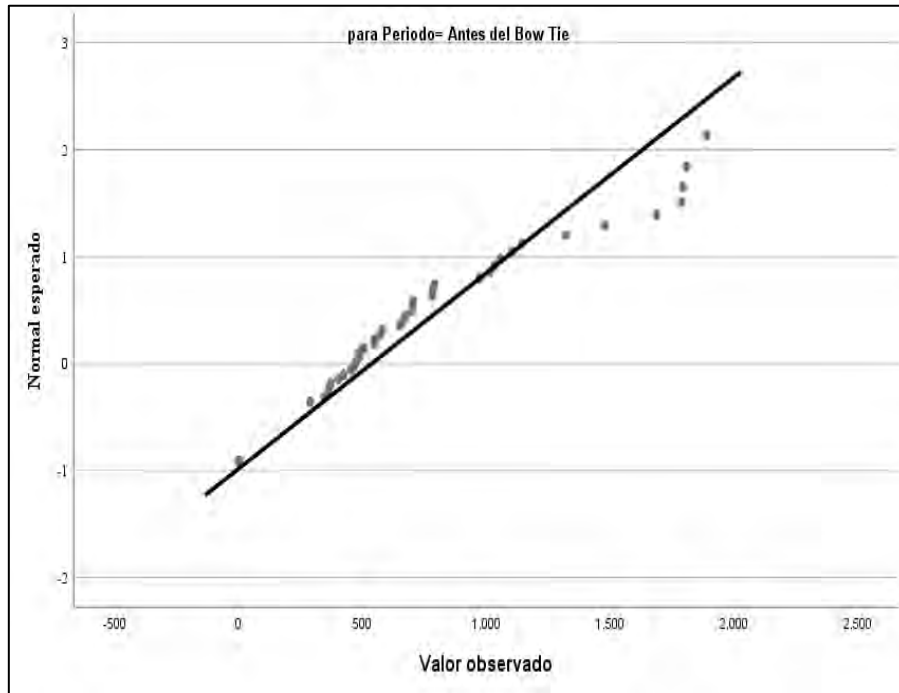


Gráficos Q-Q normales sin tendencia

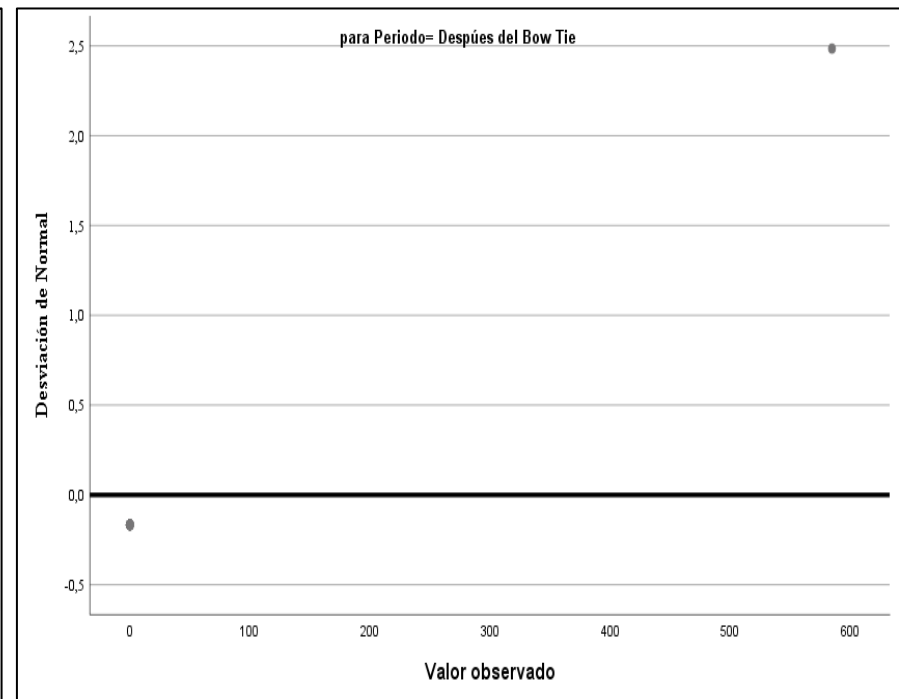
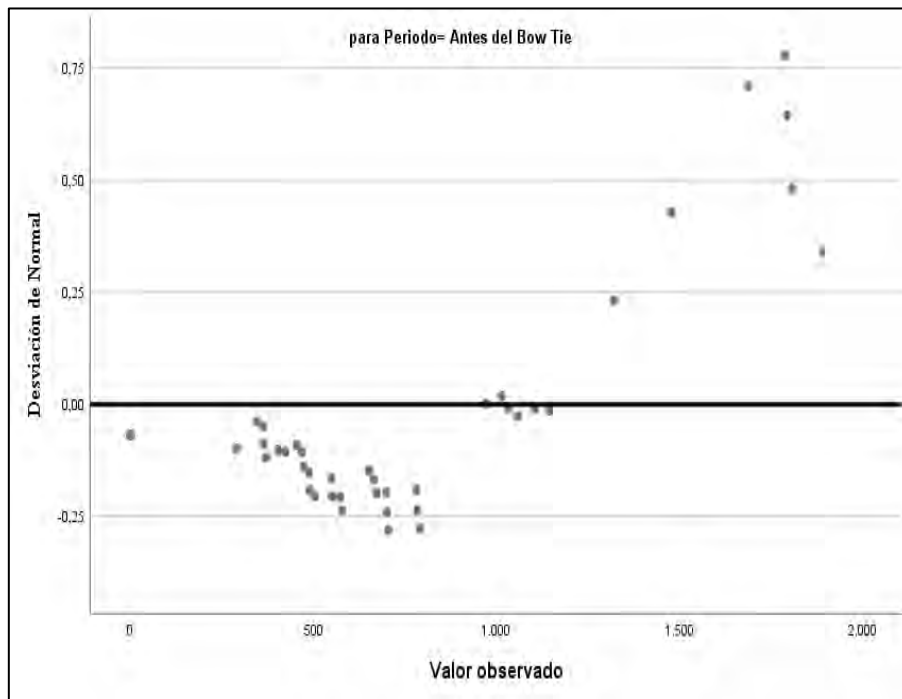


