

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Implementación de la metodología BOW TIE para
la prevención de accidentes e incidentes por
desprendimiento de rocas, Unidad Minera Yauricocha**

Antoni Pedro Lozano Condor
Juan Luis Perez Huaynalaya

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Idefonso

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su dedicación, enseñanzas y recomendaciones, para formarme profesionalmente. También a la universidad Continental, por brindarme una formación integral y de calidad. Por último, a los docentes de la EAP de Ingeniería de Minas, por darme los conocimientos necesarios, para mi formación profesional.

DEDICATORIA

Le dedicamos este trabajo a nuestros padres y familiares, por su apoyo desinteresado, para el logro de este objetivo.

A nuestro Asesor, que con su conocimiento y experiencia ha aportado a nuestra investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
LISTA DE TABLAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	15
1.1 Planteamiento y formulación del problema	15
1.1.1 Planteamiento del problema	15
1.1.2 Formulación del problema	18
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos	19
1.3 Justificación e Importancia.....	19
1.3.1 Justificación practica.....	19
1.3.2 Justificación teórica	19
1.4 Hipótesis	20
1.4.1 Hipótesis general.....	20
1.4.2 Hipótesis específicas	20
1.5 Identificación de variables.....	20
1.5.1 Variable independiente	20
1.5.2 Variable dependiente	20
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	20
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedentes del Problema	22
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	22

2.1.2	Antecedentes internacionales	25
2.2	Generalidades unidad minera Yauricocha	28
2.2.1	Ubicación y accesibilidad	28
2.2.2	Mineralización	29
2.3	Bases teóricas	29
2.3.1	Implementación del Plan Anual de Seguridad y Salud Ocupacional.	29
2.3.2	Norma ISO 31000 – 2018	29
2.3.3	Lineamientos de la Gestión de Controles Críticos	30
2.3.4	Descripción de la metodología de <i>bow tie</i>	36
2.3.5	Conceptualización de la prevención de accidentes	48
2.3.6	Desprendimiento de roca	49
	CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO	62
3.1	Método y alcances de la investigación	62
3.1.1	Método general o teórico de la investigación	62
3.1.2	Alcance de la investigación	62
3.2	Diseño de la investigación	63
3.3	Población y muestra	63
3.3.1	Población	63
3.3.2	Muestra	63
3.4	Técnicas de recolección de datos	63
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos	63
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos	64
	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1	Desarrollo de la implementación de la metodología <i>bow tie</i> para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha	65
4.1.1	Criterios para la planificación del cambio	65
4.1.2	Ejercicios de preparación	66
4.2	evaluación de la implementación de la gestión de controles críticos con la metodología <i>bow tie</i> en la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha	70
4.2.1	Estudio del caso prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha	70

4.2.1.1. Procedimiento 1: Planificación del proceso, aplicación específica en una explotación.....	70
4.2.1.2. Procedimiento 2: Identificación de Siniestros Significativos No Deseados	72
4.2.1.3. Procedimiento 3: Identificación de controles - selección de los controles críticos.....	73
4.2.1.4. Procedimiento 4: Definición del funcionamiento y la presentación de informes - asignación de responsabilidades.....	85
4.3 análisis de la implementación por la metodología <i>bow tie</i> para la reducción del nivel de riesgo a prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha	87
4.3.1.1 Procedimiento 5: Verificación y elaboración de informes - respuesta ante un funcionamiento inadecuado de los controles críticos.....	88
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	21
Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera Yauricocha	28
Tabla 3. Distribucion de calidad geomecánica por tipo de roca unidad minera Yauricocha.....	74
Tabla 4. Requerimientos del personal	81
Tabla 5. Requerimientos de equipos	81
Tabla 6. Requerimientos de la organización	81
Tabla 7. Identificación de controles críticos.....	82
Tabla 8. Función y responsabilidades	85
Tabla 9. Informe de control crítico: A1 – Auditoría de las competencias del personal	88
Tabla 10. Informe de control crítico: B1 – Segregación y control de acceso	90
Tabla 11. Informe de control crítico: C1 – Control del diseño y disciplina operacional.....	91
Tabla 12. Informe de control crítico: C3 – Mapa o plano de riesgos	93
Tabla 13. Informe de control crítico: C6 – Plan de respuesta de emergencia ..	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación unidad minera Yauricocha	29
Figura 2. Historia de la metodología bow tie	37
Figura 3. Organización de la metodología bow tie	39
Figura 4. Estructura de la metodología bow tie	40
Figura 5. Estructura de la metodología bow tie-primer paso	41
Figura 6. Estructura de la metodología bow tie-segundo paso.....	41
Figura 7. Estructura de la metodología bow tie-Tercer paso.....	42
Figura 8. Identificación de Controles Preventivos y Mitigadores.	43
Figura 9. Estructura de la metodología bow tie-Cuarto paso	43
Figura 10. Estructura de la metodología bow tie-Quinto paso.....	45
Figura 11. Jerarquía de controles de riesgo.....	46
Figura 12. Ubicaciones de labores mineras	50
Figura 13. Perfil de las labores mineras (niveles) y los materiales geológicos y estructuras mineralizadas presentes en la mina (11)	51
Figura 14. Esquema del perfil de las operaciones de la mina y el método de explotación (11).....	52
Figura 15. Metodología y proceso de transporte del material mineralizado para aplicar el sistema metalúrgico (11).....	53
Figura 16. Software Phases que simula la estabilidad o desestabilidad según presiones	53
Figura 17. Software Unwedge que simula las cuñas en presión litostática confinada.....	54
Figura 18. Cálculo físico-matemático para calibrar los softwares de Swedge y verificar el buen desempeño de softwares bien definidos	55
Figura 19. Formas de sostenimiento según el RMR del macizo rocoso.....	55
Figura 20. Condiciones de sostenimiento de galerías para aumentar las condiciones de sostenimiento y estabilidad.....	58
Figura 21. Instrumentos y sensores para verificar los movimientos de galerías y túneles	58

Figura 22. Muestra cómo se coloca un sensor que registra movimientos verticales horizontales y posteriores.....	59
Figura N. 23: Monitor donde se registran las actividades de los sensores instalados en la galería	59
Figura 24. Diferentes tipos de sensores en los piezómetros para determinar la presión de poros, movimientos, etc.	60
Figura 25. Esquema holístico según el software Slide	61
Figura 26. Se observa en este esquema los elementos que conforman los análisis hidrológico e hidrogeológico	61
Figura 27. Plano geomecánico del nivel 720.....	75
Figura 28. Plano geomecánico intersección de labores del nivel 720	76
Figura 29: Plano geomecánico por tipo de roca del nivel 720	76
Figura 31. Plano geomecánico por tipo de roca del nivel 920.....	77
Figura 32. Espaciamiento de ventanas (8 m horizontal) y subniveles (1 m vertical).....	79
Figura 33. Identificación de top evento.....	79
Figura 34. Identificación de causas	80
Figura 35. Identificación de impactos	80
Figura 36. Diagrama de bow tie- Primera parte.....	83
Figura 37. Diagrama de bow tie - Segunda parte.....	84
Figura 38. Flujograma organizacional operaciones mina	87
Figura 39. Árbol de decisión de controles críticos.	88

RESUMEN

Actualmente en el Perú, las empresas mineras destinan cada vez mayores recursos para el control y monitoreo geotécnico de sus operaciones, conscientes de que coexiste uno de los problemas de mayor potencial de riesgo, el cual tiene una forma de suceder poco usual como es el desprendimiento de rocas, que se producen en una explotación subterránea; por eso, es primordial la aplicación de herramientas de gestión en seguridad como la metodología *bow tie* para la gestión y control de riesgos críticos para los accidentes de mayor incidencia en estos años que causaron pérdidas mortales de los trabajadores

La unidad minera Yauricocha, a modo de prevención, implementará la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, en las operaciones mineras subterráneas, siendo satisfechos los objetivos fundamentales:

- Ponemos en marcha el desarrollo de la gestión de controles críticos aplicando la metodología *bow tie*, cuyo objetivo es prevención de accidentes por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso, que se establece en nueve etapas como se muestra en la presente investigación para la unidad minera Yauricocha.
- Comprobamos la disminución del nivel de riesgo e impacto relacionado con eventos con el potencial de producir accidentes provocados por deslizamiento de rocas en la unidad minera Yauricocha, utilizando la gestión de controles críticos con la metodología *bow tie*.

La reducción del nivel de riesgo en la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas unidad minera Yauricocha se realizó; en primer lugar, por la aplicación de dos controles críticos preventivos y posteriormente a tres controles críticos mitigadores, que ayudarán a mejorar la seguridad y a disminuir accidentes e incidentes causados por desprendimiento de rocas.

Palabras clave: Implementación de la metodología *bow tie*

ABSTRACT

Currently in Peru, mining companies allocate increasing resources for the geotechnical control and monitoring of their operations, aware that one of the problems with the highest risk potential coexists, which has an unusual way of happening such as the detachment of rocks, which are produced in an underground operation, so it is essential to apply safety management tools such as the Bow tie methodology for the management and control of critical risks for the accidents with the highest incidence in these years that caused fatal losses of workers

The Yauricocha Mining Unit, by way of prevention, will implement the Bow tie methodology for the prevention of accidents and incidents due to rockfall in underground mining operations. Yauricocha mining unit, the fundamental objectives being satisfied:

- We start the development of the management of critical controls applying the Bow Tie methodology, the objective of which is to prevent accidents due to falls, detachment of the rock massif or failure of the stability of the rock massif, which is established in 9 stages as shown in the present investigation for the Yauricocha Mining Unit.
- We verified the decrease in the level of risk and impact related to events with the potential to produce accidents caused by rockslide in the Yauricocha Mining Unit, using the management of critical controls with the Bow Tie methodology.

The reduction of the level of risk in the prevention of accidents and incidents due to rockfall, Yauricocha mining unit. It was carried out in the first place by the application of 2 critical preventive controls and later 3 critical mitigating controls, which will help to improve safety and reduce accidents and incidents caused by rockfall.

Key Words: Implementation of the Bow Tie Methodology.

INTRODUCCIÓN

La unidad minera Yauricocha, a modo de prevención, implementará la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas en las operaciones mineras subterráneas. La metodología *bow tie*, consta de doce pasos. En el paso uno se debe conocer cuáles son los peligros organizacionales. En el dos, definir el evento que podría desencadenar uno o varios riesgos. En el paso tres, identificar cuáles son los elementos causales para que se libere el peligro. En el cuatro, cómo se puede desarrollar el top evento y cuáles son las posibles consecuencias. En el paso cinco, se define la barrera preventiva; es decir, cómo se evita que el peligro se libere. Luego, en el paso seis, se plantean las barreras reactivas; es decir, como limitamos la edad del evento o disminuimos sus efectos. Después, en el séptimo paso, se define el factor de escalamiento, que aplica a ambos lados; o sea, se establece cómo podrían fallar las barreras, cómo podría ser afectada la efectividad de cada una de ellas. En el paso ocho, se establece como asegurar la barrera para que no falle el control del factor de escalamiento que hace asegurar el funcionamiento una barrera principal. En el paso nueve se establece qué actividades debemos hacer para asegurar que el control siga funcionando. En el paso diez, se define la responsabilidad de quiénes son los que hacen esas actividades, cuándo hay que cumplirlas y ejecutan los procedimientos: check list, entre otros. En el paso once, se verifica que las actividades sean cumplidas. Finalmente, en el paso 12, se demuestra que el escenario de riesgo está en una condición que sea tan baja como sea razonablemente factible, es la condición con la cual se evaluará el escenario de riesgo.

El uso de la metodología *bow tie* en la unidad Minera Yauricocha permite estructurar el pensamiento de la forma clásica, previene accidentes y permite estructurar el pensamiento de forma más lógica y también homologa el criterio dentro de una organización. Se utiliza, además, para la toma de decisiones basada en un riesgo, si existe una condición de trabajo de rocas sueltas en la labor que viene hacer una condición integral va a poder justificar los elementos

que permiten controlar los riesgos haciendo entender que estos serían los impactos y se utiliza para poder comunicar y poder entrenar a los colaboradores internos y externos. El campo aplicativo de *bow tie* destaca en su simplicidad, pero se convierte en una poderosa herramienta; puesto que es la única que demuestra las relaciones causales entre los peligros, las amenazas, el tope evento las consecuencias y las barreras que ayudarán a mejorar respecto a seguridad en los riesgos por deslizamiento de rocas en la unidad minera Yauricocha.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Ante los accidentes con pérdidas humanas por desconocimiento de seguridad, como las malas prácticas en los trabajos de minería entre otros sectores se crea la metodología de *bow tie*, con antecedentes desde el año 1979, los primeros diagramas reales de este sistema aparecieron en Inglaterra, en una conferencia sobre análisis de peligros dada en la universidad de Queensland Australia, se presentaron diagramas *bow tie* para poder explicar la fenomenología de ocurrencia de los accidentes representándose la acción de los peligros.

En el año 1988 ocurrió un accidente catastrófico en la plataforma petrolera Piper Alpha. La acción de conducir recursos para desarrollar y aplicar la metodología *bow tie*, se fundamentó principalmente en el hecho que el informe del análisis del accidente concluía que había muy poca comprensión de las amenazas y riesgos que eran parte de las operaciones de la plataforma petrolera. Es allí en donde la metodología de *bow tie* se impulsó para obtener mayor conocimiento acerca de la causalidad de los accidentes y aseguramiento del control de los peligros inherentes de alto impacto.

En el año de 1990, el grupo holandés Shell adoptó el método *bow tie* como un estándar de la compañía para el análisis de la gestión de los riesgos, definiendo como regla estricta asegurar el funcionamiento de los controles de modo consistente en todas sus operaciones en el mundo, lo que permitió ganar el apoyo de toda la industria y obviamente extendiéndose a muchos sectores empresariales. En el año 2000 siguió Risk Management Solutions que instrumentalizó esta metodología en el sistema colaborativo Bow tie XP, en estrecha colaboración con un selecto grupo de expertos asesores y clientes en la industria constituyendo este proceso algo que es continuo al día de hoy.

Actualmente en el Perú, las empresas mineras destinan cada vez mayores recursos para el control y monitoreo geotécnico de sus operaciones, conscientes de que coexiste uno de los problemas de mayor potencial de riesgo el cual tiene una forma de suceder poco usual como es el desprendimiento de rocas, que se producen en una explotación subterránea; por eso, es primordial la aplicación de herramientas de gestión en seguridad como la metodología *bow tie* para la gestión y control de riesgos críticos para los accidentes de mayor incidencia en estos años que causaron pérdidas mortales de los trabajadores

La unidad minera Yauricocha, a modo de prevención, implementará la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas en las operaciones mineras subterráneas.

La metodología *bow tie* incorpora los factores de escalamiento y da cuenta de los elementos causales de por qué no son 100% eficaces los controles. Los elementos que componen a Bow tie, son ocho. En primer lugar, el peligro, que es toda acción que puede causar daño a la organización, a los activos. El segundo elemento es el tope evento, que es el evento más importante que puede suceder; es el punto en el tiempo en el cual se pierde el control del top evento. El tercer elemento son las amenazas, entendiéndose como los elementos causales; en otras palabras, las amenazas son los elementos que originan el peligro. El cuarto, son las consecuencias; es decir, los elementos sucesivos posteriores a la ocurrencia del top evento. El quinto elemento lo

constituye la barrera de protección; la barrera contra las amenazas, la barrera preventiva se llama del tope evento. El sexto elemento, las barreras reactivas; en otros términos, las barreras que permitan recuperar la normalidad o bien mitigar los efectos del todo evento en la consecuencia. El séptimo elemento es el factor de escalamiento o factor de intensificación; es saber por qué pueden fallar los controles. El octavo elemento es el control del factor de escalamiento que nos va a permitir poder asegurar el funcionamiento de una barrera

La metodología *bow tie*, consta de doce pasos. En el paso uno se debe conocer cuáles son los peligros organizacionales. En el dos, definir el evento que podría desencadenar uno o varios riesgos. En el paso tres, identificar cuáles son los elementos causales para que se libere el peligro. En el cuatro, cómo se puede desarrollar el top evento y cuáles son las posibles consecuencias. En el paso cinco, se define la barrera preventiva; es decir, cómo se evita que el peligro se libere. Luego, en el paso seis, se plantean las barreras reactivas; es decir, como limitamos la edad del evento o disminuimos sus efectos. Después, en el séptimo paso, se define el factor de escalamiento, que aplica a ambos lados; o sea, se establece cómo podrían fallar las barreras, cómo podría ser afectada la efectividad de cada una de ellas. En el paso ocho, se establece como asegurar la barrera para que no falle el control del factor de escalamiento que hace asegurar el funcionamiento una barrera principal. En el paso nueve se establece qué actividades debemos hacer para asegurar que el control siga funcionando. En el paso diez, se define la responsabilidad de quiénes son los que hacen esas actividades, cuándo hay que cumplirlas y ejecutan los procedimientos: check list, entre otros. En el paso once, se verifica que las actividades sean cumplidas. Finalmente, en el paso 12, se demuestra que el escenario de riesgo está en una condición que sea tan baja como sea razonablemente factible, es la condición con la cual se evaluará el escenario de riesgo.

El uso de la metodología *bow tie* en la unidad Minera Yauricocha permite estructurar el pensamiento de la forma clásica, previene accidentes y permite estructurar el pensamiento de forma más lógica y también homologa el criterio dentro de una organización. Se utiliza, además, para la toma de decisiones

basada en un riesgo, si existe una condición de trabajo de rocas sueltas en la labor que viene hacer una condición integral va a poder justificar los elementos que permiten controlar los riesgos haciendo entender que estos serían los impactos y se utiliza para poder comunicar y poder entrenar a los colaboradores internos y externos. El campo aplicativo de *bow tie* destaca en su simplicidad, pero se convierte en una poderosa herramienta; puesto que es la única que demuestra las relaciones causales entre los peligros, las amenazas, el tope evento las consecuencias y las barreras que ayudarán a mejorar respecto a seguridad en los riesgos por deslizamiento de rocas en la unidad minera Yauricocha.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo será la implementación de la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo será la implementación de la gestión de controles críticos con la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha?
- ¿Cómo será la implementación de la metodología *bow tie* para la reducción del nivel de riesgo a prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar la implementación de la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha

1.2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar la implementación de la gestión de controles críticos con la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha
- Desarrollar la implementación de la metodología *bow tie* para la reducción del nivel de riesgo a prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Justificación practica

La aplicación del método en seguridad *bow tie* es vital, porque al aplicar la administración de los controles básicos disminuirá el peligro relacionado con las ocasiones en las que se pueden producir percances provocados por los deslizamientos de rocas en la minería subterránea, ya que el sistema *bow tie* se utilizará para obtener información y directrices sobre la mejor manera de llevar a cabo dicha administración para servir a la mina.

1.3.2 Justificación teórica

El uso de la metodología *bow tie* en la unidad minera Yauricocha ayudará a la gestión de controles críticos, a la prevención de accidentes e incidentes por deslizamiento de rocas para reducir el nivel de riesgo asociados a eventos potenciales, para ello nos basaremos en la estructura del pensamiento de la forma clásica como hemos aprendido para prevenir accidentes y permite estructurar el pensamiento de la forma clásica, previene accidentes y permite estructurar el pensamiento de forma más lógica y también homologa el criterio dentro de una organización. Se utiliza, además, para la toma de decisiones basada en un riesgo, si existe una condición de trabajo de rocas sueltas en la labor que viene hacer una condición integral va a poder justificar los elementos que permiten controlar los riesgos haciendo entender que estos serían los impactos y se utiliza para poder comunicar y poder entrenar a los colaboradores internos y externos. El campo aplicativo de *bow tie* destaca en su simplicidad,

pero se convierte en una poderosa herramienta; puesto que es la única que demuestra las relaciones causales entre los peligros, las amenazas, el tope evento las consecuencias y las barreras que ayudarán a mejorar respecto a seguridad en los riesgos por deslizamiento de rocas en la unidad minera Yauricocha.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La implementación de la metodología *bow tie* es factible y viable para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La implementación de la gestión de controles críticos con la metodología *bow tie* es factible y viable para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha.
- La implementación de la metodología *bow tie* es factible y viable para la reducción del nivel de riesgo a prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha.

1.5 Identificación de variables

1.5.1 Variable independiente

Implementación de la metodología *bow tie*

1.5.2 Variable dependiente

Prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

- **Implementación de la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha**

Tabla 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I.: Implementación de la metodología <i>bow tie</i>	Es la aplicación de un método de fácil aplicación para mejorar el control de la gestión de siniestros poco frecuentes, pero potencialmente catastróficos, centrado en los controles críticos. Este tipo de sucesos se denominan siniestros significativos no deseados (SSND). La prevención de SSND requiere una atención específica desde el máximo nivel de responsabilidad de una organización.	Evaluación de los controles preventivos a cada causa. Evaluación de los Controles mitigantes a cada consecuencia.	Número de controles preventivos Número de controles mitigantes
V.D.: Prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas	Es una situación que produce un nivel de amenaza a la vida, la salud, la propiedad o el medio ambiente. Se diferencia por la viabilidad de ocurrencia de un incidente potencialmente dañino, es decir, un acontecimiento apto para causar daño. Para la elaboración de las etapas de planificación, explotación de la aplicación y el proceso de formulación de observaciones.	Evaluación de Probabilidad * Severidad Desarrollo del flujograma de procedimientos.	Valor de la magnitud del riesgo Número de procedimientos

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

- a) Tesis titulada “*Diseño de software para el control de riesgos críticos en minas convencionales, Arequipa (2019)*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para desarrollar un software de aplicación (aplicativo) para el control de riesgos críticos en las actividades de la minería subterránea de explotación convencional en Arequipa. Además, la metodología tiene las siguientes características: (1)
- Con la siguiente investigación se ha logrado desarrollar un aplicativo móvil para controlar los riesgos de críticos en la unidad minera Yanaquihua SAC, estableciendo así una medida más sofisticada y practica de llegar al área de trabajo y poder aplicar controles de verificación para prevenir la ocurrencia de accidentes fatales. (1)

 - En el aplicativo móvil se ha establecido los controles como barreras preventivas y barreras mitigadoras para los diez riesgos de fatalidad identificados en las operaciones de explotación convencional de la unidad minera Yanaquihua SAC, y mediante estos controles se podrá evaluar criterios de desempeño en la tarea que se ejecuta y que conlleva uno o más riesgos críticos, con la finalidad de determinar si hay probabilidad de ocurrencia de una fatalidad y parar la tarea, o

aplicar una restricción hasta aplicar una medida de corrección para trabajar de manera segura. (1)

- Mediante el uso aplicativo móvil o *software* de aplicación, el usuario establecerá los riesgos críticos que desea controlar en una determinada actividad, realizará las verificaciones de las medidas de control y de las barreras de prevención ante un riesgo crítico, también generará reportes en PDF sobre la evaluación realizada y en adición tomara fotografías para evidenciar algún incumplimiento o condición segura. (1)
- b) Tesis titulada “*Evaluación de los comportamientos seguros y de riesgo en la minimización de los accidentes de trabajo en la mina Andaychagua empresa minera Volcán S.A.A. – 2018*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para determinar cómo se relaciona la evaluación de los comportamientos seguros y de riesgo con la minimización de los accidentes de trabajo en la mina Andaychagua de la empresa minera Volcan S.A.A. – 2018. Además, la metodología tiene las siguientes características: (2)
- Mediante la evaluación de los comportamientos seguros y de riesgo realizado en mina Andaychagua se ha detectado e identificado minimización de accidentes de trabajo laboral que podemos expresar en los índices, severidad, frecuencia, etc. (2)
 - Se ha identificado barreras de comportamiento, de acuerdo a la evaluación se concluye con los resultados hallados en la investigación, la evaluación de los comportamientos seguros y de riesgo se llevaron a cabo a través de las categorías de observación, y estas se plasmaron en barreras comportamentales, con las que se pueden llevar a cabo programas de retroalimentación y capacitación de acuerdo con que barrera ocupe una mayor frecuencia, todo esto guarda relación con la minimización de los accidentes de trabajo, pues a partir de saber en qué barrera se debe trabajar se reducirá los índices de accidentabilidad en la mina Andaychagua en el año 2018. (2)

- Con los resultados hallados se refleja que la evaluación de los comportamientos seguros y de riesgo se manifiestan en los resultados en cuanto a los accidentes e incidentes que se registran, estos son medidos con el índice de frecuencia de ocurrencia de los accidentes, y el índice de severidad de los accidentes, estos son explicados por el índice de accidentabilidad las variaciones sirven como punto de partida en la toma de decisiones para ubicar a la empresa dentro de la curva de Bradley. (2)
 - En función a que no se pudo tener influencia en la mentalidad, ni en las actitudes de los colaboradores se les recomienda a los colaboradores de la unidad minera, tomar conciencia que las herramientas de gestión como la retroalimentación en los comportamientos observados, son de vital importancia pues evitan que ocurra un accidente. (2)
- c) Tesis titulada "*Influencia de controles críticos de seguridad en los riesgos laborales en el área de chancado – compañía minera Argentum – Morococha – 2019*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para analizar la influencia de la implantación de gestión de controles críticos de seguridad en la prevención de accidentes en el área de chancado – compañía minera Argentum – 2019. Además, la metodología tiene las siguientes características (3):
- En cuanto al objetivo general del estudio se concluye que con un 5% de significancia se determinó que la variable “controles críticos de seguridad” no influye sobre la variable “riesgo laboral” en el área de chancado – compañía minera Argentum – 2019. Esto demuestra que se rechaza la hipótesis general de la investigación, lo cual pudiese estar influenciado por la necesidad de que la implementación de controles críticos en dicha área, debe estar acompañada por una alta participación de la directiva y de los empleados de la empresa, por una capacitación continua y por los avances que realice la empresa en cuanto a la certificación en materia de seguridad ocupacional. (3)

- De igual manera, con el mismo nivel de significancia y en relación al primer objetivo específico de la investigación, se determinó que la planificación de controles críticos de seguridad no influye significativamente en el cumplimiento de los procedimientos en el área de chancado – Compañía Minera Argentum – 2019. (3)
- Finalmente, en cuanto al segundo objetivo específico del estudio, se determinó que la implantación de gestión de controles críticos de seguridad tampoco influye significativamente en la prevención de accidentes en el área de chancado – compañía minera Argentum – 2019. Así, la hipótesis relativa a este objetivo específico es rechazada siendo el p-valor (0.0533) muy cercano al nivel de significancia. (3)

2.1.2 Antecedentes internacionales

- a) Tesis titulada “*Estandarización del análisis de riesgo de sobre costo de proyecto aplicado a proyectos mayores de BHP*”. El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para estándar riegos laborales mediante el análisis de riesgos de sobre costos de un proyecto mayor a través del diseño de un *bow tie* tipo que sirva como base para análisis del riesgo para los futuros proyectos en BHP Minerals Americas que permita optimizar y mejorar el proceso actual de análisis del mencionado riesgo. Además, la metodología tiene las siguientes características: (4)
- Durante el levantamiento de causas y controles se analiza en detalle la gestión de riesgo que cada proyecto implementó observándose un análisis cada vez más completo de un proyecto a otro, respecto a sus causas identificadas como a los controles implementados, con lo que se puede inferir un mejor entendimiento y utilización de la gestión de riesgos para la administración de contratos, lo cual es respaldado por la evolución que estos proyectos presentan respecto a la desviación de costos resultante, la cual disminuye proyecto a proyecto. (4)
 - Seguido del levantamiento se realiza una sesión, durante esta actividad se observa y confirma el entendimiento que quienes participan a diario en la

administración de proyectos tienen respecto a la gestión de riesgos, considerando de gran utilidad las herramientas que se utilizan ya que entregan una forma clara y precisa de identificar y tomar acción. (4)

- Respecto al proceso de riesgo, si bien existe un claro entendimiento de los conceptos referentes a causas e impactos, los participantes mostraron dificultad en poder visualizar que las actividades que realizan dentro de la administración de proyectos son controles que buscan prevenir y/o mitigar el riesgo que se está analizando, siendo importante reforzar estos conceptos de manera regular. (4)
- El desarrollo de este proceso y todas sus etapas permite entregar un análisis estandarizado y simplificado del riesgo de sobre costo que puede ser utilizado por los distintos proyectos de la Vicepresidencia de Proyectos de BHP. (4)
- La identificación de un amplio espectro de causas simplifica el proceso de análisis del riesgo dentro de la organización, reduciendo el tiempo dedicado al brainstorming, el profundo análisis realizado permite que los equipos enfoquen sus esfuerzos en determinar causas particulares del proyecto bajo análisis. (4)
- La definición de un set de controles mínimos a ser aplicados permite asegurar una uniformidad en la gestión de proyectos, específicamente de costos, a lo largo de la organización, los cuales, a su vez pueden ser implementados como procedimientos dentro del área de costos. (4)
- La adopción de esta metodología e implementación de los controles sugeridos requiere de la creación e implementación de procedimientos dentro del área. (4)
- Esta implementación se puede realizar con los recursos existentes dentro del área de Control de Proyectos de la Vicepresidencia, con lo cual no existen costos adicionales necesarios. (4)

- b) Tesis titulada " *Riesgos laborales en minería a gran escala en etapas de prospección - exploración de metales y minerales en la región sur este del Ecuador y propuesta del modelo de Gestión de Seguridad Y Salud Ocupacional para empresas mineras en la provincia de Zamora Chinchipe*". El objetivo del estudio es aportar una metodología experimental apropiada para establecer la metodología para identificar los factores de riesgo que generan problemas en la salud de los trabajadores en las actividades de prospección - exploración de metales y minerales en la región Sur Este del Ecuador. Además, la metodología tiene las siguientes características: (5)
- Una de las principales razones para presentar el trabajo está basada en la falta de investigación de los riesgos propios de las actividades de prospección y exploración que pueden afectar a la salud de los trabajadores del sector minero, teniendo en cuenta también la gran demanda de mano de obra que se requiere para desarrollar las mismas y el impulso que el País ha dado al sector minero a gran escala (5).
 - La gestión de la seguridad y salud ocupacional, con la identificación, evaluación, medición y control de los factores de riesgos, es algo nuevo no solo en la industria minera sino en general en todas las demás actividades de las industrias, que debe ser implementada de acuerdo a la realidad de cada empresa, en forma responsable por parte de los empresarios y exigida por las autoridades de control. (5)
 - En cuanto al modelo de gestión de seguridad y salud en el trabajo, deberá estar enmarcada para los aspectos administrativos, recursos humanos y los técnicos; con el propósito de formar una cultura en seguridad y salud ocupacional integral, dando las responsabilidades correspondientes a todos los niveles jerárquicos de las empresas como son: directivos, gerencias, profesionales, administrativos, técnicos y trabajadores en general dentro de su estructura organizacional. (5)
 - La escasa bibliografía en el país relacionada con seguridad e higiene en el trabajo hace que se tome de referencia otras experiencias de países sudamericanos y de Norte América; si a esto le añadimos la falta de decisión de

las autoridades de control, de empresarios, accionistas, gerentes y la alta dirección de las compañías o empresas, para la aplicación de las normativas nacionales en materia de prevención de seguridad y salud laboral; más la carencia de profesionales con formación en seguridad y prevención de riesgos, hacen que los aspectos relacionados con la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores, sean difíciles de entender y materializar en los sitios de trabajo. Son por tales motivos y circunstancias que, es de relevante importancia el tener un modelo de sistema de gestión acorde a la realidad del país y específico del sector minero, que va a permitir guiar y gestionar los riesgos, controlar las pérdidas y sobre todo mejorar el bienestar de la fuerza laboral del sector minero del país. (5)

2.2 Generalidades unidad minera Yauricocha

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La unidad minera Yauricocha está ubicada en el distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima, aproximadamente a 12 km al oeste de la divisoria continental, localizada geográficamente en la zona alta de la cordillera Occidental Andina, muy cerca de la línea divisoria continental, en las nacientes de uno de los afluentes del río Cañete, el que desemboca en el Océano Pacífico.

El área de la mina se encuentra a una altitud promedio de 4 600 m s. n. m. Políticamente pertenecen a los distritos de Alis y Laraos, provincia de Yauyos, departamento de Lima.

Tabla 2. Accesibilidad a la unidad minera Yauricocha

Ruta 1	Distancia	Ruta 2	Distancia
Lima- Cañete	150km	Lima- Huancayo	180km
Cañete - Yauricocha	225km	Huancayo - Yauricocha	103km
TOTAL :	375km	TOTAL	283 km



**Figura 1. Plano de ubicación unidad minera Yauricocha
Tomado de Sociedad Minera Corona S. A.**

2.2.2 Mineralización

La mineralización en la unidad minera Yauricocha está conformada principalmente por pirita, cuarzo, enargita, calcopirita, bornita, covelita en el núcleo y parte central de los cuerpos; y masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita junto con algo de calcopirita en una ganga de calizas, arcilla y cuarzo en la periferie. Asimismo, la presencia de Au nativo se halla asociado a dichos sulfuros.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Implementación del Plan Anual de Seguridad y Salud Ocupacional.

2.3.2 Norma ISO 31000 – 2018

Cuando mencionamos la gestión de riesgos en una empresa, no solamente incluye temas de seguridad, la gestión de riesgos se ve como un paraguas para toda gestión de salud, gestión de medio ambiente, gestión financiera, gestión legal;

entonces bien, en todos los sectores mencionados los riesgos se mitigarán con el uso de esta herramienta si se siguen estas directrices. Lo cual es la base de la metodología del *bow tie*, que vamos a ver en esta investigación.

La norma ISO 31000 versión 2018 es una norma genérica que puede ser aplicada para cualquier tipo de organización, otorga las directrices para que cada empresa pueda definir y de acuerdo a su realidad gestionada los riesgos, las actividades de una empresa en trabajos de perforación en minería, no es lo mismo a otra empresa dedica a voladura, tienen sus propios riesgos tiene su propia cultura, su propia organización, entonces cada empresa debe establecer, la implementación de los controles y toda esta gestión.

No es lo mismo implementar en una empresa y llevarlo para otra, se debe desarrollar en cada una de las organizaciones, la norma ISO 3100, presenta:

- La ISO 3100 – 2018, es una norma genérica aplicable para cualquier tipo de organización.
- Da las directrices para que cada empresa pueda definir y de acuerdo a su realidad gestionar los riesgos.
- No es un estándar certificable.

La metodología del *bow tie*, en el concepto de riesgo, es más una elección que un destino al que se debe resignar, es decir la empresa determina el riesgo, en un principio, la organización internacional para la estandarización (ISO) definió el riesgo como la combinación de la probabilidad de un evento, nos dice acerca de la probabilidad de un evento y su consecuencia, es decir la probabilidad y la consecuencia.

2.3.3 Lineamientos de la Gestión de Controles Críticos

El proceso de GCC es una técnica viable para desarrollar, mejorar el control de la administración sobre siniestros poco frecuentes, pero posiblemente catastróficos,

centradas en los controles básicos. Este tipo de ocasiones se denominan siniestros significativos no deseados (SSND). Entre los casos de SSND en el sector minero se encuentran los incendios subterráneos, las explosiones de polvo de carbón y la sobreexposición a partículas de diésel. En cualquier caso, no todos los SSND son ocasiones abruptas. También pueden incluir, por ejemplo, la posible exposición de grupos de trabajadores a agentes cancerígenos o a diferentes niveles o tipos de exposición, durante un periodo de tiempo prolongado. Este tipo de sucesos puede provocar diferentes pérdidas entre los trabajadores, pero además influye en la prolongada viabilidad de una organización. (6)

En definitiva, suponen un gran peligro para la organización. La previsión del SSND requiere una consideración explícita desde el nivel más elevado del deber de una asociación, junto con otros enormes peligros para la actividad minera (6).

El enfoque del CCG depende de:

- Tener claro qué controles son realmente significativos: los controles básicos (etapa 4).
- Definir la exposición que se espera de los controles básicos (etapa 5): cómo el control básico debe ocuparse de prevenir la desgracia.
- Decidir qué aspectos deben probarse o comprobarse (etapa 5) para garantizar que el control básico funciona como se espera.
- Asignar el deber de ejecutar el control básico: ¿quién es el responsable de su actividad? (etapa 6).
- Informar sobre la exposición del control básico (etapa 8).