Índice de Severidad

Gráficos Q-Q normales

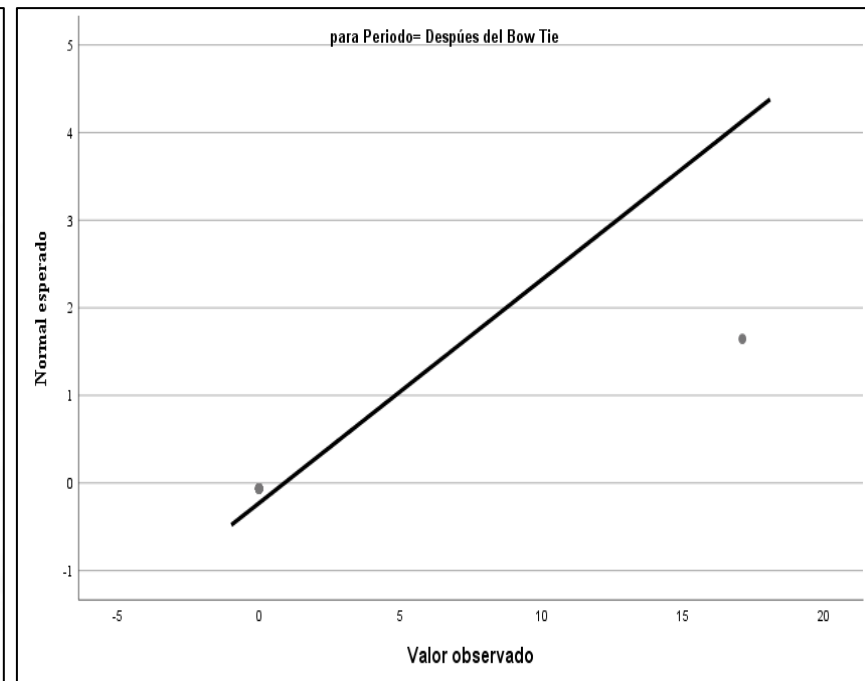
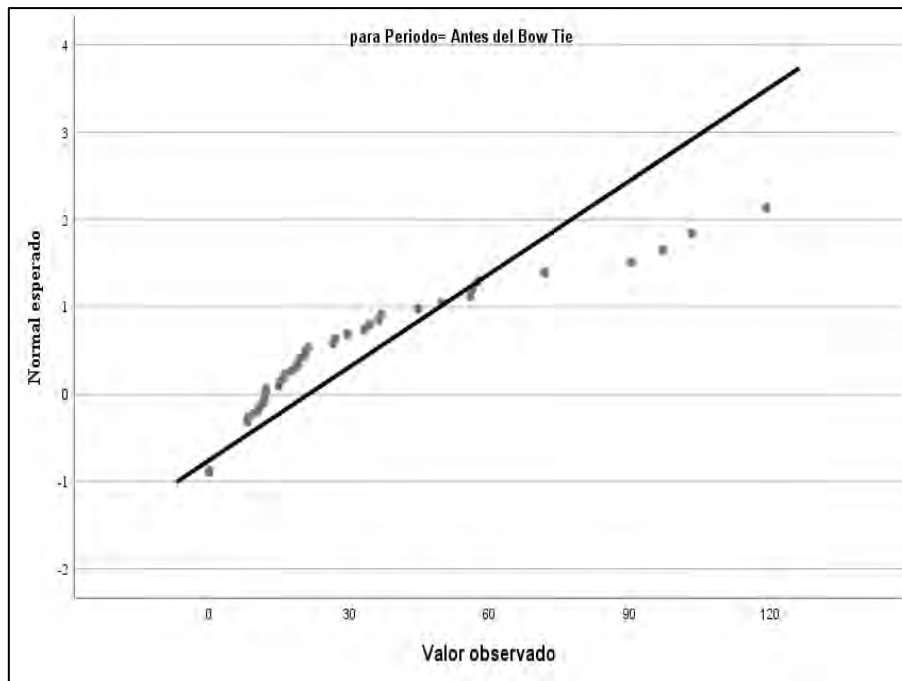


Gráficos Q-Q normales sin tendencia

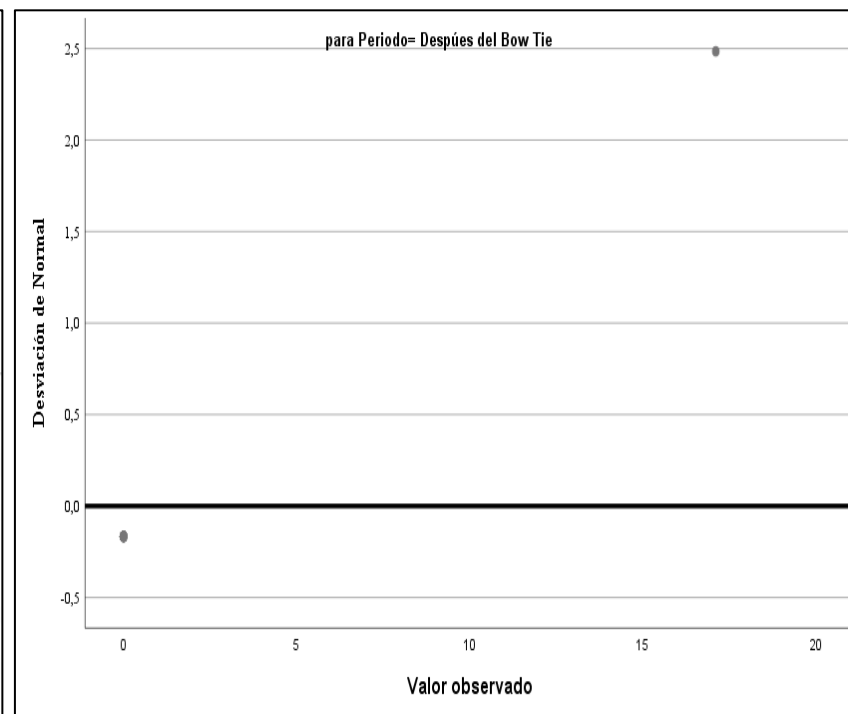
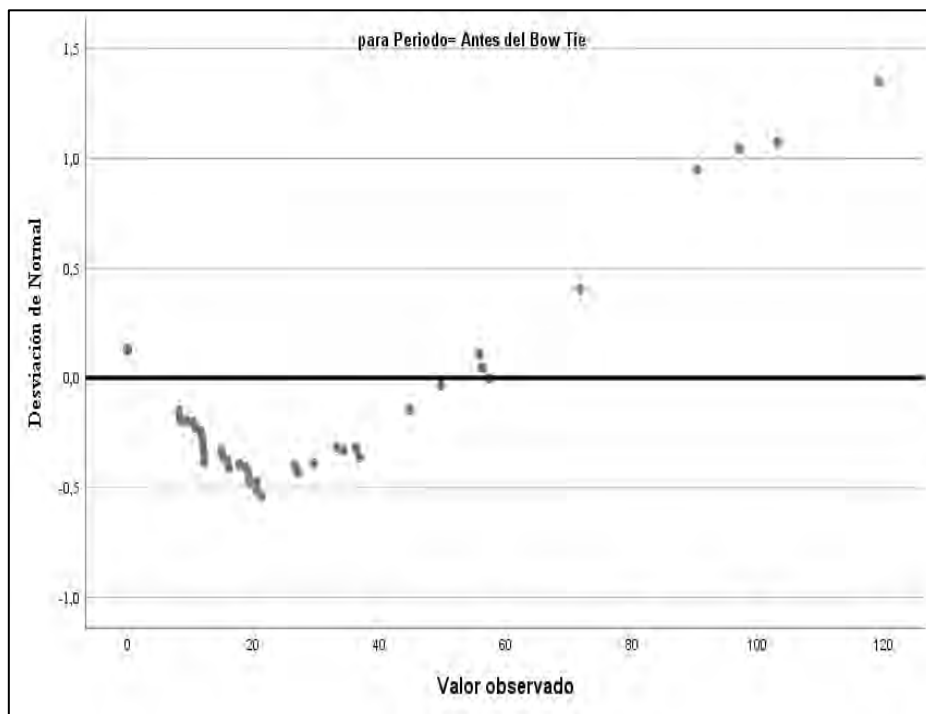


Índice de Accidentabilidad

Gráficos Q-Q normales



Gráficos Q-Q normales sin tendencia



Anexo 7.

Diagrama de BOW TIE Perdida de sujeción del punto de anclaje.