El GCC se centra además en los controles particulares que se proponen para prevenir o limitar un SSND. En este sentido, se puede establecerse de forma más rápida y eficaz que con las técnicas descritas anteriormente. Cualquier programa de cambio impulsado por la administración, debe ofrecer "ventajas rápidas" para demostrar que el cambio funciona (6). El enfoque GCC, se centra en la realización de actividades más razonables y aparentes para los controles básicos. Esto mejorará la probabilidad de que se mantenga el cambio de énfasis en el seno de

una organización (es decir, el mantenimiento de las mejoras en términos de seguridad personal, perfeccionando al mismo tiempo el control de la dirección sobre los SSND). (6)

El enfoque de GCC se centra en:

- Identificar los controles vitales (donde existen varios controles).
- Identificar los controles críticos.
- Asegurarse de que los líderes y supervisores comprueban los controles críticos, para confirmar si realmente sirven para lo que deben servir.

A. Pasos de ejecución

1°. Planificación de la interacción

Esta progresión retrata las contemplaciones identificadas con el avance de un plan de tareas, que dirigirá la ejecución del ciclo general. (6)

Resultado propuesto: fomentar un acuerdo que describa el alcance de un emprendimiento, incluyendo las actividades a realizar, por quién y en qué plazo. (6)

Actividad 1: elaboración de un plan de proyecto.

2° Identificación de siniestros significativos no deseados (SSND)

En esta progresión, se reconocerán los riesgos fundamentales y los SSND, y después se estudiarán los peligros significativos conocidos (y además oscuros) para comprobar si son esenciales para la organización. Esto garantizará que el proceso de GCC se dirija a los SSND más aplicables. Además, se analizará si es factible acabar con un SSND mejorando en el diseño de la operación. Se espera que estas mejoras disminuyan la probabilidad de que se produzca un SSND, o el efecto de sus resultados, de modo que el SSND deje de suponer un gran peligro. El resultado de esta progresión incorpora un registro de "descripción de riesgos" que resume los datos esenciales del SSND. (6)

Resultado previsto: identificar los SSND que deben ser supervisados. Resumir los datos esenciales de cada SSND.

Actividad 1: Identificar los riesgos y los SSND fundamentales.

Actividad 2: Comprobar si los SSND abordan un peligro crítico.

Actividad 3: Evaluar las libertades para prescindir de los SSND realizando mejoras en el plan.

Actividad 4: Describir el SSND, incluyendo el riesgo relacionado, el sistema de entrega y sus resultados.

3° Identificación de los controles

En este paso, se reconocen todos los controles (existentes y posibles) para cada SSND; luego, en ese punto, en el paso 4, se distinguen los controles críticos. Un control se caracteriza por ser una demostración, un objeto (planificado con técnicas de diseño) o un marco (mezcla de acto y objeto) cuya razón de ser, es prevenir o moderar un siniestro no deseado. Los dispositivos que ofrece la Guía de Buenas Prácticas, pueden ayudar a distinguir los controles conocidos y los probables.

Cuando se distinguen, los controles se utilizan para fomentar un gráfico de corbata para cada SSND. (6)

Resultado a conseguir: distinguir la prueba de los controles para cada SSND, tanto los existentes como los nuevos controles concebibles, incluyendo el avance de un diagrama bow-tie.

Actividad 1: Identificación de los controles

Actividad 2: Elaboración de un diagrama *bow tie*.

Actividad 3: Evaluación del diagrama *bow tie* y de los controles.

4° Selección de controles críticos

Este paso consiste en elegir los controles críticos de entre los reconocidos en el paso 3. Un control crítico es un control que es vital para prevenir un SSND o moderar sus resultados. La ausencia o el fallo de un control crítico puede aumentar esencialmente el peligro de que se produzca un SSND, a pesar de la presencia de otros controles. (6)

Resultado previsto: seleccionar los controles básicos para los SSND. Resumir los datos sobre los controles básicos.

Actividad 1: Selección de controles críticos

Actividad 2: Comprobar la pertinencia de los controles críticos.

Actividad 3: Resumen de los controles críticos para cada SSND.

5° Definición de los resultados y elaboración de informes

El paso 5 caracteriza los destinos de los controles críticos y las necesidades de exposición de cada control crítico, por ejemplo, la exposición base esperada de un control crítico para garantizar que mitiga adecuadamente el peligro de que ocurra un SSND. Este paso distingue los ejercicios que influirán en la presentación de los controles crítico. Estos ejercicios que permiten comprender cómo se puede verificar un control crítico en la práctica y dan un instrumento para observar la situación con un control crítico. (6)

Resultado previsto: caracterizar los objetivos de los controles críticos los requisitos de exposición y la técnica que se utilizará para comprobar la presentación de los controles críticos.

Actividad 1: Definir el objetivo de un control críticos.

Actividad 2: Definición de los requisitos de desempeño de los controles críticos.

Actividad 3: Identificación de las actividades que influyen en el desempeño de los controles críticos.

Actividad 4: Definición de las actividades de confirmación o "prueba".

6° Asignación de responsabilidades

En este paso 6, la designa de la responsabilidad o "posesión" de cada SSND, cada control crítico y cada acción de confirmación, desde la actividad individual hasta el grupo de supervisión de la organización. Esto incorpora la caracterización de las responsabilidades de cada "propietario", como obligaciones de responsabilidad. (6)

Resultado previsto: desarrollar una lista de responsables para cada SSND, cada control crítico y cada movimiento de comprobación. Desarrollar un plan de verificación e informar para comprobar y cubrir el estado funcional de cada control básico. (6)

Actividad 1: Asignar funciones de propiedad y responsabilidad de rendición de cuentas.

7° Aplicación específica en una granja

Este paso describe cómo se puede ejecutar una interacción de GCC, en una explotación. Esto incluye el ajuste de los pasos del proceso de GCC, para la interacción SSND (pasos 2 a 6) con el objetivo de que recuerden datos detallados sobre la explotación de que se trate, lo cual requiere ajustar las representaciones de riesgo de la SSND (paso 2), las pruebas reconocibles de los controles y los controles críticos (pasos 3 y 4), los resúmenes de los datos de los controles críticos y los planes de comprobación y detalle (paso 5), y los "propietarios" asignados a nivel de explotación (paso 6). (6)

Resultado previsto: caracterizar un plan de confirmación y de anuncio para el SSND. Planificar una metodología para ejecutar el CQM a nivel de rancho.

Actividad 1: Adaptar la interacción GCC al nivel de explotación.

Actividad 2: Revisar la técnica de GCC de la explotación.

Actividad 3: Desarrollar un arreglo para ejecutar el sistema de GCC a nivel de la explotación.

Actividad 4: Implementar el plan.

8° Verificación e informes

El paso 8 es el principal avance del proceso de la GCC. Los propietarios de cada acción de verificación y revelación completarán los ejercicios correspondientes. El administrador de GCC de la actividad debe prestar ayuda durante las primeras iteraciones, para que los distintos propietarios puedan desempeñar eficazmente las partes que les corresponden dentro de la interacción de la GCC. (6)

Resultado a realizar: realizar ejercicios de comprobación e informar sobre el proceso. Caracterizar e informar sobre la situación de cada control crítico.

Actividad 1: Realizar actividades de comprobación

Actividad 2: Elaborar el informe

9° Respuesta a la ejecución insuficiente de los controles críticos

La reacción ante la ejecución deficiente de los controles críticos vendrá dictada por las consecuencias de los ejercicios de confirmación y detallado que se describen en el paso 8. Dicha respuesta es significativa, ya que es valiosa para inspeccionar los controles críticos y ayuda a seguir desarrollando el enfoque general de la GCC. (6)

Resultado esperado: los responsables de los controles críticos y los SSND conocen el funcionamiento de los controles críticos. En el caso de que su actividad sea insuficiente en función de lo dispuesto o a raíz de un suceso, será importante investigar y realizar medida para mejorar el funcionamiento de trabajo en cada actividad o eliminar el estado "crítico" de los controles.

Actividad 1: adoptar medidas cuando la actividad cuando los controles críticos están funcionando insuficientemente.

Actividad 2: Investigar las explicaciones que subyacen al bajo rendimiento de los controles básicos.

Actividad 3: Utilizar las secuelas del examen para seguir desarrollando la interacción del GCC.

2.3.4 Descripción de la metodología de *bow tie*

Se trata de una metodología de evaluación de riesgos que puede utilizarse para investigar y mostrar las conexiones de las situaciones de alto riesgo y sus causas. La técnica recibe su nombre de la forma del diagrama, en el que se realiza, que se parece a una corbata de hombre. Un diagrama de *bow tie* cumple dos cosas. En primer lugar, no es más que un vistazo general a todas las situaciones de percance concebibles que podrían existir en torno a un peligro determinado. Además, al

reconocer las estimaciones de control permite mostrar cómo una organización se ocupa de controlar esas situaciones de riesgo. (4)

Es todo menos una representación realista de los elementos del peligro, que muestra las conexiones entre las causas, los controles, la pérdida de control de la ocasión y las ramificaciones de cada situación. (4)

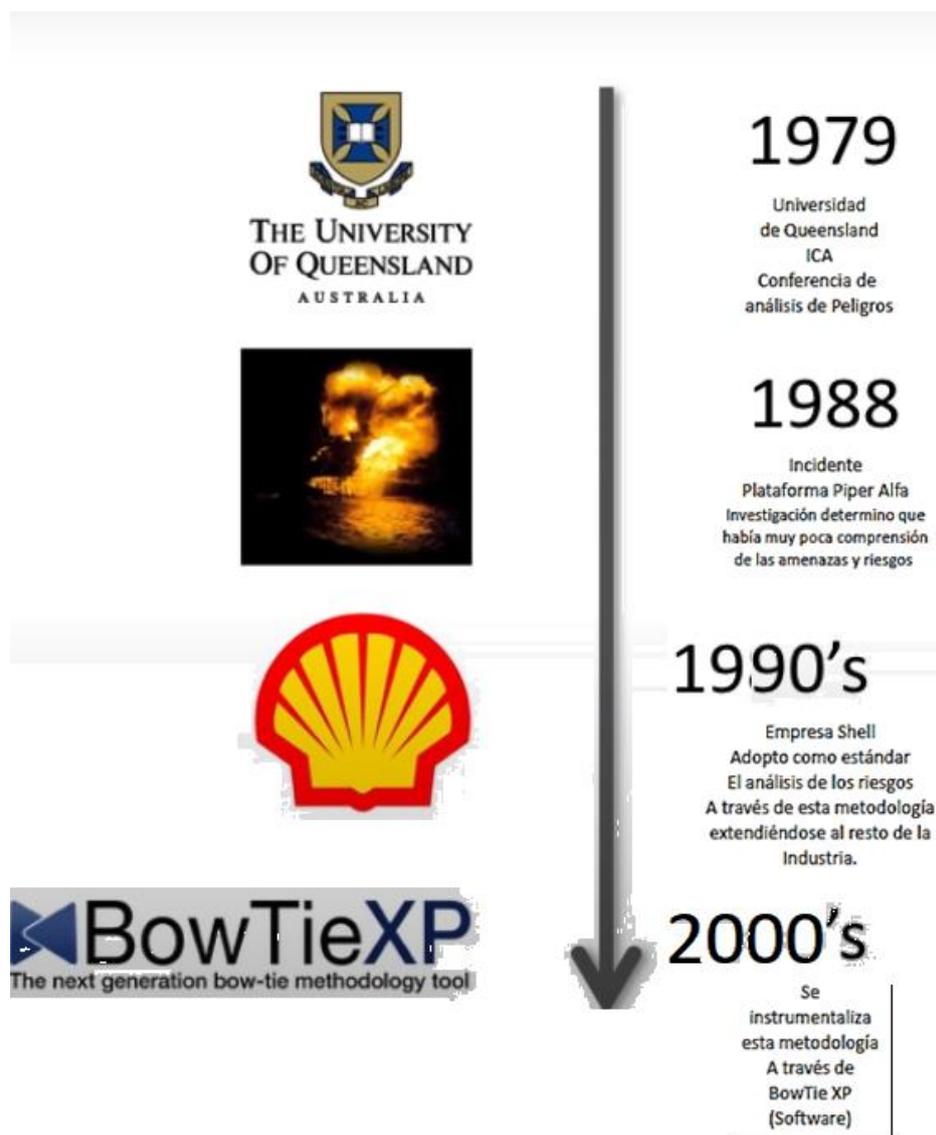


Figura 2. Historia de la metodología bow tie

La metodología *bow tie* resulta de la combinación de las tres investigaciones de accidentes:

- **Análisis del árbol de fallas (en inglés: Fault tree analysis, FTA):** es un modelo utilizado en la investigación de riesgos y en la gestión de riesgos, se utilizado en la aviación, el diseño y la atención médica. Compara los sistemas humanos a varias rebanadas de queso suizo, que se apilan juntos. Fue propuesto inicialmente por James T. Reason, de la Universidad de Manchester, y ha adquirido efectivamente un amplio reconocimiento. De vez en cuando se denomina modelo de impacto total. (7)
- **Análisis del árbol de fallas (en inglés: Fault tree analysis, FTA):** es un examen de deficiencias (descendente) deductivo en el que una condición no deseada de un marco se disecciona utilizando un razonamiento booleano para formar una progresión de ocasiones de bajo nivel. Esta estrategia de examen se utiliza principalmente en los campos de diseño de bienestar y diseño de fiabilidad para ver cómo los marcos pueden fallar, para reconocer los enfoques más ideales para disminuir un peligro, o para decidir (o empezar a comprender) los ritmos de las ocasiones de un percance de seguridad o decepción (utilitaria) de un nivel específico de un marco. (7)
- **Análisis de árbol de eventos (ETA):** es una estrategia de examen que se utiliza para diseccionar los impactos de los marcos averiados o bombardeados, una vez que se ha producido la ocasión. La hora estimada de llegada es un activo increíble que distinguirá cada uno de los resultados de un marco que tiene una probabilidad de ocurrir después de una ocasión de inicio que se puede aplicar a una amplia gama de marcos. Este método puede aplicarse a un marco desde el inicio del ciclo del plan para reconocer los posibles problemas que puedan surgir, en lugar de modificar los problemas después de que ocurran. Con esta interacción inteligente en marcha, la utilización de la hora estimada de llegada como dispositivo en la evaluación de riesgos puede ayudar a evitar que se produzcan resultados adversos, proporcionando al evaluador de riesgos la probabilidad de que se produzcan. La hora estimada de llegada utiliza un tipo de método de demostración llamado árbol de ocasiones, que ramifica las ocasiones a partir de una ocasión solitaria utilizando un razonamiento booleano. (7)

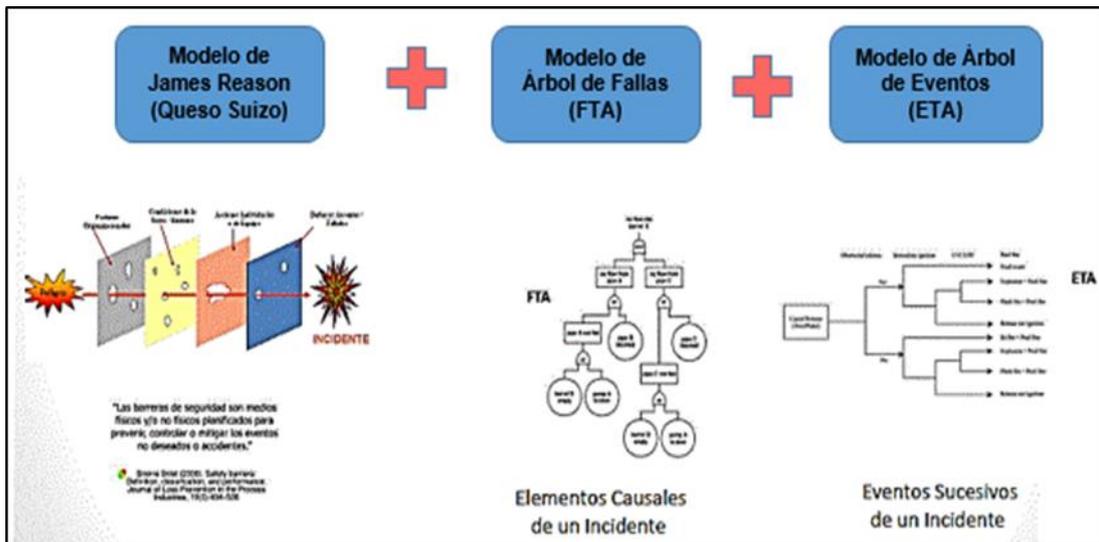


Figura 3. Organización de la metodología bow tie

2.3.4.1. Diseño de la filosofía bow tie

- Hazard o Peligro: acción o condición que puede producir daño.
Pregunta: ¿Cuáles son sus Peligros? (8)
- Top Event o Evento Top: es el evento más importante que puede suceder, donde se pierde el control. (8)
Pregunta: ¿Qué pasa cuando ocurre el peligro? ¿Qué pasa cuando se pierde el control? (8)
- Threat o Amenaza / Causa: son los elementos causales, estos habilitan que se desarrolle el peligro. (8)
Pregunta: ¿Cuál es la causa que libera el peligro? (8)
- Consequence o Consecuencia / Resultado: elemento posterior al Evento Top.
Pregunta: ¿Cómo se puede desarrollar el evento y cuáles son las posibles consecuencias? (8)
- Preventive Barrier o Barrera Preventiva: estas son barreras de protección, evita que el peligro se libere. (8)

Pregunta: ¿Cómo evitamos que el peligro se libere, ¿cómo mantenemos el control? (8)

- Recovery Barrier o Barrera de Recuperación: permiten recuperar la normalidad o mitigar las consecuencias (8)

Pregunta: ¿Cómo limitamos la gravedad del evento y cómo disminuimos los efectos?. (8)

- Escalation Factor o Factor de Intensificación: Control del factor de escalamiento, esto permite retomar el control. (8)

Pregunta: ¿Cómo pueden fallar las barreras o como podrían ser afectadas la efectividad de las barreras? ¿Cómo aseguramos que las barreras NO FALLEN? (8)

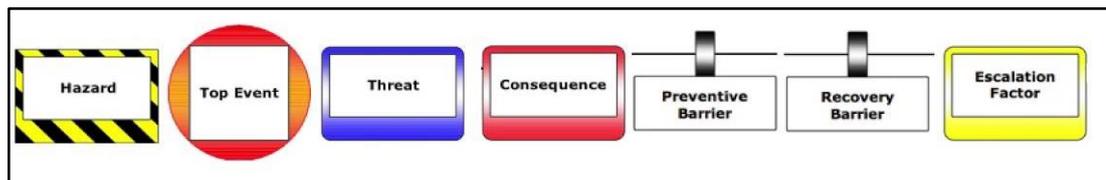


Figura 4. Estructura de la metodología bow tie
Tomado de www.cgerisk.com

2.3.4.2. Pasos para elaboración de un *bow tie*

1° Identificación del riesgo (evento principal, evento top, etc.) Riesgo / evento top:
El evento / incidente inicial o la pérdida de control inicial. (8)

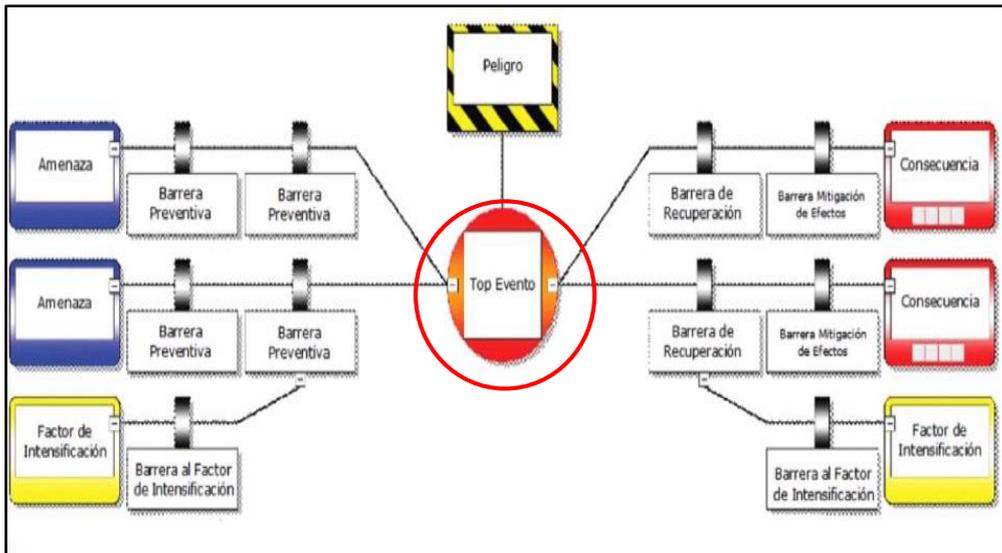


Figura 5. Estructura de la metodología bow tie-primer paso
Tomado de www.cgerisk.com

Listado de riesgos de seguridad:

- Inventario de riesgos
- Registro de incidentes
- Fuentes externas (sucesos, casos, incidentes, etc.)
- Lluvia de ideas de los talleres.
- Revisión de todo el contenido del sistema gestión de seguridad.

2º Identificación de causas

La causa es el mecanismo que puede liberar o causar exposición al peligro de una manera no controlada. (8)

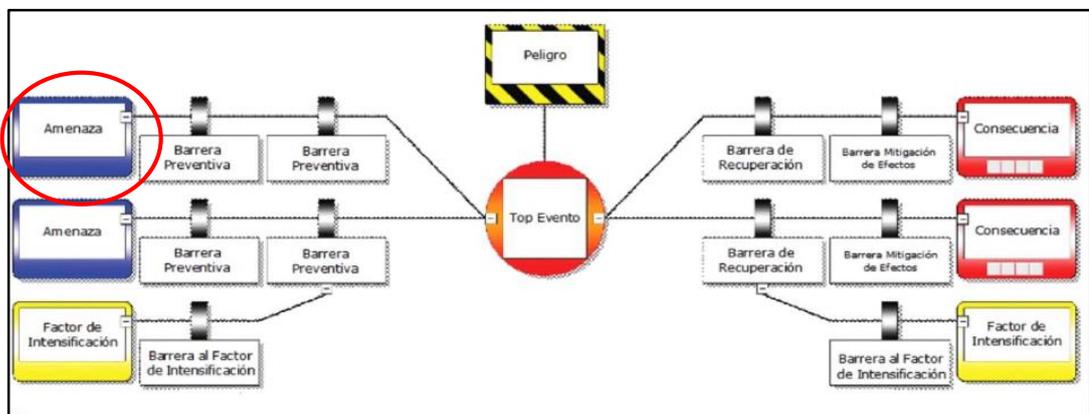


Figura 6. Estructura de la metodología bow tie-segundo paso
Tomado de www.cgerisk.com

Mecanismos que pueden liberar el peligro. (8)

- Son causas todos los motivos por los cuales podría ocurrir el evento top.
- Las causas identificadas se deben listar en este sector izquierdo del BT.
- Si fuese necesario, se deberán agrupar.
- Al menos, cada evento top debería tener 1 causa.

No puede ser la falla de un control: (8)

- Falta de inspección de pre uso (causa real pueden ser errores o fallas no identificados, a competencias de los trabajadores).
- Falta de compromiso (causa real puede ser la resistencia al cambio)

3° Identificación de Impactos

Eventos o cadena de eventos que resultan de la liberación de un peligro

Existen consecuencias de:

- Seguridad
- Salud
- Medioambiente
- Comunidad / social
- Legal
- Imagen
- Reputacional

Consecuencia: eventos o cadena de eventos, resultado de una liberación de o exposición a un peligro. (8)

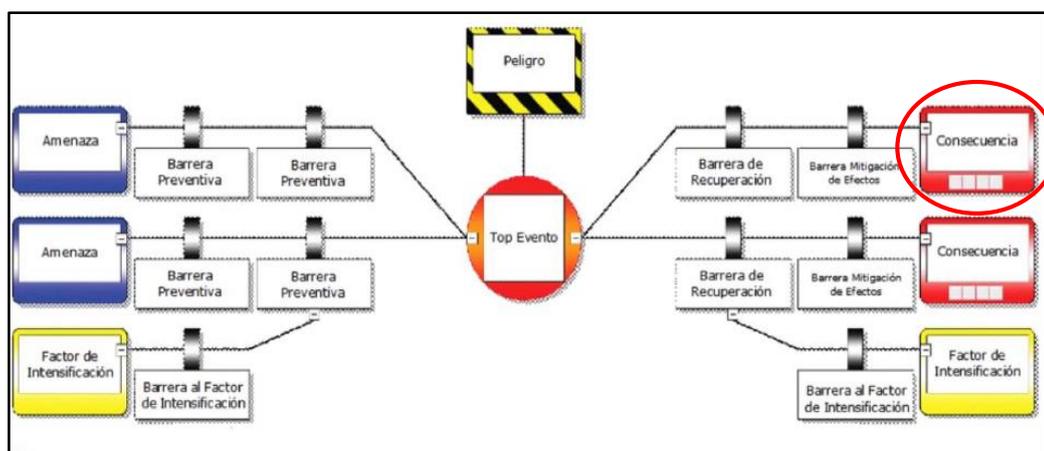


Figura 7. Estructura de la metodología bow tie-Tercer paso
Tomado de www.cgerisk.com

4° Identificación de controles preventivos y mitigadores

Mecanismos que pueden liberar el peligro, como identificar un control: (8)

Si cumple los tres ítems entonces si es considerado como control.

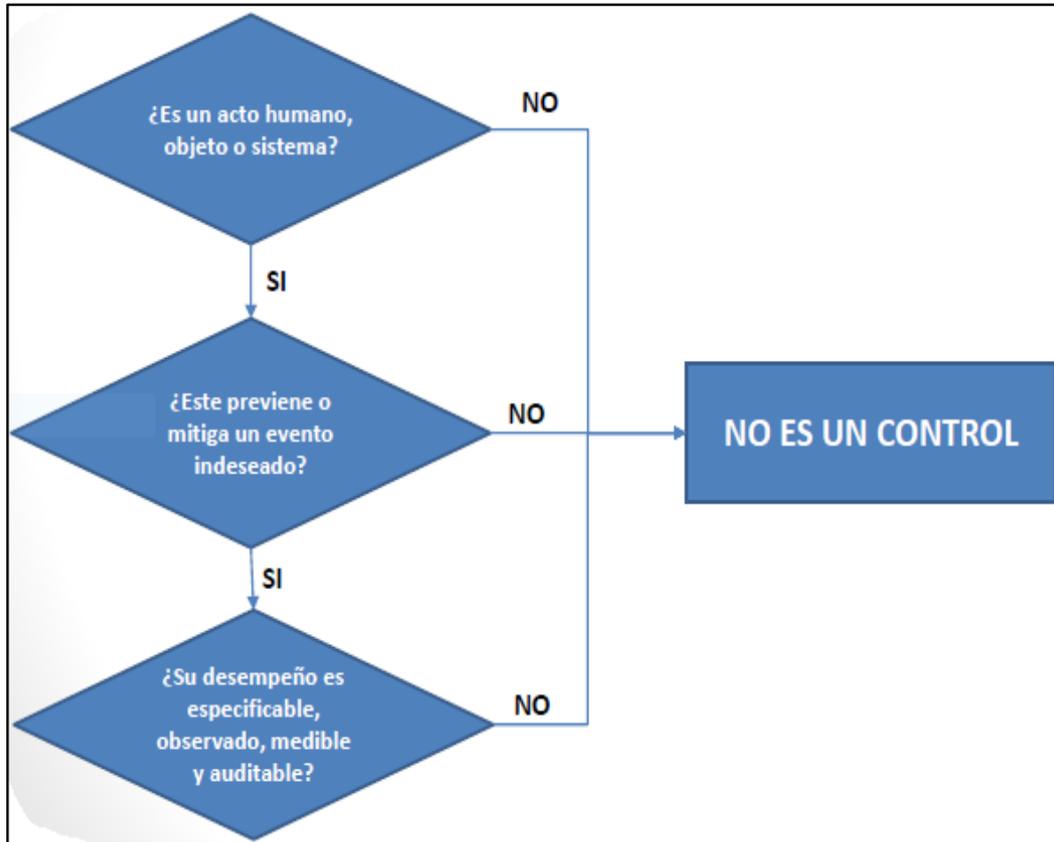


Figura 8. Identificación de Controles Preventivos y Mitigadores.

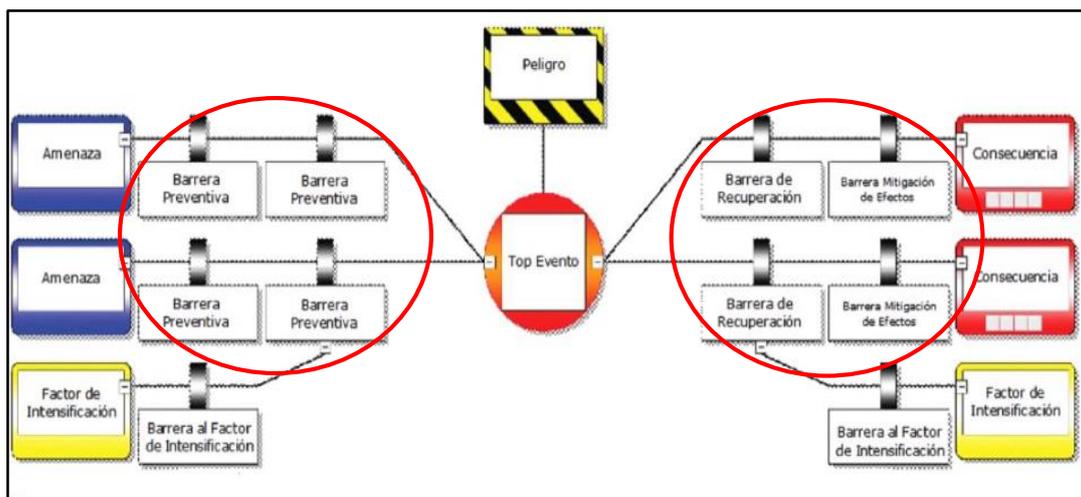


Figura 9. Estructura de la metodología bow tie-Cuarto paso
Tomado de www.cgerisk.com.

Previene la causa que determina un evento

Controles preventivos

- Controles para, ya sea prevenir la causa en sí misma o prevenir la causa resultante del evento top. (8)

Previene / reduce frecuencia de la causa

Controles de mitigación

- Controles que reducen o eliminan la consecuencia. Incluye los controles para recuperar tan rápido como sea posible luego de que una consecuencia ha ocurrido. (8)

Ingeniería

Hardware, estándares, límites de operación, etc.

Ejemplos:

- Protecciones en correa transportadora
- Alarma de alto nivel
- tranque de relaves

Sistema

Procedimientos documentados, lista de verificación, estándares.

Ejemplos:

- Procedimiento para descarga de H₂SO₄
- Permiso de trabajo seguro

Complementario/otros

Controles que pueden ser aplicables en ambas categorías.

Ejemplos:

- Práctica - acompañante para nuevos operadores.
- Práctica - análisis preliminar de los riesgos.

5° Identificación de controles críticos (para todas las causas e impactos)

Los controles críticos tienen una función fundamental en la administración de riesgos. (8)

Si se ven comprometidos pueden dar lugar o contribuir en forma sustancial al desarrollo del evento de riesgo. Por esto existe un alto grado de confianza en estos controles para administrar el riesgo. Los controles no son negociables.

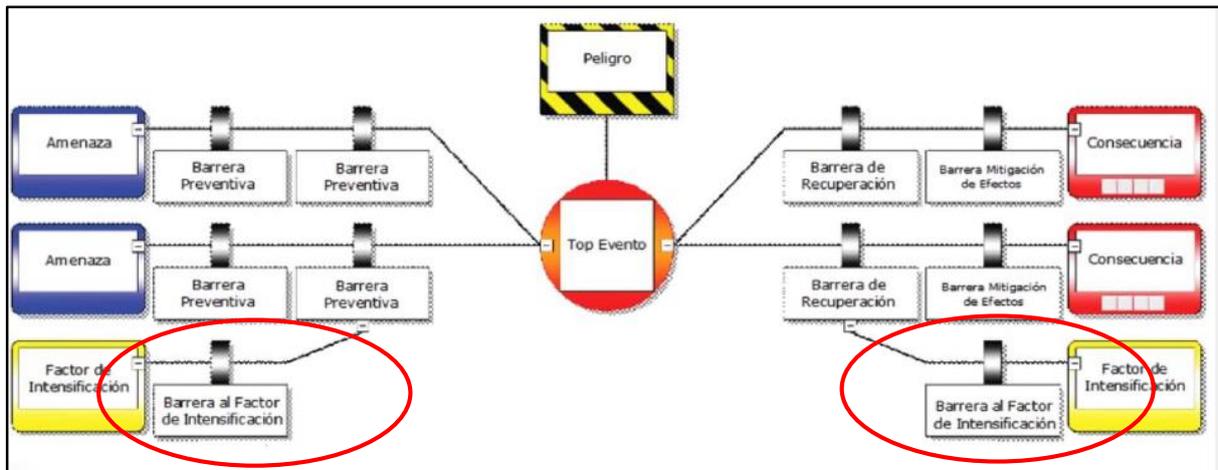


Figura 10. Estructura de la metodología bow tie-Quinto paso

Tomado de www.cgerisk.com.

Basados en la Ingeniería

- Se ejecutan automáticamente y no requieren intervención humana.
- Pueden incluir ya sea un hardware como también controles automáticos.
- Están diseñados para lograr un nivel de control repetitivo a un nivel establecido de disponibilidad.
- La confiabilidad de estos se logra a través de sistemas de administración que involucran revisiones permanentes y mejoramientos de desempeño.

Basados en sistemas

- Son ejecutados por individuos con los límites de un sistema de gestión.
- La ejecución se basa en procedimientos definidos, normas o protocolos.
- La confiabilidad del control se logra a través de revisiones de gerencia y seguimiento.

Indicadores de controles críticos:

- Controles listados en múltiples causas / consecuencias
- Alta probabilidad / alta frecuencia / causas dominantes.
- Enfocado al mecanismo de liberación
- Enfocado en una consecuencia de alta severidad (ej., muerte)
- El único control para las causas / consecuencias
- Típicamente posee un nivel alto en la jerarquía de controles y aquellos con calidad alta.
- Se enfoca en el 20% de los controles que contribuyen al 80% de la gestión del riesgo.

Se hace relevante el principio de la jerarquía de controles, esto con el fin de que se tenga en cuenta los controles de ingeniería para ser seleccionados como controles críticos, esto debido a que son un tipo más eficaz de control. (9)



Figura 11. Jerarquía de controles de riesgo

Tomado de Fuentes Garrido, J. (2010). Investigación y aplicación de técnicas de control de ruido al interior de cabinas de la Flota de camiones de compañía minera Cerro Colorado

OJO: No es un control crítico: procedimientos, entrenamientos y capacitación.

Tener presente siempre: la ausencia o falla de un “control crítico” es motivo suficiente para detener o no iniciar un trabajo hasta que no esté presente o correctamente implementado.

6° Análisis de idoneidad del control crítico

Se debe asegurar que los controles críticos tengan un alto desempeño para evitar que ocurra el evento o que se disminuya su consecuencia / impacto.

Evaluación del control de los siguientes ítems.

- Diseño

Preguntas:

- ¿El diseño es apropiado? ¿Controla el riesgo?
- ¿Como se incluye a los trabajadores en la implementación de este control?
- ¿Se baso el diseño en estándares/reglamentos relevantes?

- Administración

Preguntas:

- ¿Qué tipo de responsabilidad existe para este control?
- ¿Cómo se aplica el sistema de gestión del contratista para este control?
- ¿Cómo se aplica el proceso de gestión del cambio a este control?
- ¿Qué tan bien documentado está este control?

- Operabilidad y Mantenibilidad

Preguntas:

- ¿Este control funciona como debería en toda su gama de condiciones de operación normal?
- ¿Qué pasa cuando este control falla?
- ¿Cómo se mantiene este control? (en forma preventiva / reactiva)
- ¿Cómo se supervisa y revisa este control?
- ¿Es posible el mantenimiento de este control?

- Capacitación y Competencia

Preguntas:

- ¿Qué sistema existe para capacitar al personal que utiliza este control?
- ¿Se evalúa al personal para determinar su competencia en la comprensión / uso de este control?
- ¿Hay recursos suficientes para la capacitación?

Clasificar los criterios para cada control crítico / Registro de acciones para mejorar la idoneidad del control.