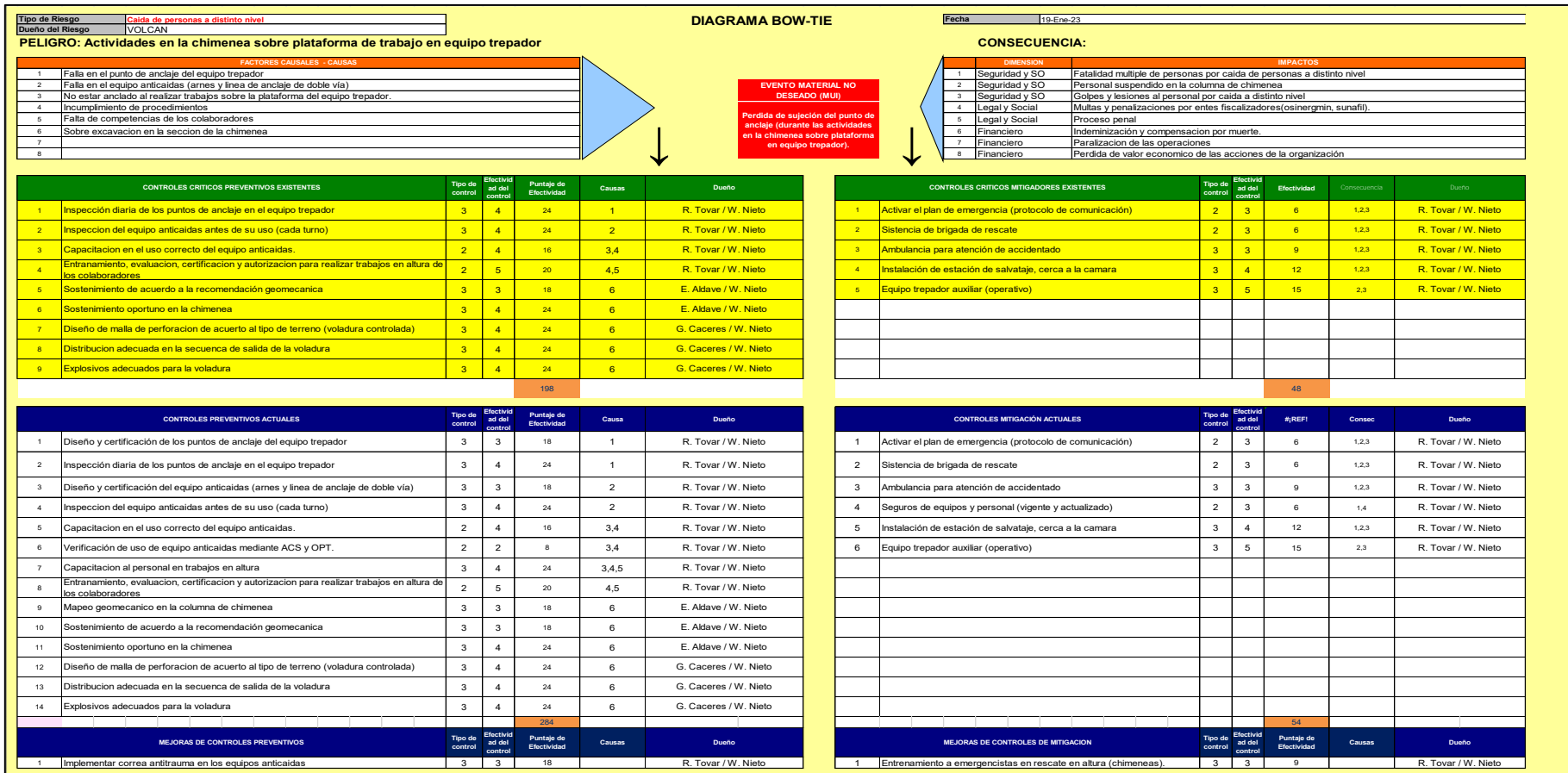
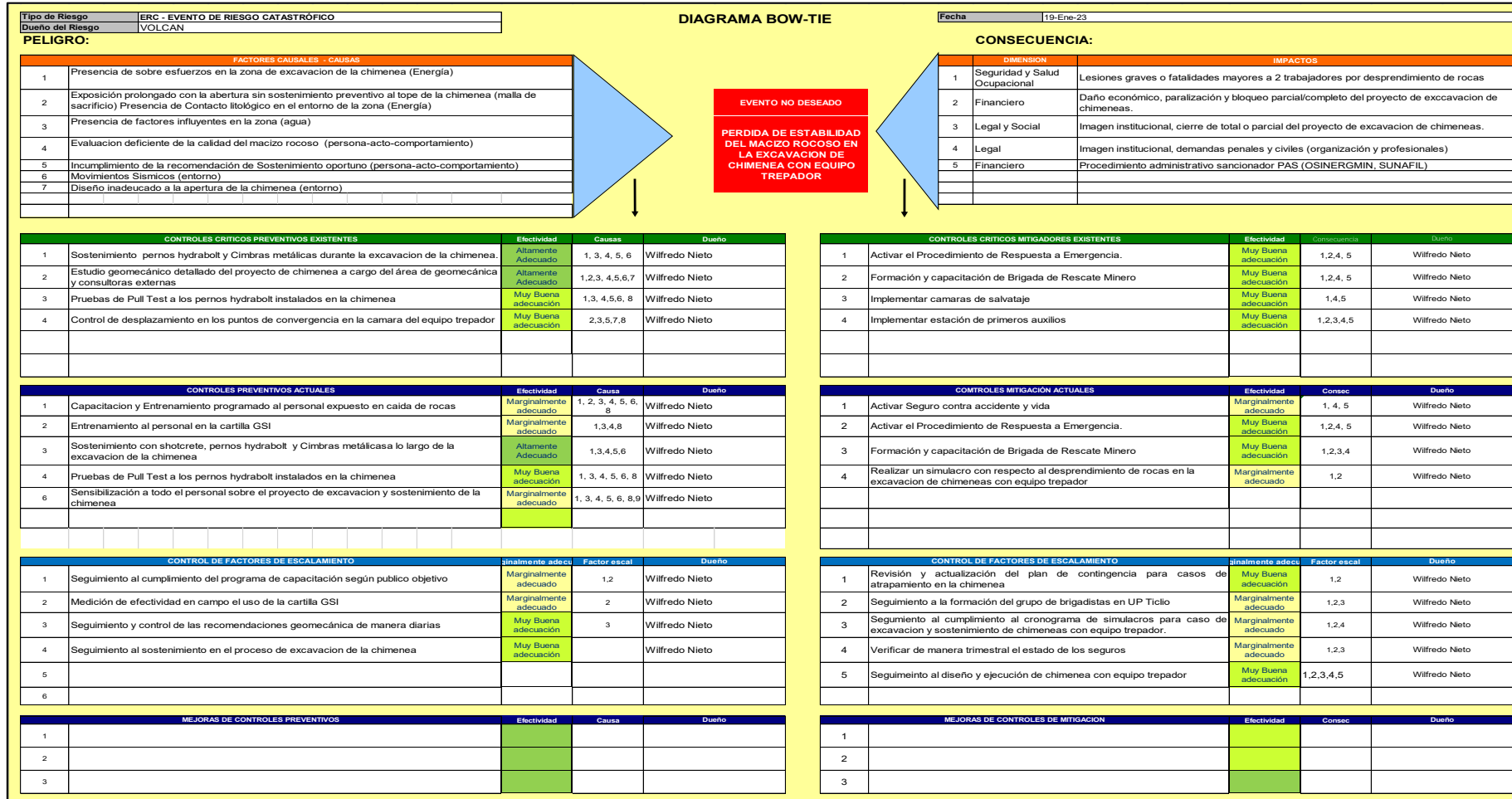