2.3.5 Conceptualización de la prevención de accidentes

Como actividad industrial, la minería a menudo es peligrosa, pero esto no significa que no se pueda llevar a cabo de manera segura. Además, los miembros del ICMM están trabajando en pro de una visión común de cero accidentes mortales. Si se cuenta con una gestión de riesgos eficaz, se pueden evitar los accidentes. (10)

La salud y la seguridad deben ser el eje central de todas las operaciones y procesos; se deben adoptar todas las medidas prácticas y razonables que sean necesarias para erradicar los accidentes mortales en el lugar de trabajo, las lesiones y las enfermedades de las actividades mineras y metalúrgicas. Entre los peligros clave de especial importancia para la minería se incluyen:

- Derrabes/hundimientos/actividad sísmica, especialmente en ambientes subterráneos
- Colisiones de vehículos con otros vehículos, con material fijo y con personal, ya sea por tierra, mar o aire
- Explosiones, especialmente debido a la acumulación de gases, algo que resulta especialmente peligroso (si bien no exclusivo) en la minería del carbón
- Un fallo catastrófico de las infraestructuras mineras (por ejemplo, un depósito de relaves o fallas en las paredes de la mina, “explosiones” y “avalanchas”)
- Incidentes de seguridad aérea.

La lista anterior no es exhaustiva, pero sirve para mostrar la amplia variedad de riesgos presentes en el lugar de trabajo que pueden dar como resultado accidentes mortales. El ICMM elabora cada año un informe de seguridad minera que abarca los datos de accidentes mortales y de lesiones de sus miembros. Su objetivo es fomentar la información y el intercambio de esta entre sus miembros, además de

catalizar el aprendizaje en la industria respecto a dónde centrar los esfuerzos. Puede leer el último informe sobre datos de seguridad aquí. (10)

2.3.6 Desprendimiento de roca

El peligro y la amenaza que puede suponer la ausencia de control del problema de la subsidencia en la unidad minera es la ruptura o el posible hundimiento de las operaciones mineras subterráneas, al personal y equipos de la unidad minera. (11)

Se debe aplicar un control severo, diario y estándar de las actividades mineras, reuniendo datos de la masa de piedra para adquirir registros de Q y RMR, condiciones de resistencia, aplicando programación geotécnica y geomecánica, estimaciones numéricas de observación y un inmenso programa de instrumentación según la comprobación de los sensores para evitar y moderar implosiones que causen percances mortales a la fuerza de trabajo y daños a los aparatos de trabajo. (11)

2.3.7. Región de estudio

La unidad minera Yauricocha está ubicada en el distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima, a una altitud de 4,600 m s. n. m. se observa la ubicación, acceso, medio ambiente antrópico que rodea la mina y la ubicación de las labores mineras. (11)



Figura 12. Ubicaciones de labores mineras
Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha

2.3.8. Material y método

El sustento del examen especializado de este trabajo es prever los riesgos, peligros, avalanchas, conocer si la presencia de las actividades pasadas y la estrategia de mal uso y hundimiento por subniveles son controlables o predecibles para alejar los percances al personal y el debilitamiento del engranaje de la organización como se muestra en la figura. (11)

La mina de Yauricocha es un almacén xenotérmico (alta temperatura y bajo factor de presión), donde la mineralización ocurre en cuerpos y además en vetas. (11)

Cuerpos mineralizados. Para las motivaciones de esta investigación, son de interés los cuerpos mineralizados Mascota, Catas, Antaca, Rosaura y Antaca Sur, los cuales se encuentran en las calizas del arreglo Jumasha y se reúnen tanto en el interior de la caliza como a lo largo del contacto con las lutitas. La mina Yauricocha entrega actualmente 70.000 toneladas de metal, con sustancia de Zn, Pb, Cu y Ag. (11)



Figura 13. Perfil de las labores mineras (niveles) y los materiales geológicos y estructuras mineralizadas presentes en la mina (11)
Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha

2.3.9. Evaluación del desplazamiento de la roca

La situación o tema de discusión es el fenómeno de la subsidencia, que es uno de los problemas principales en la mina, por las excavaciones subterráneas, las labores suprayacentes y el método de explotación hundimiento por subniveles para la explotación de cuerpos mineralizados con potencia mayor a 5 metros. No realizan relleno en los tajos explotados. El método de hundimiento por subniveles no lo permite, se aplica el derrumbamiento de las paredes y techo. Se forma en la parte central una zona de derrumbamiento y en sus alrededores una zona de fisuraciones, fracturamiento, fallas diaclasas o juntas desde el punto de vista geotécnico-geomecánico, además se debe acotar la presencia de vetas de diversas anchuras. (11)

Las zonas de fracturamiento, diaclasas, fallas o juntas (juntas con fracturamientos de roca que no se pueden diferenciar entre diaclasas o fallas o fisuras). Es muy importante deslindar la diferencia que existe en la roca cuando se forma como resultado de las deformaciones por flexión del aspecto de formación,

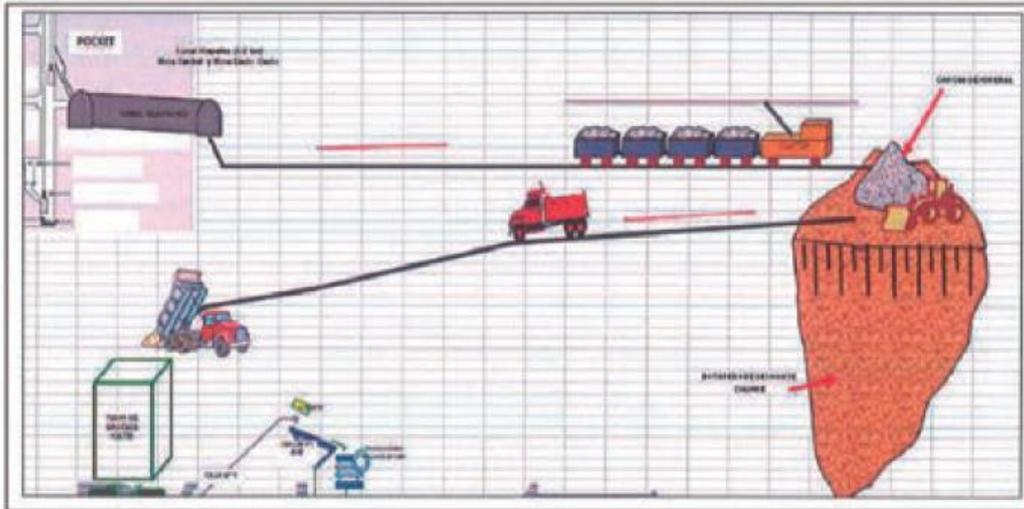


Figura 15. Metodología y proceso de transporte del material mineralizado para aplicar el sistema metalúrgico (11)

Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha

En la superficie, desde el punto de vista geotécnico se refleja en esta zona las terrazas escalonadas de hundimiento, divididas por grietas y zonas de debilidad paralelas a los límites de la zona colapsada o de subsidencia. (11)

El riesgo y peligro que se puede ocasionar por la falta de control del problema de subsidencia en la unidad minera es el colapso y/o hundimiento de las labores mineras subterráneas, accidentes al personal y equipos de la unidad minera. (11)

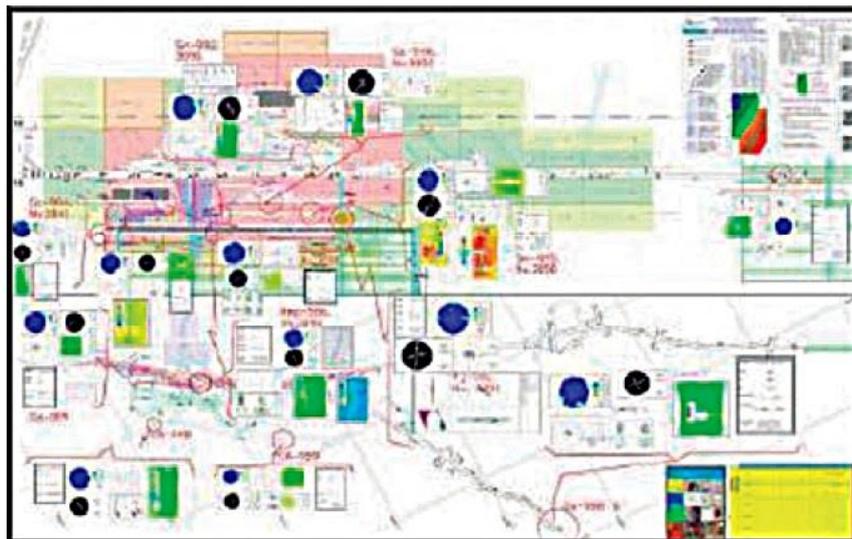


Figura 16. Software Phases que simula la estabilidad o desestabilidad según presiones
Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha

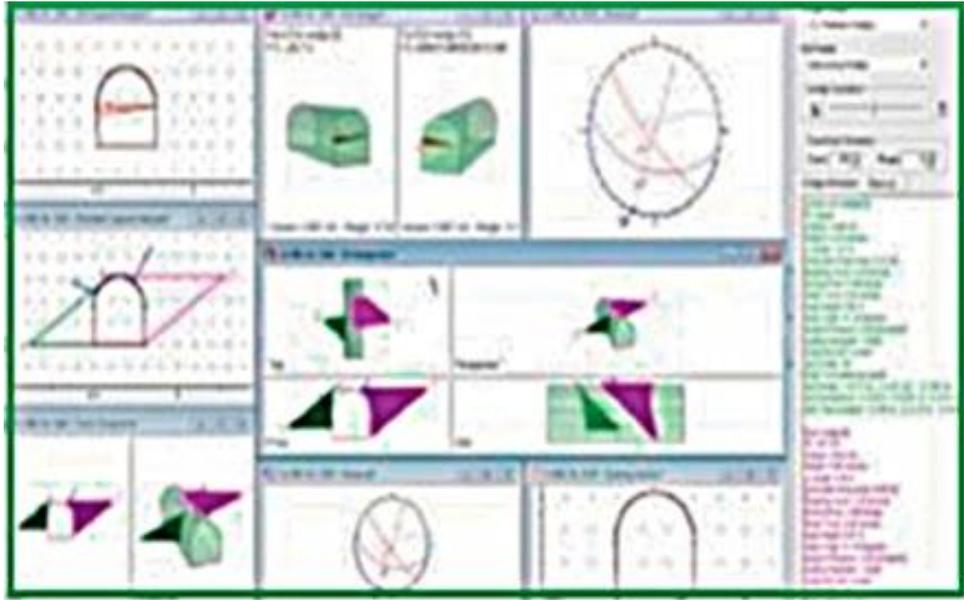


Figura 17. Software Unwedge que simula las cuñas en presión litostática confinada Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha

Da la geometría y el eje del sentido de movimiento de las cuñas, condiciones de estabilidad y los factores de seguridad, como también da posibilidades de estabilizar el macizo rocoso fracturado con anclajes. (11)

2.3.10. En la actualidad

En lo que concierne a la estabilidad de las galerías, compete a una sinergia del departamento de seguridad según los estudios geotécnicos, parte externa en el relieve superficial de condiciones de estabilidad y en la parte interna. (11)

Las investigaciones geomecánicas (RMR-Q) y condiciones del macizo rocoso (roca fresca con relación al fracturamiento como también el análisis de GSI, familias de fracturamiento y la resistencia de la roca). (11)

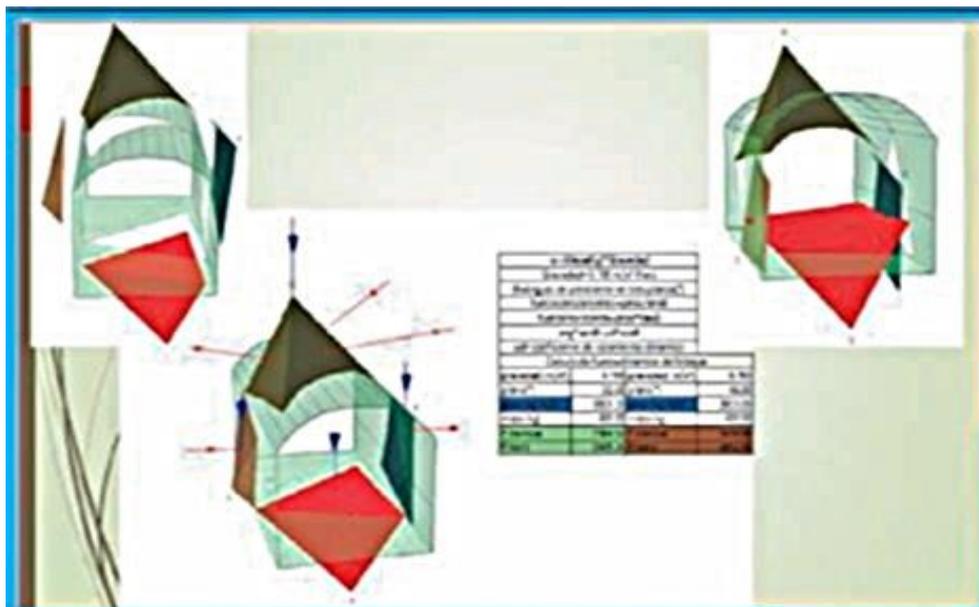


Figura 18. Cálculo físico-matemático para calibrar los softwares de Swedge y verificar el buen desempeño de softwares bien definidos
Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha

TIPO	CALIDAD	TIPO DE SOSTENIMIENTO	CANTIDAD RECOMENDADA	SOSTENIMIENTO ANCLAJADO		TIPO DE ANCLAJE	VUE	VUE	VUE
				LABORES DE DESARROLLO < 3.0m	LABORES DE DESARROLLO > 3.0m - 5m				
1	MUY BUENA		Macizo rocoso bien con algunas fracturas, pero a ligeros metros de la cara para mantener un apoyo natural.	De apoyo a permanente	De apoyo a permanente	1.5m	75	75	75
2	BUENA		Macizo rocoso bien con pocas fracturas, ligeros efectos de subsidencia controlable.	Sostenimiento controlado con cables de 5.0m	Sostenimiento controlado con cables de 3.0m	1.5m	65	65	65
3	REGULAR		Macizo rocoso moderadamente bien con algunas fracturas de fracturas general de algunas fallas, subsidencia moderada a ligeros efectos de subsidencia controlable.	Sostenimiento controlado con cables de 3.0m y 1.5m	Sostenimiento controlado con cables de 3.0m y 1.5m	1.5m	55	55	55
4	REGULAR		Macizo rocoso moderadamente bien con algunas fracturas de fracturas general de algunas fallas, subsidencia moderada a ligeros efectos de subsidencia controlable.	Sostenimiento controlado con cables de 3.0m y 1.5m	Sostenimiento con Puntos de apoyo (1.5m) y 1.5m	1.5m	45	45	45
5	REGULAR		Macizo rocoso moderadamente bien con algunas fracturas de fracturas general de algunas fallas, subsidencia moderada a ligeros efectos de subsidencia controlable.	Sostenimiento controlado con cables de 3.0m y 1.5m	Sostenimiento con Puntos de apoyo (1.5m) y 1.5m	1.5m	35	35	35
6	REGULAR		Macizo rocoso moderadamente bien con algunas fracturas de fracturas general de algunas fallas, subsidencia moderada a ligeros efectos de subsidencia controlable.	Sostenimiento controlado con cables de 3.0m y 1.5m	Sostenimiento con Puntos de apoyo (1.5m) y 1.5m	1.5m	25	25	25
7	REGULAR		Macizo rocoso moderadamente bien con algunas fracturas de fracturas general de algunas fallas, subsidencia moderada a ligeros efectos de subsidencia controlable.	Sostenimiento controlado con cables de 3.0m y 1.5m	Sostenimiento con Puntos de apoyo (1.5m) y 1.5m	1.5m	15	15	15

Figura 19. Formas de sostenimiento según el RMR del macizo rocoso
Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha

Con el fin de prevenir riesgos en el turro es necesario implementar los monitores siguientes:

- **El monitoreo topográfico:** es la aplicación de extensómetros y sensores para ver el movimiento de los techos y pisos. Según el buzamiento de las estructuras que identificarán las anomalías de movimiento, se han presentado en años

anteriores debido al método de explotación de hundimiento por subniveles. Se han implementado puntos de monitoreo para poder controlar la estabilidad de la zona y alrededores. Este tipo de monitoreo permitirá detectar movimientos superficiales anticipadamente para tomar las acciones de estabilidad correspondientes. (11)

- **Monitoreo de convergencia:** el objetivo de las mediciones de convergencia es para determinar y verificar el comportamiento de la roca frente a los esfuerzos variables que están constituidos por esfuerzos de la presión litoestática y sus cambios provocados por las ondas de eventos sísmicos, asimismo existen esfuerzos inducidos por el método de minado de hundimiento por subniveles. (11)
- **Monitoreo por piezómetros:** para verificar la presión de poros; también es un método directo para ver el comportamiento de los rellenos hidráulicos o la falta adecuada de estos para ver los vacíos o colapsos internos. (11)
- **Monitoreo de aplicación de los instrumentos de justificación legal,** Artículo 88° literal a) del Decreto Supremo N°055-2010- EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.

Todo titular minero deberá identificar permanentemente los peligros, evaluar y controlar los riesgos a través de la información brindada por todos los trabajadores en problemas potenciales que no se previeron durante el diseño o el análisis de tareas. (11)

- **Monitoreo para el sostenimiento:** se emplean diferentes tipos de sostenimiento. Dependiendo de la calidad del mineral y las cajas, va desde pernos de roca puntuales, pernos con malla de sostenimiento, shotcrete (Cemento lanzado a presión), cuadros de madera, hasta cimbras (arcos metálicos) para poder proporcionar seguridad al trabajador y no generar derrumbes en zonas inestables. (11)

- **Monitoreo especial para lutita y caliza:** La intercalación de lutita y caliza que son los mayores componentes de la roca caja, afronta un mayor comportamiento negativo en cuanto a la inestabilidad porque la lutita es fisible y las lajas microfracturadas comprometen al yacimiento para que sucedan deslizamientos provocados de manera sucesiva. Esto quiere decir que el diseño de seguridad de estabilidad tiene que ser muy incisivo. (11)
- **Monitoreo del sistema de seguridad y sostenimiento:** los estudios de estabilidad tienen que ser muy claros y directos, porque en un yacimiento donde hay intercalaciones de calizas y lutitas los colapsos por cuñas internas, es decir, en confinamiento pétreo las presiones son más activas y las tensiones son más proclives a dinámicas inesperadas que se tienen que prevenir de manera absoluta. (11)
- **Monitoreo por software y programas:** para estos métodos de explotación efectivos y adecuados, los softwares como Dip, Swedge y programas de RMR y Q son bien aplicados por el tema de fracturamiento y colapso frecuente. (11)
- **La instrumentación basada en sensores:** se debe aplicar de manera contundente. Luego de aplicar los softwares, se deben instalar las estructuras de sostenimiento que aparecen, para fortificar las condiciones de sostenimiento. (11)

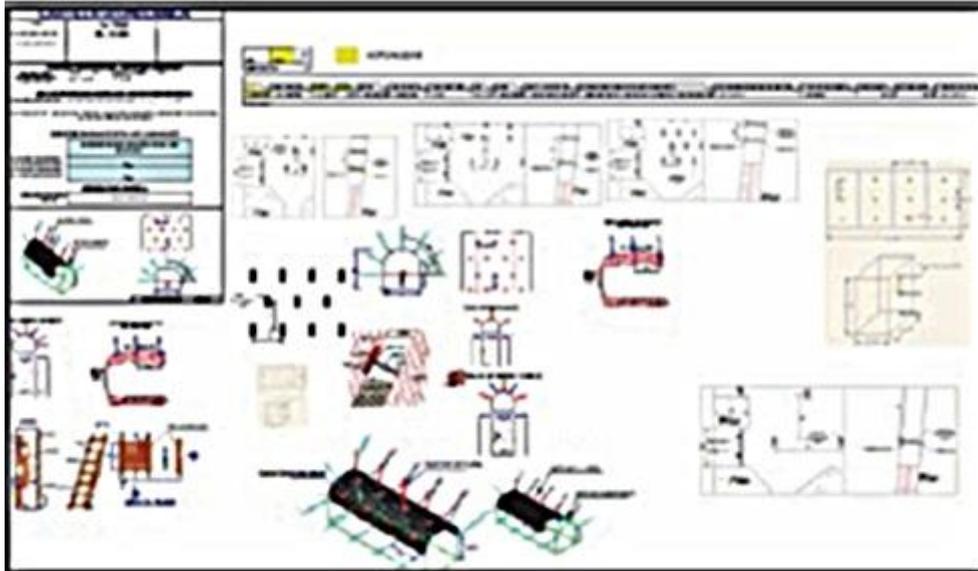


Figura 20. Condiciones de sostenimiento de galerías para aumentar las condiciones de sostenimiento y estabilidad
 Tomado de Landeo, Juan y otros. *Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha*

- **Instrumentación:** para estos sistemas de explotación y complicada combinación e intercalación de calizas fracturadas y lutitas, la instrumentación a base de sensores remotos es muy importante para impedir los accidentes. (11)

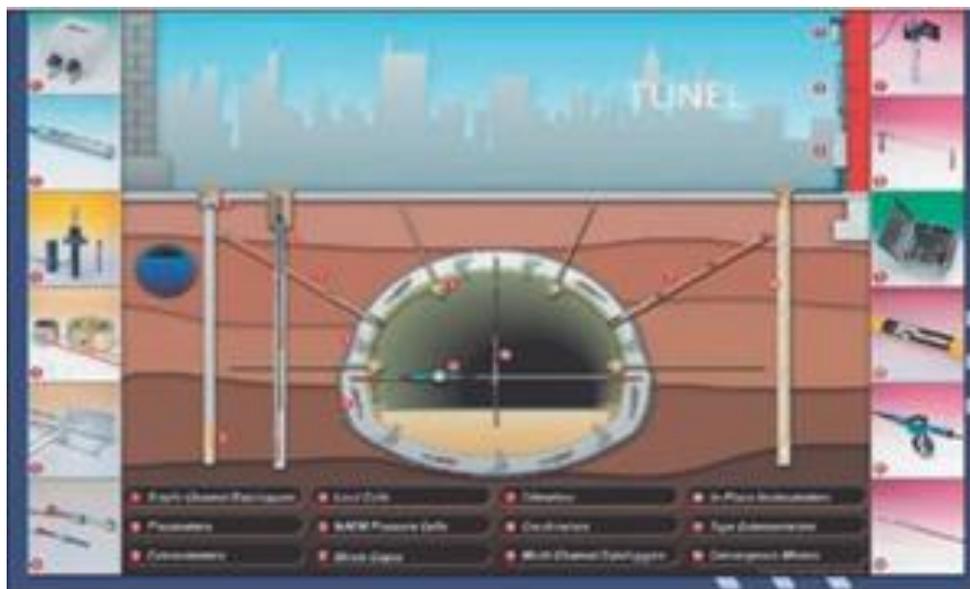


Figura 21. Instrumentos y sensores para verificar los movimientos de galerías y túneles
 Tomado de Landeo, Juan y otros. *Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha*

CONSULTORES EN INSTRUMENTACIÓN



Figura 22. Muestra cómo se coloca un sensor que registra movimientos verticales horizontales y posteriores
Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha

DISEÑOS DE SISTEMAS DE MONITOREO E INSTRUMENTACIÓN



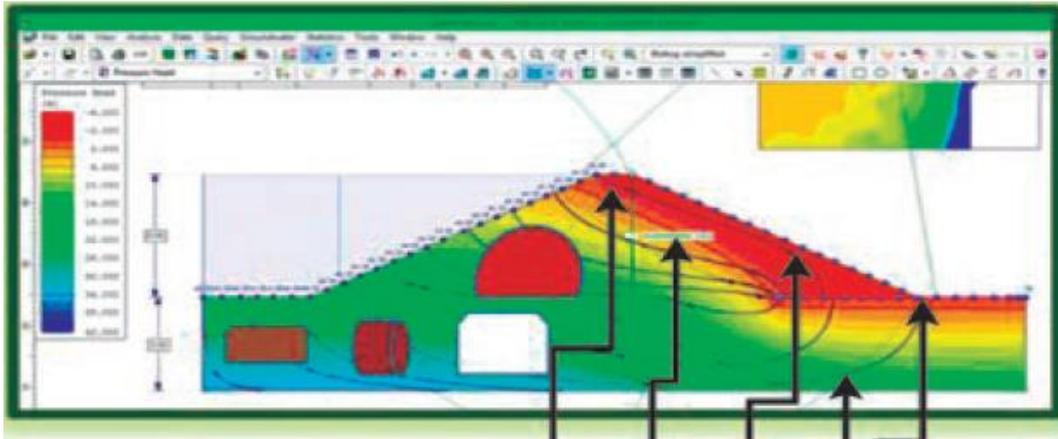
Figura N. 23: Monitor donde se registran las actividades de los sensores instalados en la instrumentación que se ha instalado en la galería
Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha



*Figura 24. Diferentes tipos de sensores que se pueden aplicar en los piezómetros de tubo abierto para determinar la presión de poros, movimientos, etc.
Tomado de Landeo, Juan y otros. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha*

- **Análisis hidrológico e hidrogeológico:** se debe hacer un estudio más a detalle de las filtraciones de agua y sus flujos de la masa rocosa, cómo se transporta el agua a través de los estratos y pseudoestratos, se observan las redes de flujo aplicando el software Slide (11)

Se debe fortificar o investigar con perforaciones y piezómetros las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas de la mina. Se debe tener mucho cuidado con los factores. (11)



- La línea de saturación de la presa.
- El caudal que fluye por la línea A en m³/día
- Mostrar las redes flujo en la presa y en la fundación
- Indicar como influye el dren en la línea de saturación y en las redes de flujo.
- Comentar sus respuestas

Figura 25. Esquema holístico según el software Slide
 Tomado de Landeo, Juan y otros. *Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha*

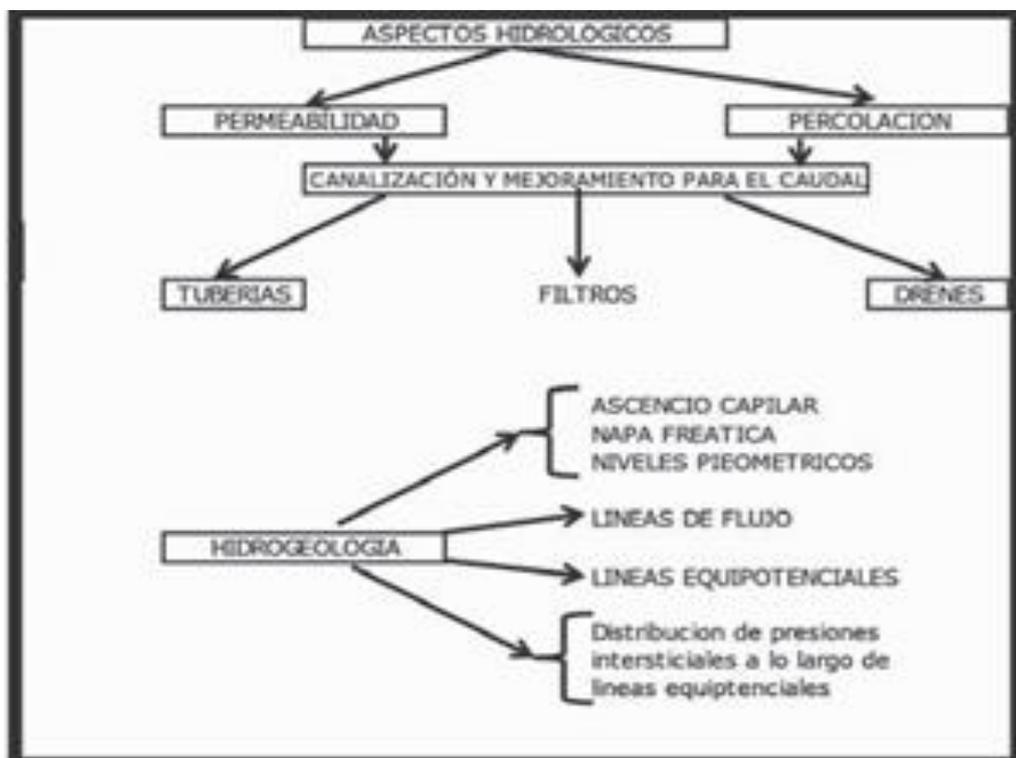


Figura 26. Se observa en este esquema los elementos que conforman los análisis hidrológico e hidrogeológico
 Tomado de Landeo, Juan y otros. *Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha*

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método general o teórico de la investigación

A. Método general

Se emplea como método general el método analítico y deductivo. Método analítico para la implementación de la metodología *bow tie* y el método deductivo para evaluar el cumplimiento de la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha.

B. Método específico

A partir de la información general de seguridad, otorgada por el área del Departamento de Seguridad se recopilarán los datos de las actividades realizadas en las áreas involucradas por la empresa para iniciar con el plan de seguridad y salud en el trabajo de la empresa.

3.1.2 Alcance de la investigación

A. Tipo de investigación

Es un tipo de Investigación aplicada, porque el objetivo de la investigación es desarrollar la implementación de la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha

B. Nivel de investigación

Es de nivel explicativo tecnológica ya que existe un interés en explicar una relación en la implementación de la metodología *bow tie*, determina la buena gestión en la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

El método de explotación subterránea unidad minera Yauricocha.

3.3.2 Muestra

Todas las labores mineras del método de explotación subterránea de la unidad minera Yauricocha.

3.4 Técnicas de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

La presente investigación se realizará la recolección de datos en campo *in situ* mediante la técnica observacional y procesamiento de datos pasados y actuales del área de seguridad como también reportes de seguridad del área de operaciones mina.

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo, las herramientas de gestión en seguridad realizando las inspecciones respectivas y llevando controles mediante informes.

Realiza la recolección de datos los reportes de seguridad por los trabajadores como supervisores, el buen relleno de las herramientas de gestión en seguridad IPERC, ATS, OPT, incidentes, PETAR de acuerdo al trabajo realizado, PETS entre

otros para llevar un monitoreo y control pque nos servirán en la implementación del plan de seguridad y salud en el trabajo.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- Informes
- Publicaciones
- Tesis
- Planos
- Fichas
- Libros
- PC
- Internet.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Desarrollo de la implementación de la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha

4.1.1 Criterios para la planificación del cambio

Las lecciones obtenidas por experiencia, mencionadas anteriormente reflejarán en la dirección adjunta sobre el método más competente para llevar a cabo la GCC, y a continuación se exponen las lecciones fundamentales obtenidos de diferentes organizaciones del negocio minero.

- La mayoría de las organizaciones disponían previamente de los datos importantes para llevar a cabo un enfoque de tipo GCC como la identificación de peligros y evaluación de los riesgos. En cualquier caso, no existía un formato sencillo para llevarlo a la práctica.

- En general, las organizaciones no pueden dar en el clavo a la primera; la experiencia es esencial. En cualquier caso, esa experiencia es valiosa, ya que nos permite una comprensión superior de los SSND, los controles y los controles críticos.

- No hay una respuesta generalmente legítima a la pregunta ¿Cuáles son los controles críticos? La respuesta adecuada dependerá de las condiciones particulares que experimente el objeto de investigación de una actividad minera.

- El uso del enfoque GCC, requiere una estrategia de los ejecutivos y de los RRHH comprometidos.
- En cualquier momento que sea concebible, debería utilizarse el dominio del personal interno de la empresa. En concreto, será importante incluir a especialistas en diversos campos especializados. Sea como fuere, también pueden ser necesarios socios externos, sobre todo en las fases iniciales de un proyecto de GCC.
- Debe fomentarse un plan de empresa razonable que no piense poco en el tiempo necesario para dirigir un examen exhaustivo del SSND y desarrollar el material del GCC.

Comenzar con la organización del cambio es esencial para el cumplimiento del ciclo de GCC. Antes de recibirlo, deben realizarse algunos movimientos. En este segmento se describen las actividades, cuestiones y puntos clave que deben considerarse antes de ejecutar la interacción de la GCC. Estos puntos centrales de interés son:

- ✓ Organizar las actividades
- ✓ Definir el alcance de la empresa
- ✓ La situación jerárquica

4.1.2 Ejercicios de preparación

Antes de programar el proyecto de GCC debe completarse una progresión de actividades de preparación. Esto garantiza que la empresa tenga el desarrollo y la información necesarios para alcanzar adecuadamente este encargo. Estos ejercicios se describen a continuación:

- **Apoyo de la administración superior**

La responsabilidad de la administración superior de cada organización en el ciclo ayudará a que la interacción resulte fructífera. Es fundamental garantizar que la

administración superior comprenda la interacción de GCC y las ventajas que ofrece. Es posible que se requiera la ayuda de personal externo.

- **Un lenguaje típico**

Es fundamental disponer de un lenguaje normal y consensuado sobre la interacción GCC para transmitir las ideas clave. El personal tendrá grados cambiantes de implicación en los SSND al igual que la comprensión de los términos aplicables (como los controles básicos, por ejemplo). Este examen contiene una lista de definiciones y formularios abreviados que pueden ser útiles; no obstante, cada asociación debe elegir la formulación que le resulte más adecuada.

- **Confirmación del proceso**

No es nada excepcional que las asociaciones que atraviesan un cambio se encuentren con una sensación de inquietud y vulnerabilidad. La recepción de la interacción del GCC puede incluir el tratamiento de los ciclos y estrategias existentes y alimentar tales sentimientos. En el caso de que exista la posibilidad de transmitir de forma inequívoca la confirmación de las consecuencias del cambio, esto puede ayudar a aligerar la inquietud y la vulnerabilidad creadas.

4.1.3. Caracterizar el alcance de la empresa

La extensión del examen decidirá los supuestos y los resultados de la interacción GCC. Caracterice una extensión adecuada a su asociación. Para ello, hay que plantearse las siguientes preguntas:

- Tener claro el objetivo

La ejecución eficaz de la interacción GCC requiere un cambio significativo en la asociación, al igual que los activos humanos, monetarios y de capital críticos. Hay que analizar un objetivo definitivo que persigue la tarea y la asociación en general. Podemos incorporar, por ejemplo, estructuras de apoyo como grupos de perspicacia, marcos de bienestar y seguridad existentes en la junta directiva o paquetes de preparación. Cuando tengamos una perspectiva inequívoca del "punto final", realmente querrá distinguir los resultados del examen. Esto nos permitirá seguir el progreso y le ayudará a capacitar y persuadir al personal.

- Establecer suposiciones sensatas

Las asociaciones necesitan una suposición práctica sobre el ciclo de GCC. Cuando finaliza el ciclo, no pueden tener una seguridad completa de que se hayan resuelto los peligros de SSND, pero tendrán marcos para detectar tales casos. Se realizarán auditorías constantes y se realizarán actualizaciones para garantizar el nivel más elevado de mando sobre los SSND (como se examinó en el Paso 9).

- ¿Son prácticos los tiempos de corte establecidos?

La complejidad del CCG suele ser más notable de lo que se esperaba al principio. Se espera que un estudio de solicitud de GCC no necesite menos de un año. Las asociaciones deben pensar en cuál puede ser un período de tiempo razonable para su ejecución y, si es posible, buscar la orientación de una asociación comparable que haya adoptado efectivamente esta interacción.

- Tener un arreglo para los grupos de investigación de tareas

Una sólida estructura de grupo de exploración es urgente para cualquier gran investigación. Esto no debe confundirse con el grupo de supervisión de controles, que es importante para la interacción del CCG. Los diseños de grupos de supervisión pueden existir a partir de ahora en la asociación. Si no es así, un diseño sólido debe incluir:

- Construcciones e instrumentos de anuncios internos: esto incorpora una prueba razonablemente reconocible de los trabajos y obligaciones del personal, y debe caracterizar los componentes para escribir sobre el progreso dentro de la estructura del grupo de supervisión (que podría coordinarse con los marcos actuales).
- Un cambio de estrategia o enfoque de la junta
- Un organismo responsable del examen, como un consejo rector o de junta; esta reunión asegura una gestión satisfactoria mientras dure la existencia de la empresa.

- ¿Qué cantidad de preparación necesita su personal?

El jefe de examen, el grupo de ejecución y la administración superior de la asociación deben tener una comprensión decente del enfoque del CCG, incluidas las hipótesis, la redacción, las dificultades y las ventajas de dicha metodología.

- Tenga en cuenta la experiencia y el dominio efectivamente accesibles en su asociación. Cada asociación debería inicialmente explotar su propia participación en la supervisión de SSND. Por ejemplo:
 - Las organizaciones deben reconocer la información particular que a partir de ahora tienen dentro, por ejemplo, los profesores que han participado en SSND dañan a la junta o en actividades de preparación de control de peligros.
 - Algunas asociaciones tienen evaluaciones de peligros y gráficos vinculados que se pueden utilizar en el ciclo de GCC.
 - Aprenda de los sucesos que han sucedido en la organización y en el negocio minero en general.