Diagrama de BOW TIE Perdida de estabilidad del MACIZO ROCOSO.



Anexo 8.

Seguimiento al cumplimiento de los controles preventivos implementados en el BOW TIE de diferentes actividades.

REPORTE DE NMRI – PARES - FELICITACIONES	CONTROLES PREVENTIVOS IMPLEMENTADOS														
<p>Reporte de NMRI: RP_616(-) NV.1320, Cuando el equipo robot se trasladaba por la RP_616(-) de bajada se inclina hacia el hastial derecho por la vía en mal estado levantando la rueda posterior posición N° 3 una altura aproximadamente de 40 cm.</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;"> REPORTE DE NMRI / PARE </div> </div>														
	<small>UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL</small>														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">FECHA</td> <td style="width: 25%;">2/06/2022</td> <td style="width: 25%;">HORA</td> <td style="width: 25%;">10:20 a. m.</td> </tr> </table>	FECHA	2/06/2022	HORA	10:20 a. m.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">CODIGO SSOMAC</td> <td style="width: 25%;">2121-10453</td> </tr> </table>	CODIGO SSOMAC	2121-10453							
	FECHA	2/06/2022	HORA	10:20 a. m.											
	CODIGO SSOMAC	2121-10453													
	REPORTANTE (opcional)		Roly Alata Orconi												
	EMPRESA		Robocon Servicios S.A.C.												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">NMRI <small>Casi accidente</small></td> <td style="width: 25%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 25%;">PARE </td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>	NMRI <small>Casi accidente</small>	<input checked="" type="checkbox"/>	PARE 		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">CAUSA DEL NMRI O PARE</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">ACTO SUBESTANDAR</td> <td style="width: 50%;">CONDICION SUBESTANDAR</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>		CAUSA DEL NMRI O PARE		ACTO SUBESTANDAR	CONDICION SUBESTANDAR		<input checked="" type="checkbox"/>		
	NMRI <small>Casi accidente</small>	<input checked="" type="checkbox"/>	PARE 												
	CAUSA DEL NMRI O PARE														
ACTO SUBESTANDAR	CONDICION SUBESTANDAR														
	<input checked="" type="checkbox"/>														
LUGAR DE LA OCURRENCIA:		RP_616(-) NV.1320													
DESCRIPCIÓN DEL EVENTO:															
Cuando el equipo robot se trasladaba por la RP_616(-) de bajada se inclina hacia el hastial derecho por la vía en mal estado levantando la rueda posterior posición N° 3 una altura aproximadamente de 40 cm.															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">MODERADO <small>CAT 03: INCAPACITANTE</small></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">MENOR <small>CAT 02: LEVE</small></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;">INSIGNIFICANTE <small>CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS</small></td> <td style="width: 33%; text-align: right;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	MODERADO <small>CAT 03: INCAPACITANTE</small>		MENOR <small>CAT 02: LEVE</small>		INSIGNIFICANTE <small>CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS</small>	<input checked="" type="checkbox"/>									
MODERADO <small>CAT 03: INCAPACITANTE</small>		MENOR <small>CAT 02: LEVE</small>		INSIGNIFICANTE <small>CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS</small>	<input checked="" type="checkbox"/>										
ACCIÓN INMEDIATA DE CONTROL:															
Realizar mantenimiento de vía en la RP_616 desde la altura de fichero NV.1320 hasta el NV.1370															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">AFECTAA:</td> <td style="width: 25%;">SEGURIDAD</td> <td style="width: 25%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 25%;">SALUD</td> <td style="width: 25%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 25%;">AMBIENTE</td> </tr> </table>						AFECTAA:	SEGURIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	SALUD	<input checked="" type="checkbox"/>	AMBIENTE				
AFECTAA:	SEGURIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	SALUD	<input checked="" type="checkbox"/>	AMBIENTE										

Antes



Reporte de NMRI: TALLER DE MATTO ROBOCON, A momentos cuando el colaborador realizaba limpieza del taller de mantenimiento tropieza con la manguera perdiendo el equilibrio, en ese momento el colaborador reacciona para evitar caer al piso.

ROBOCON		REPORTE DE NMRI / PARE				
UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL						
FECHA	16/07/2021	HORA	5:30 p. m.	CODIGO SSOMAC	2121-13350	
REPORTANTE (opcional)	Roly Alata Orconi					
EMPRESA	Robocon Servicios S.A.C.					
NMRI Casi accidente	X	PARE	CAUSA DEL NMRI O PARE			
			ACTO SUBESTANDAR	X	CONDICION SUBESTANDAR	X
LUGAR DE LA OCURRENCIA:			Taller de Matto Robocon			
A momentos cuando el colaborador realizaba limpieza del taller de mantenimiento tropieza con la manguera perdiendo el equilibrio, en ese momento el colaborador reacciona para evitar caer al piso.						
MODERADO CAT 03: INCAPACITANTE		MENOR CAT 02: LEVE	X	INSIGNIFICANTE CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS	X	
ACCIÓN INMEDIATA DE CONTROL:						
sensibilización en la tecnica de las 6A para identificar peligros ocultos.						
AFECTA:	SEGURIDAD	X	SALUD	X	AMBIENTE	

Antes



Reporte de NMRI: SN_78_1E NV. 340, Al momento de realizar el cambio del extintor del robot 58 resbala el operador y casi impactando sobre la malla sobre salida del hastial izquierdo, en ese momento el personal se sostiene en la baranda del equipo no sufriendo ninguna lesión.

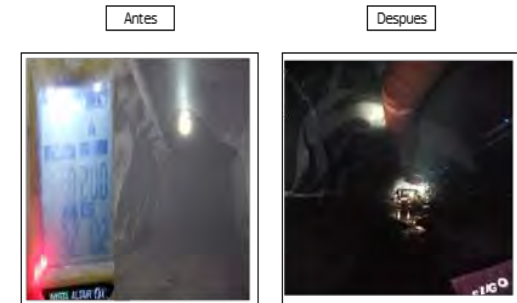
ROBOCON		REPORTE DE NMRI / PARE				
UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL						
FECHA	3/08/2022	HORA	9:00 a. m.	CODIGO SSOMAC	2121-14729	
REPORTANTE (opcional)	ROLYALATA ORCONI					
EMPRESA	Robocon Servicios S.A.C.					
NMRI Casi accidente	X	PARE	CAUSA DEL NMRI O PARE			
			ACTO SUBESTANDAR		CONDICION SUBESTANDAR	X
LUGAR DE LA OCURRENCIA:			SN_78_1E NV. 340			
DESCRIPCIÓN DEL EVENTO:						
Al momento de realizar el cambio del extintor del robot 58 resbala el operador y casi impactando sobre la malla sobre salida del hastial izquierdo, en ese momento el personal se sostiene en la baranda del equipo no sufriendo ninguna lesión.						
MODERADO CAT 03: INCAPACITANTE		MENOR CAT 02: LEVE		INSIGNIFICANTE CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS	X	
ACCIÓN INMEDIATA DE CONTROL:						
Se para la actividad y se da el feedback al personal y se mueve el equipo a un lugar seguro y se coloca el extintor desde el piso.						
AFECTA:	SEGURIDAD	X	SALUD		AMBIENTE	

EVIDENCIA



Reporte de PARE: SN-SP5-2W NV.1370,
 Se evidencia deficiencia de flujo de ventilación en el frente de trabajo, se coordina con el supervisor de AESA para reparar la manga y reevaluación de flujo por para proceder los trabajos.

 REPORTE DE NMRI / PARE						
UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL						
FECHA	1/06/2022	HORA	10:00 a. m.	CODIGO SSOMAC	2121-10447	
REPORTANTE (opcional)	ROLY ALATA ORCONI					
EMPRESA	Robocon Servicios S.A.C.					
NMRI		X	CAUSA DEL NMRI O PARE			
Casi accidente			ACTO SUBESTANDAR	CONDICION SUBESTANDAR	X	
LUGAR DE LA OCURRENCIA:	SN-SP5-2W NV.1370					
Se evidencia deficiencia de flujo de ventilación en el frente de trabajo, se coordina con el supervisor de AESA para reparar la manga y reevaluación de flujo por para proceder los trabajos.						
MODERADO		MENOR	X	IN SIGNIFICANTE	X	
CAT 03: INCAPACITANTE		CAT 02: LEVE		CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS		
ACCIÓN INMEDIATA DE CONTROL:						
Se realiza PARE y se coordina con el supervisor de AESA para realizar cambio de manga de ventilación para mejorar el flujo ventilación en el frente de trabajo						
AFECTA A:	SEGURIDAD	X	SALUD	X	AMBIENTE	



Reporte de PARE: NV_1370 SN_SP6_3W,
 Se evidencia en la labor manga de ventilación e iluminaria a 35 metros, 40 metros respectivamente del frente de trabajo y falta de estandarización de tuberías.

 REPORTE DE NMRI / PARE						
UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL						
FECHA	23/06/2021	HORA	10:00 a. m.	CODIGO SSOMAC	2121-12040	
REPORTANTE (opcional)	ROLY ALATA ORCONY					
EMPRESA	Robocon Servicios S.A.C.					
NMRI		X	CAUSA DEL NMRI O PARE			
Casi accidente			ACTO SUBESTANDAR	CONDICION SUBESTANDAR	X	
LUGAR DE LA OCURRENCIA:	NV_1370 SN_SP6_3W					
Se evidencia en la labor manga de ventilación e iluminaria a 35 metros, 40 metros respectivamente del frente de trabajo y la falkata de estandarización de tuberías.						
MODERADO		MENOR	X	IN SIGNIFICANTE	X	
CAT 03: INCAPACITANTE		CAT 02: LEVE		CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS		
ACCIÓN INMEDIATA DE CONTROL:						
Se coordina con el supervisor de encargado para estandarizar y posteriormente realizar lanzado de shotcrete.						
AFECTA A:	SEGURIDAD	X	SALUD		AMBIENTE	



Reporte de PARE: AC-66-1 NV.1370, Al momento de estacionar los equipos para el proceso de sostenimiento con shotcrete, se evidencia tiro cortado en la parte de la corona de la labor.