4.1.4. Acuerdo de asociación

Esta investigación da un modelo de cambio al GCC y un dispositivo de prueba reconocible cuyo diseño es ayudar a una organización, unidad de trabajo, a conocer el grado de desarrollo de su GCC en un segundo dado. Esto permitirá a la asociación evaluar su estado antes de adoptar el enfoque de GCC. Un desarrollo más destacado recomienda una capacidad más notable para aplicar dicha metodología.

Independientemente del aparato, las asociaciones deben pensar en las cuatro preguntas que acompañan al estado de la encuesta:

- ¿Los responsables de la investigación tienen suficiente acuerdo, instrucción y preparación?
- ¿Su asociación tiene una redacción confiable y concurreda?
- ¿Cuenta con la ayuda de la alta administración de la organización?
- ¿Se han establecido tiempos de corte y resultados razonables para la tarea?

En caso de que la respuesta a las preguntas anteriores sea "sí", la asociación tiene un grado fundamental de estatus para adoptar el enfoque del CCG.

4.2 Evaluación de la implementación de la gestión de controles críticos con la metodología *bow tie* en la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha

4.2.1 Estudio del caso prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha

La unidad minera Yauricocha dedicada a la extracción de zinc, plomo, cobre y plata que desarrolla sus operaciones en minería subterránea extrae el mineral con el método *Sub Level Caving* (SLC). La unidad minera Yauricocha cuenta con un total de 1,741 empleados en su operación aproximadamente. Cuenta con una planta concentradora que procesará 100,000 toneladas diarias de mineral.

La dirección del alta gerencia superior de la unidad minera Yauricocha es consciente de los riesgos pocos frecuentes pero catastróficos. La dirección reconoció una serie de sucesos leves, incluidos algunos incidentes de menor importancia, que podrían haber llegado a ser desastrosos, lo que sugería que la empresa seguía siendo vulnerable a un siniestro grave. Dado que recientemente se ha dado alertas de subsidencia, presencia de vacíos, deslizamientos de rocas y caída de rocas, para lo cual la dirección superior de la compañía preguntó qué se podía hacer para mejorar el control de los riesgos graves a los que se enfrentaba esta.

4.2.1.1. Procedimiento 1: Planificación del proceso, aplicación específica en una explotación

En primer lugar, el grupo debe estar compuesto por personal idóneo con diversos puestos de trabajo, La primera tarea es definir los objetivos del proyecto. La tarea principal es caracterizar los objetivos de la empresa. El encuentro necesita ponderar la visión y cualidades de la organización, con el fin de armonizar los objetivos del proyecto con la estrategia de la empresa en materia de seguridad minera. Se establecen objetivos cuantificables para medir la consecución de esos

destinos. Se verbalizarán las ventajas de la empresa. Elegimos ejecutar el ciclo GCC en la organización de la unidad minera Yauricocha para un SSND que es "daño debido a caída de rocas.

- Entorno jerárquico

La visión de la unidad minera Yauricocha es ser una organización principal en la industria minera y de extracción de metales. Las cualidades de la organización incluyen asegurar la protección del bienestar de sus empleados y la minimización de su impacto ambiental.

- Objetivo del emprendimiento

El objetivo de la empresa es ejecutar el GCC en la organización.

- Obligaciones

A nivel corporativo, el director general y el equipo directivo de la supervisión regularán la empresa; la persona responsable del bienestar, el bienestar y el clima, en lo que a él respecta, será responsable de la aplicación de las normas. En el nivel de doble trato, la persona responsable de esto será responsable de regular la ejecución, mientras que la persona responsable de seguridad minera se responsabilizará de la aplicación de los controles y los procesos conexos.

- Unidades especializadas incluidas

A nivel corporativo, las unidades de especialidad incluidas incorporarán al CEO de la organización, su grupo supervisor y la división de Seguridad Minera. A nivel del sitio de la mina, el supervisor del sitio será responsable de la aplicación del sistema GCC, mientras que el jefe del sitio para la seguridad minera de la explotación se responsabilizará de la aplicación de los controles y las actividades de apoyo.

- Cronograma

El programa de casos de prueba se llevará a cabo con una estructura de controles básicos solitarios dentro de un año.

4.2.1.2. Procedimiento 2: Identificación de Siniestros Significativos No Deseados

- Definición de riesgo de deslizamiento por caída de rocas

➤ Contexto

Es un peligro prevalente en cualquier operación de la minería subterránea. La mina, descrita por una disposición sedimentaria calcárea, clástica marcada y gruesa, firmemente plegada. Los ejes de los pliegues tienen un rumbo NW preferencial, de igual manera se nota una disposición de deficiencias que siguen el rumbo NW.

En la región de la mina central, el rumbo NW de los sedimentos plegados fue movido por esfuerzos horizontales, un punto de 30° en el sentido de las agujas del reloj. Esta contorsión del colapso podría haber sido provocada por una deformación por cizallamiento del sótano de tormentas rumbo NE-SW.

El sinclinal Quimpara a 1 km al sur del canal del estanque de mareas Pumacocha tiene un eje con rumbo N 45° W, su flanco este descansa sobre el entrometido con un punto de 70° a 75° al W y el flanco oeste con alrededor de 80° E formado por haces calcáreos oscuros opacos, recristalizados cerca del contacto y evento de un afloramiento de granates, magnetita y óxidos de cobre en un contacto similar

➤ Alcance

Este peligro donde últimamente ha habido advertencias de hundimiento, presencia de vacíos, avalanchas inclinadas y desprendimientos de rocas; específicamente, en tareas de minería subterránea como de cielo abierto donde se explotan minerales metálicos y no metálicos. También se aplica en la minería subterránea donde dependa de las cualidades geográficas y las técnicas utilizadas.

➤ Límites

El diseño de una labor subterránea debe basarse en el tipo de terreno, sección, grado de seguridad deseado, etc. para luego planificar y determinar el

sostenimiento necesario y estabilizar la labor. El seguimiento y la caracterización geomecánica en el avance de la excavación, así como el monitoreo como el control de los tramos ya excavados esta información ayuda a determinar deficiencias y los excesos del sostenimiento instalado.

➤ Posibles consecuencias

Daños inmediatos, lesiones o incluso la muerte como consecuencia del siniestro. Las consecuencias secundarias, como el cubrimiento por masas rocosas en el interior de la mina, las consecuencias a más largo plazo pueden incluir la pérdida de producción, retrasos en la actividad de transformación o el cierre de la mina.

4.2.1.3. Procedimiento 3: Identificación de controles - selección de los controles críticos

A. Identificación del riesgo (evento principal, evento top, etc.)

Recopilación del listado de riesgos de seguridad:

- Inventario de riesgos
- Registro de incidentes
- Fuentes externas (sucesos, casos, incidentes, etc.)
- Lluvia de ideas de los talleres.
- Revisión de todo el contenido del sistema gestión de seguridad.

Tabla 3. Distribucion de calidad geomecánica por tipo de roca unidad minera Yauricocha.

UNIDAD MINERA YAURICOCHA				
DISTRIBUCIÓN DE CALIDAD GEOMECÁNICA POR TIPOS DE ROCAS				
Tipos de Rocas	RMR	% Distribución	Secciones	Zonas
II B	61-80	0,5%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
III A	51-60	10%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
III B	41-50	50%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
IV A	31-40	15%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
IV B	21-30	20%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, Profundización
V A	0-20	5%	3x3, 3.5x3,5	II, III, V, Profundización

Tomado del Departamento de Geomecánica de la mina Yauricocha

Según los estudios del analisis de distribucion de discontinuidades, en toda área del estudio formado por principal diaclasas y fallas, cuyas direcciones normales son:

- Sistema, 1.352 ° / 17 O.
- Sistema, 2, 177 ° / 13 O.
- Sistema, 3.243 ° / 15 O.

De estos tres sistemas, el primero prevalece sobre los otros dos. Otros sistemas de intermitencia auxiliares ocurren localmente. Además, hay muchas

discontinuidades secundarios a lo largo del area de estudio, lo que es un reflejo del gardo de fracturamiento de la masa rocoza.

Se registró información de la planificación geomecánica de campo, que se realizó utilizando la "estrategia inmediata por celdas de detalle" (Línea de Detalle). Planificación por tipo de roca utilizando el RMR o el GSI, mediante esta técnica se completaron estimaciones metódicas de las discontinuidades presentes en una estación de estimación (Pm), atendidas por un tramo de aumento variable de la piedra descubierta en los desenterramientos dentro de la mina.

En la siguiente figura se muestra los planos geomecánicos de los niveles principales de la unidad minera Yauricocha.

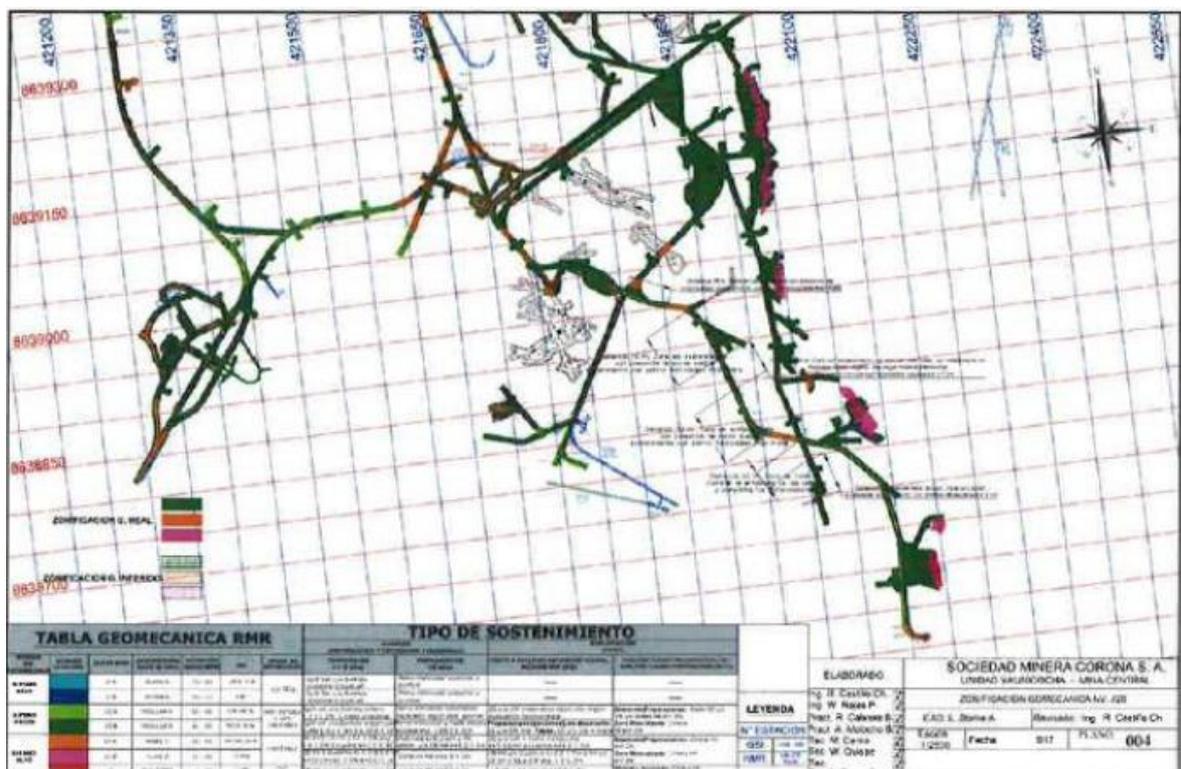


Figura 27. Plano geomecánico del nivel 720.
Tomado del Departamento de Geomecánica de la mina Yauricocha

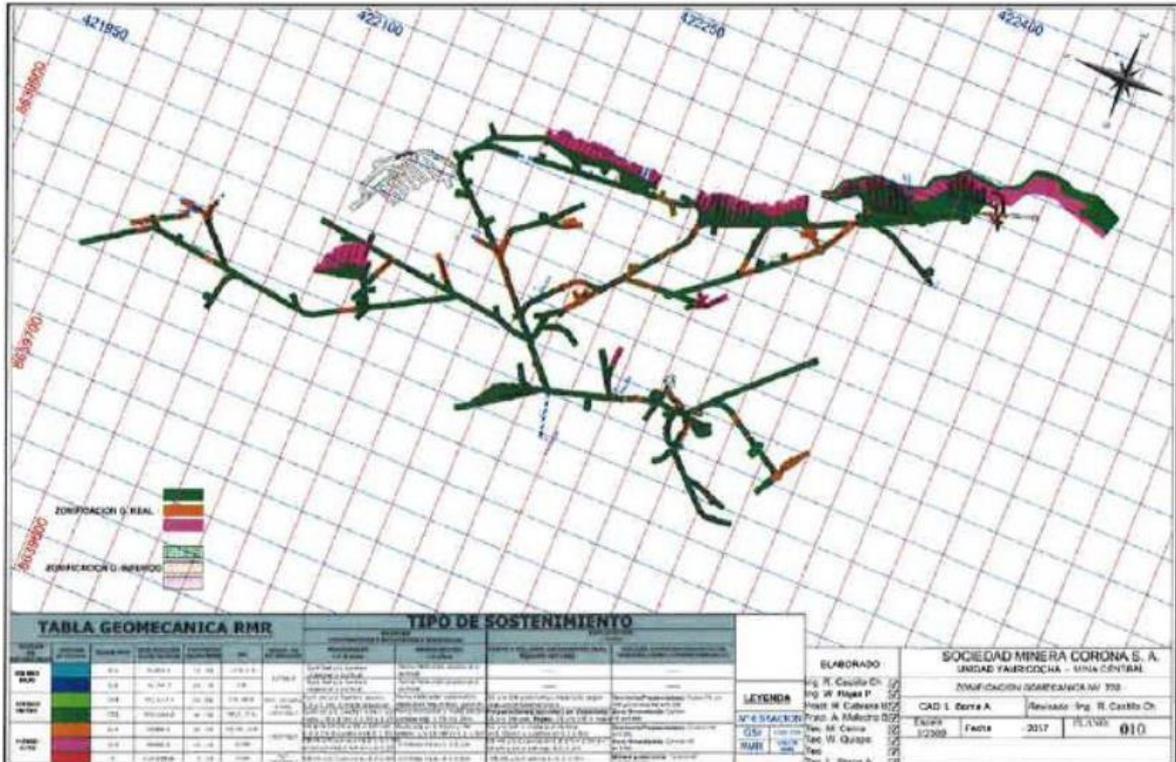


Figura 28. Plano geomecanico intersección de labores del nivel 720
Tomado del Departamento de Geomecánica de la mina Yauricocha

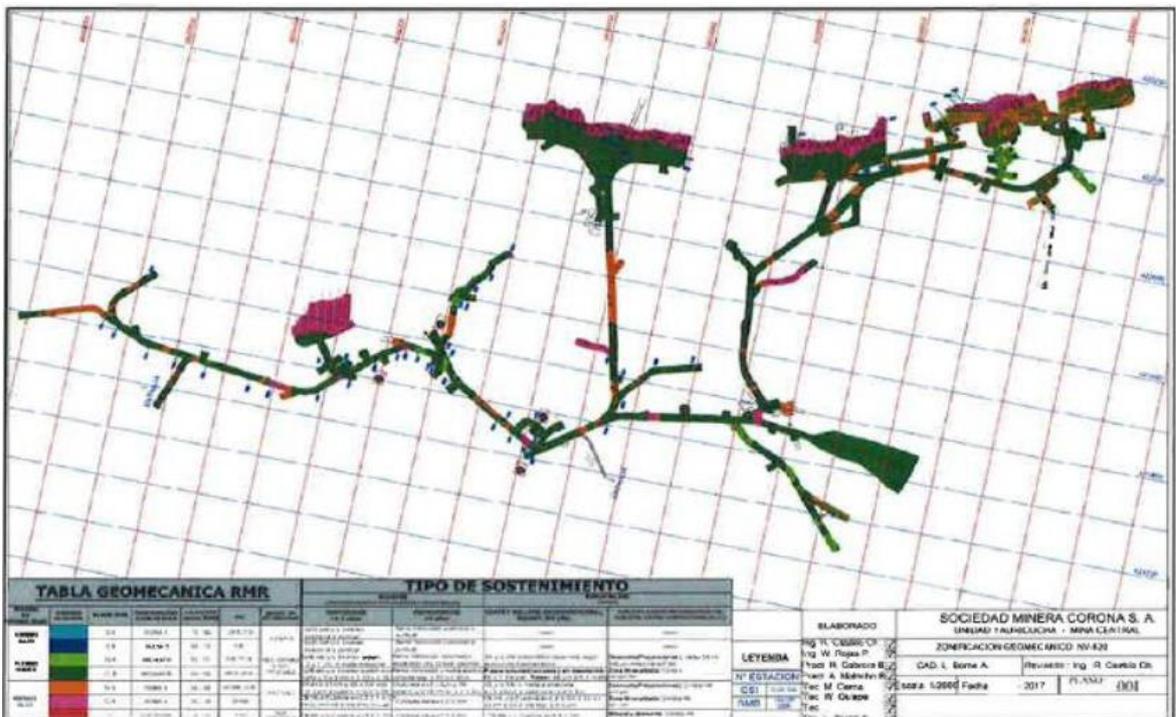


Figura 29: Plano geomecanico por tipo de roca del nivel 720
Tomado del Departamento de Geomecánica de la mina Yauricocha