Reporte de PARE: AC_79_2E NV.780, Se evidencia shotcrete craquelado en el hastial izquierdo con una abertura de 1 1/2", en el ingreso a la labor donde transita el personal y los diferentes equipos.

 REPORTE DE NMRI / PARE					
UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL					
FECHA	26/08/2021	HORA	10:30 a. m.	CODIGO SSOMAC	2121-16539
REPORTANTE (opcional)	Roly Alata Orconi				
EMPRESA	Robocon Servicios S.A.C.				
NMRI	PARE	X	ACTO SUBESTANDAR	CONDICION SUBESTANDAR	X
Casi accidente					
LUGAR DE LA OCURRENCIA:	AC_66_1 NV.1370				
DESCRIPCIÓN DE L EVENTO:	Al momento de estacionar los equipos para el proceso de sostenimiento con shotcrete, se evidencia tiro cortado en la parte de la corona de la labor.				
MODERADO CAT 03: INCAPACITANTE		MENOR CAT 02: LEVE		IN SIGNIFICANTE CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS	X
ACCIÓN INMEDIATA DE CONTROL:					
Se realiza PARE de la actividad de sostenimiento con shotcrete y procede a retirar los equipos, dejando bloqueado la labor previa coordinacion con el supervisor de turno de AE SA.					
AFECTA A:	SEGURIDAD	X	SALUD	X	AMBIENTE



 REPORTE DE NMRI / PARE					
UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL					
FECHA	20/09/2022	HORA	10:20 a. m.	CODIGO SSOMAC	2121-18499
REPORTANTE (opcional)	ROLY ALATA ORCONI				
EMPRESA	Robocon Servicios S.A.C.				
NMRI	PARE	X	ACTO SUBESTANDAR	CONDICION SUBESTANDAR	X
Casi accidente					
LUGAR DE LA OCURRENCIA:	AC_79_2E NV.780				
DESCRIPCIÓN DE L EVENTO:	Se evidencia shotcrete craquelado en el hastial izquierdo con una abertura de 1 1/2", en el ingreso a la labor donde transita el personal y los diferentes equipos.				
MODERADO CAT 03: INCAPACITANTE	X	MENOR CAT 02: LEVE		IN SIGNIFICANTE CAT 01: PRIMEROS AUXILIOS	
ACCIÓN INMEDIATA DE CONTROL:					
Se aplica PARE, se coordina con supervisor de AESA para realizar la evaluación respectiva del terreno y luego realizar el desate mecanizado.					
AFECTA A:	SEGURIDAD	X	SALUD	X	AMBIENTE



	Descripción	Evidencia	Personal Felicitado	Guardia	Supervisor	Empresa	Área	Codigo Ssomac
<p>Felicitaciones: RP-314(-) NV.780, Se felicita al colaborador por usar los EPPS completos y autorescatador.</p>	<p>Se felicita al colaborador por usar los EPPS completos y autorescatador.</p>		<p>PARIONA BENITES JUNIOR</p>	<p>DIA</p>	<p>R. ALATA</p>	<p>ROBOCON</p>	<p>MINA</p>	<p>2421-21424</p>
<p>Felicitaciones: SN-81-3E NV.870, Se felicita al colaborador por realizar el bloqueo correcto de la labor antes de realizar la actividad.</p>	<p>Se felicita al colaborador por realizar el bloqueo correcto de la labor antes de realizar la actividad.</p>		<p>ÑAUPARI MEDINA LUIS</p>	<p>DIA</p>	<p>R. ALATA</p>	<p>ROBOCON</p>	<p>MINA</p>	<p>2421-21425</p>
<p>Felicitaciones: CAMARA ADITIVO 1220, Se felicita al colaborador por usar antidesempañante.</p>	<p>Se felicita al colaborador por usar antidesempañante.</p>		<p>VARGAS QUISPE TIMOTEO</p>	<p>DIA</p>	<p>R. ALATA</p>	<p>ROBOCON</p>	<p>MINA</p>	<p>2421-21427</p>
<p>Felicitaciones: CA-03-616 NV.1370, Se felicita al colaborador por realizar el desate del frente antes de realizar la actividad.</p>	<p>Se felicita al colaborador por realizar el desate del frente antes de realizar la actividad.</p>		<p>CABRERA LAPA ROMULO</p>	<p>DIA</p>	<p>R. ALATA</p>	<p>ROBOCON</p>	<p>MINA</p>	<p>2421-21432</p>

Seguimiento y Cumplimiento:

Seguimiento al cumplimiento de las herramientas de gestión en las diferentes actividades de operaciones y mantenimiento.



Seguimiento y Cumplimiento:

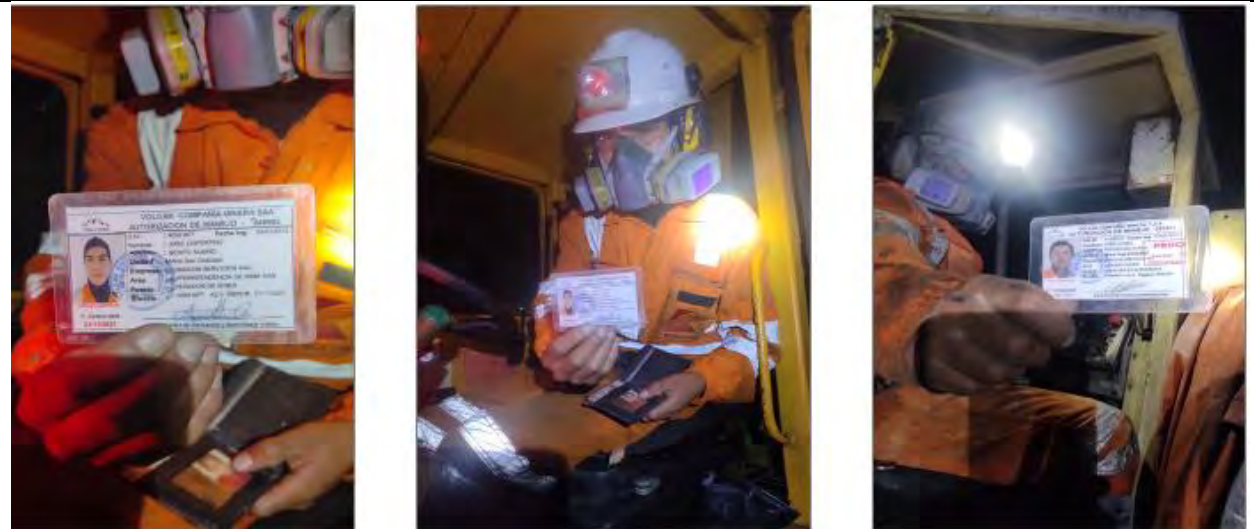
Seguimiento al uso de dispositivos de seguridad (taco y cono) al estacionar los equipos mixer, couster y camionetas.



Seguimiento y Cumplimiento: Se realiza monitoreo de la velocidad del aire, presencia de gases y registro de los resultados en las pizarras de monitoreo en las diferentes labores programadas para sostenimiento con shotcrete.

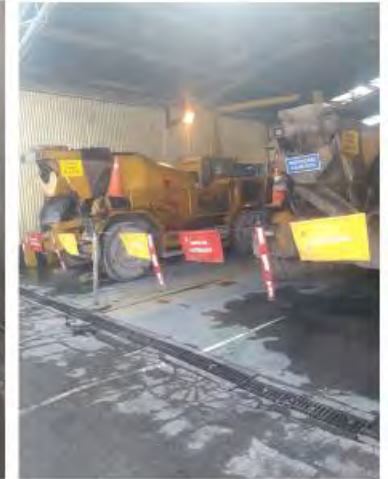
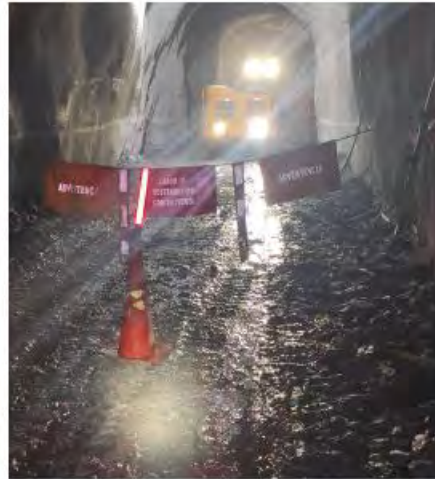


Seguimiento y Cumplimiento: Seguimiento al cumplimiento de las restricciones de las autorizaciones de manejo de los operadores de mixer y robot.



Seguimiento y Cumplimiento:

Seguimiento al uso de banderines de bloqueo y uso correcto de las tarjetas de bloqueo en las diferentes labores durante el proceso de sostenimiento y en el mantenimiento de equipos.

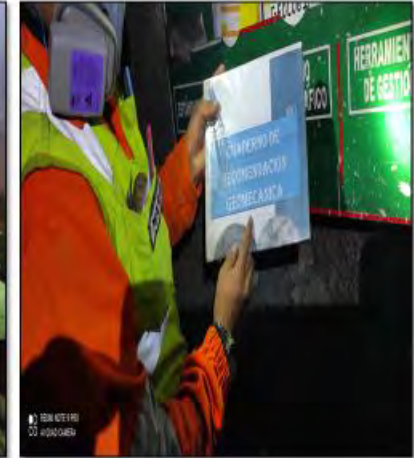


Seguimiento y Cumplimiento:

Cumplimiento con los 12 pasos de aislamiento y bloqueo de energía en el mantenimiento de equipos mixer y robot.



Seguimiento y Cumplimiento:
Seguimiento al personal que tenga y sepa utilizar la tabla geomecánica



Seguimiento y Cumplimiento: *Se realiza que los documentos tales como revisiones técnicas, control de monóxido y el relleno correcto del check list estén vigentes de cada equipo y vehículo.*



POLIZA + 349002827 VIGENCIA 01-06-2023

IDENTIFICACION Y CONTROL DE EMISIONES

NO.	DESCRIPCION	FECHA	ESTADO
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

22-06-2023

CARAMAGUA CONTROL DE EMISION DE GASES DE EQUIPOS DIESEL

Nombre: *Rebot* Fecha: *22/06/2023*

SAGA: *3072* Expedido: *22/06/2023*

NO. DE FABRICACION: *3072* SER: *3072*

NO.	Modelo	CO	NO. Licencia	Matrícula	Observaciones	Fecha
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						

22-06-2023

Seguimiento y Cumplimiento:
Cumplimiento en el GCOM diario con la participación de los colaboradores de la Zona I, II, III



Seguimiento y Cumplimiento:
Premiación en cultura de seguridad “trabajadores más seguros”