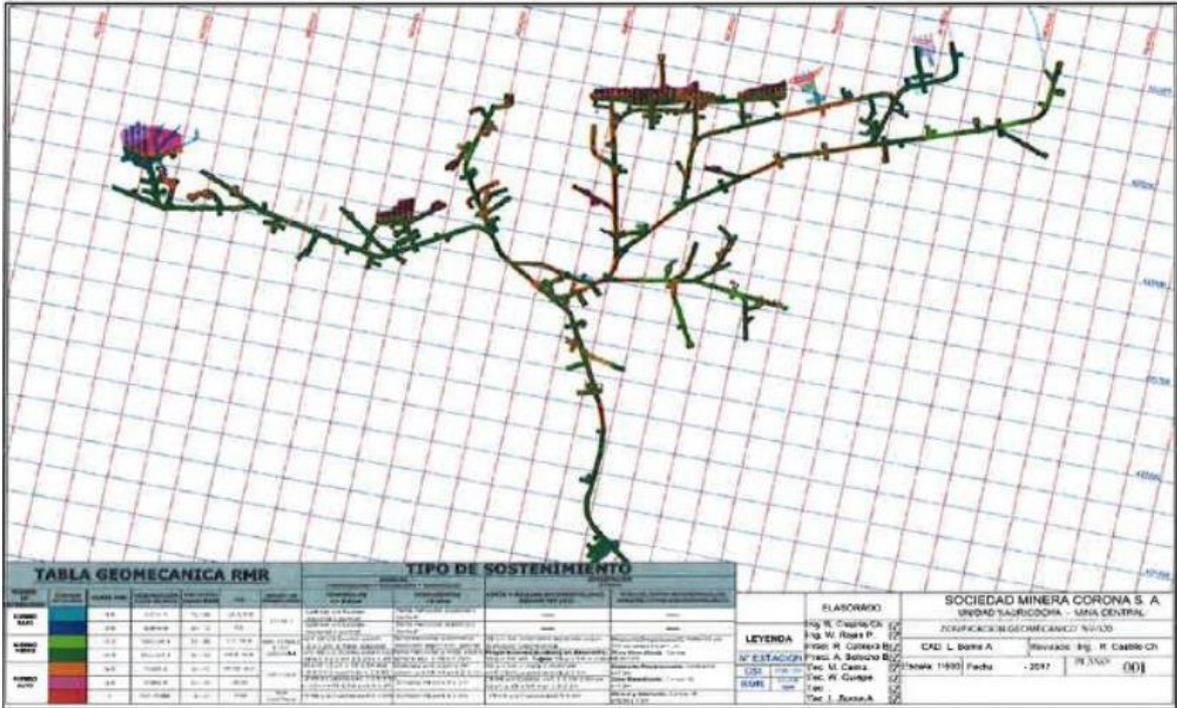


Figura 30. Plano geomecánico por tipo de roca del nivel 920.
Tomado del Departamento de Geomecánica de la mina Yauricocha

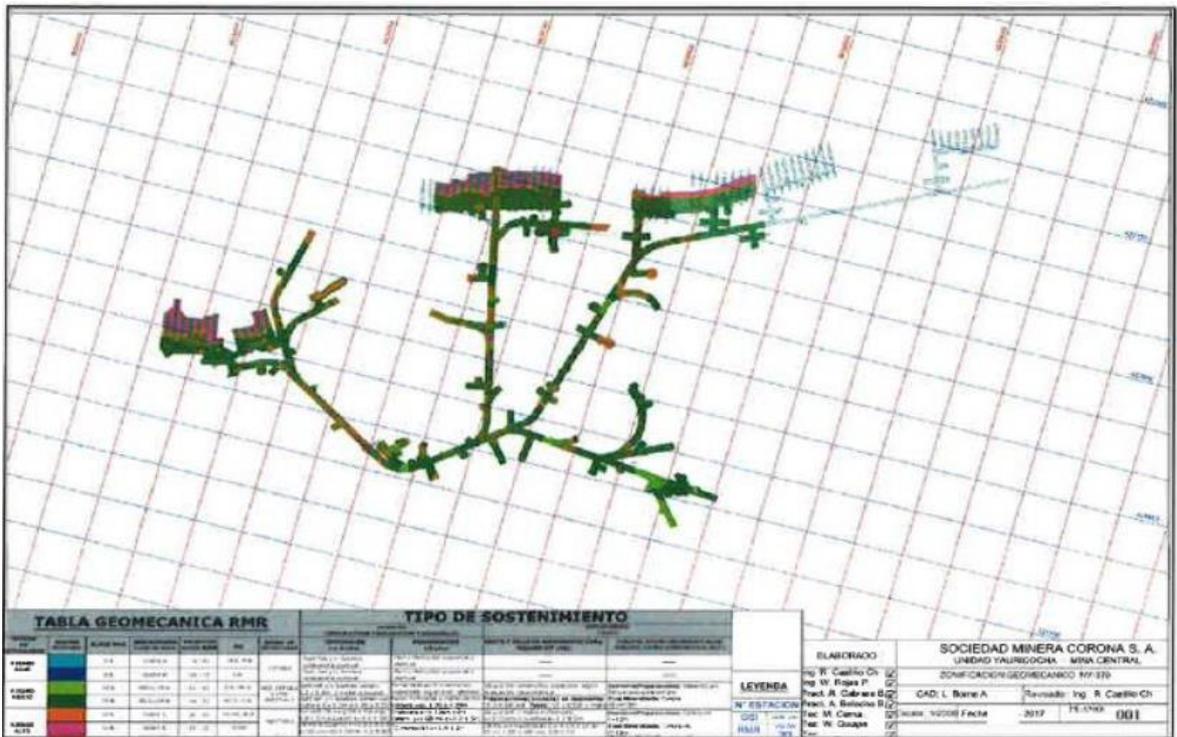


Figura 30. Plano geomecánico por tipo de roca del nivel 920.
Tomado del Departamento de Geomecánica de la mina Yauricocha

Los parametros de observacion y estimación se pasan a mapeos sistematicos que se proyectan a corto y mediano plazo. Los planos detallados nos permiten derivar el tipo de roca que se encontrará en el minado actual y futuras.

Estos planos fueron diseñados y registrados para su evaluación, adecuandolos las normas propuestos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). Estos límites fueron: el tipo de roca, el tipo de sistema de discontinuidad, orientacion, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, perdurabilidad y presencia de agua. Además, se registró información sobre la resistencia de rocas y la recurrencia de fracturas.

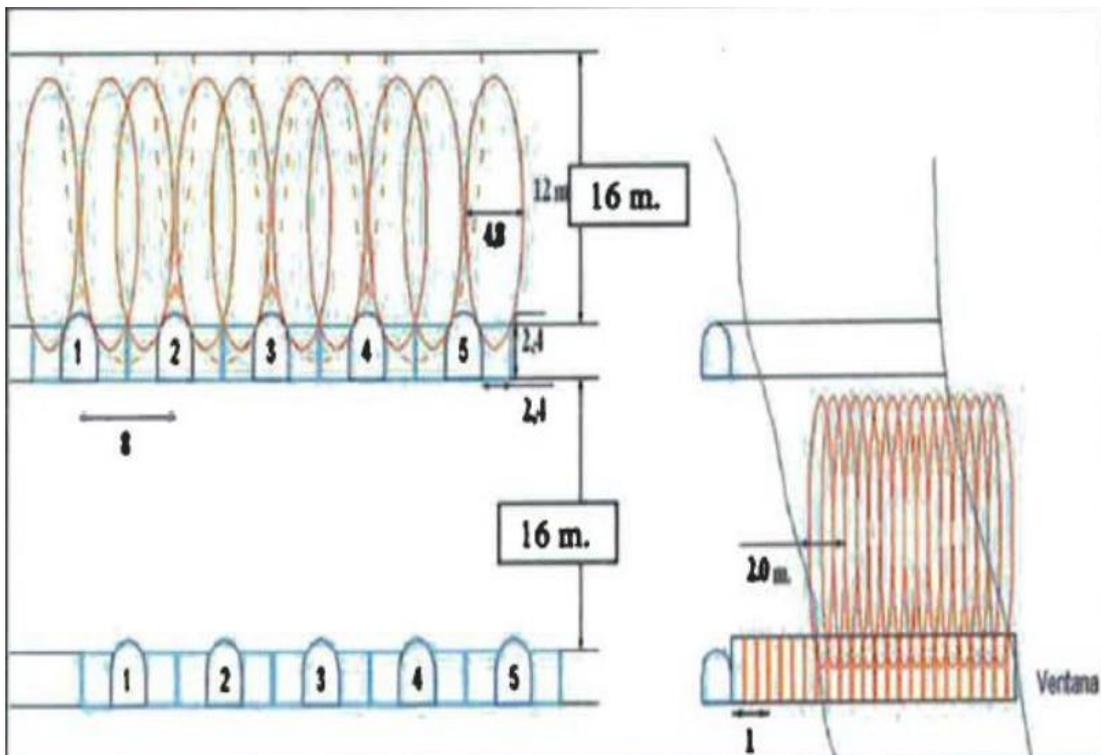
Cada celda de detalle comprendía una estación de estimación y sus límites separados fueron vectorizados y descifrados a medida que avanza la preparacion y el avance de los de la exploracion, chimeneas y proyectos especiales. Se valoran las representaciones de los diversos tipos de rocas desde NV 720 hasta NV 1170, mostrar los figuras anteriores.

La actividad consiste esencialmente en provocar el hundimiento mediante la perforacion de tiros en abanico desde los subniveles hacia arriba, atravesando el pilar superior, en la posterior voladura de las perforaciones, el carguio y transporte del mineral roto. La extracción de un frente de galeria de extraccion, también llamado punto de extracción continua hasta que ingrese estéril en una cantidad tal que la ley extraída ya no es económica, en ese momento se dispara la corrida en abanico que continúa y se repite el ciclo.

La estrategia se basa fundamentalmente en una progresión de desgloses de los factores acompañantes:

- Dimensiones del elipsoide de extracción y del elipsoide de desprendimiento.
- División vertical de subniveles (hs).
- División horizontal de galerias (sd) y
- Ancho de rebanada 6 burden

Como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 31. Espaciamiento de ventanas (8 m horizontal) y subniveles (1 m vertical)
Tomado del Departamento de Perforación y Voladura de la mina Yauricocha**

En la siguiente figura se muestra el procedemos a identificar el top evento



Figura 32. Identificación de top evento

B. Identificación de causas

COD	FACTORES CAUSALES - CAUSAS
CA1	Diseño inadecuado del tipo de sostnimiento utilizado
CA2	Falta información.
CA3	Desviación en el diseño / Ejecución inadecuada / Diseño minero no cumple con los parámetros geotécnicos recomendados.
CA4	Rocas sueltas en las paredes de la labor
CA5	Perdida de la estabilidad del macizo rocoso / inestabilidad por saturacion de agua
CA6	Voladura deficiente o inadecuada
CA7	Falta de competencias
CA8	Malas prácticas operacionales / Reconocimiento inadecuado de desviaciones.
CA9	Operacionales deficientes / disciplina operacional (sobreroturas y voladuras secundarias)
CA10	Trabajo en vertical y simultaneidad
CA11	Evaluación inadecuada de las condiciones geotécnicas y estructuras del macizo.
CA12	Fallas en los controles o controles inadecuados (sistema de monitoreo, estándares inadecuados, comunicaciones, sistemas de contención, inspeccion geotécnica).
CA13	Ingresar a sectores en condición de riesgo geotécnico / Mala segregación / Mala señalización.
CA14	Comunicación inadecuada de los controles.
CA15	Inexistencia de elementos de monitoreo.
CA16	Falla de protocolo de inspeccion por el area de geomecanica post voladura
CA17	Falta de plano de riesgo geotécnico.
CA18	Cambio de las condiciones geotécnicas del macizo / Condiciones naturales desfavorable.

Figura 33. Identificación de causas

C. Identificación de impactos

COD	DIMENSION	IMPACTOS
IM1	Salud	Efectos fisicos inmediatos (lesiones graves)
IM2	Legal	Sanciones administrativas y penal
IM3	Imagen	Pérdida de credibilidad de la empresa (imagen corporativa)
IM4	Económico	Paralización de las operaciones daños a equipos e instalaciones
IM6	Seguridad	Uno o más fatalidades.
IM7	Social	Conflicto con las comunidades aledañas
IM8	Ambiental	Daño ecológico de mediano o largo plazo (habitabilidad del proy)

Figura 34. Identificación de impactos

D. Identificación de controles preventivos y mitigadores

Tabla 4. Requerimientos del personal

COD	REQUERIMIENTOS DEL PERSONAL	CAUSAS
A1	Competencias del personal (C.C)	CA7-CA10-CA11-CA13
A2	Capacitación y entrenamiento del personal	CA7-CA10-CA11-CA14
A3	Auditoría de comportamental de trabajo Seguro	CA7-CA10-CA11-CA15
A4	Acompañamiento y OPT sobre cada actividad	CA7-CA10-CA11-CA16

Tabla 5. Requerimientos de equipos

COD	REQUERIMIENTO DE EQUIPOS	CAUSAS
B1	Segregación y control de acceso (C.C)	CA2-CA4-CA10-CA13
B2	Monitoreo por geomecanica en las labores críticas	CA2-CA5-CA9-CA12-CA15-CA17-CA18
B3	Control de vibraciones, Sismógrafos (Geófonos)	CA2-CA5-CA9-CA12-CA15-CA17-CA18

Tabla 6. Requerimientos de la organización

COD	REQUERIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN	CAUSAS
C1	Control del tipo de sostenimiento utilizado (C.C)	CA1-CA3-CA5-CA6-CA8-CA9-CA14-CA16
C2	Procedimiento de la realizacion del tipo de sostenimiento utilizado.	CA4-CA13
C3	Mapa de riesgos (C.C)	CA2-CA4-CA13-CA17-CA18
C4	Procedimiento de operaciones para el riesgo de caída de rocas / Falla del macizo rocoso.	CA4-CA10
C5	Gestión del cambio.	CA3-CA18
C6	Plan de respuesta de emergencia (C.C)	CA1 al CA18
C7	Organismo médico en la operación	CA1 al CA18
C8	Póliza de seguros	CA1 al CA18

E. Identificación de controles críticos (para todas las causas e impactos)

Tabla 7. Identificación de controles críticos

COD	C.C - PREVENTIVOS	CAUSAS	CONSECUENCIA
A1	Competencias del personal	CA7-CA10-CA11-CA13	IM2
B1	Segregación y control de acceso	CA2-CA4-CA10-CA13	IM1-IM2-IM3

COD	C.C - MITIGADORES	CAUSAS	CONSECUENCIA
C1	Control del diseño y disciplina operacional	CA1-CA3-CA5-CA6-CA8-CA9-CA14-CA16	IM1-IM2-IM4-IM6
C3	Mapa de riesgos	CA2-CA4-CA13-CA17-CA18	IM2-IM4-IM8
C6	Plan de respuesta de emergencia	CA1 al CA18	IM1-IM6-IM8

Aplicación de bow tie

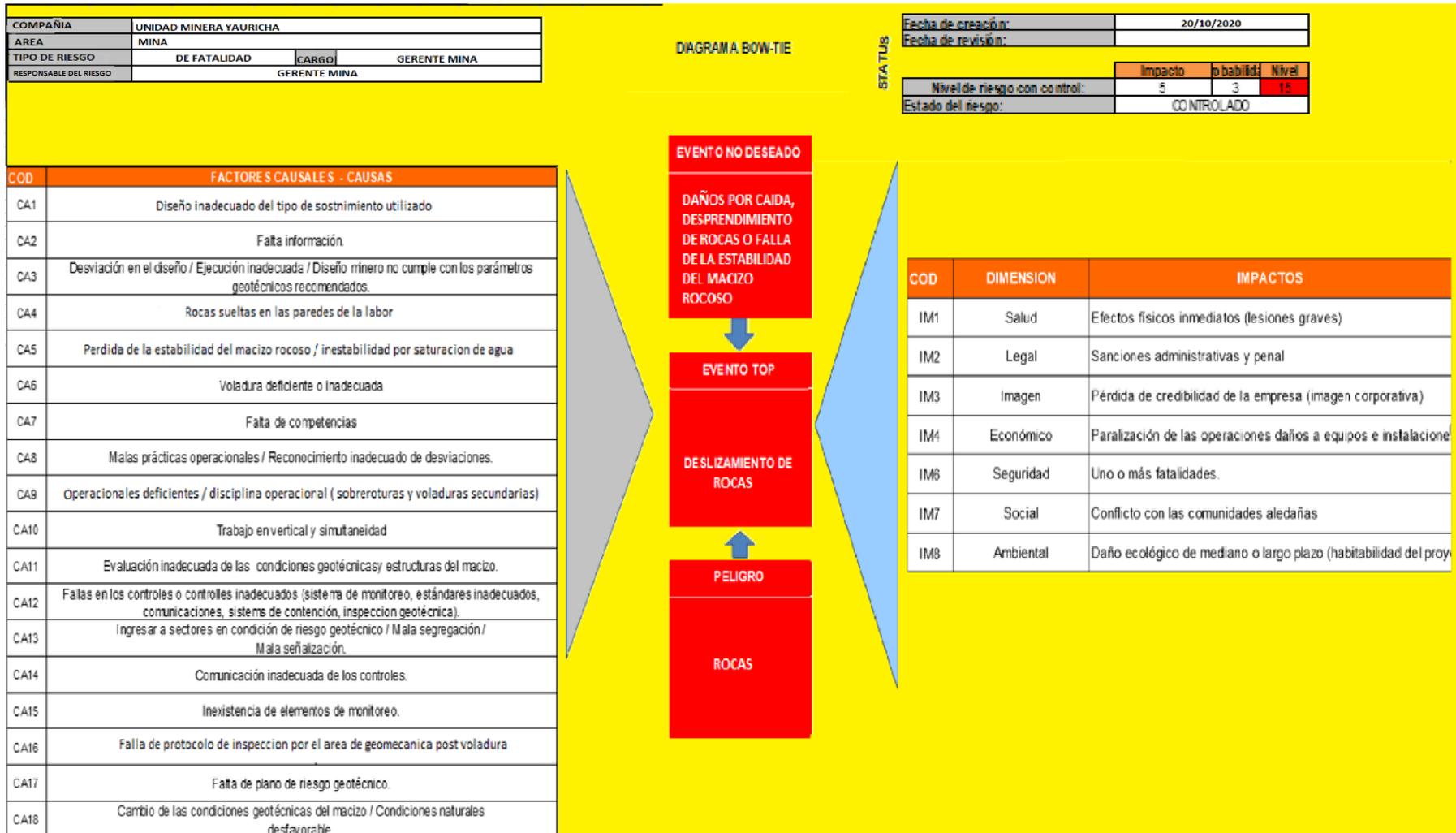


Figura 35. Diagrama de bow tie- Primera parte

COD	REQUERIMIENTOS DEL PERSONAL	CAUSAS
A1	Competencias del personal (C.C)	CA7-CA10-CA11-CA13
A2	Capacitación y entrenamiento del personal	CA7-CA10-CA11-CA14
A3	Auditoría de comportamental de trabajo Seguro	CA7-CA10-CA11-CA15
A4	Acompañamiento y OPT sobre cada actividad	CA7-CA10-CA11-CA16

COD	REQUERIMIENTO DE EQUIPOS	CAUSAS
B1	Segregación y control de acceso (C.C)	CA2-CA4-CA10-CA13
B2	Monitoreo por geomecanica en las labores criticas	CA2-CA5-CA9-CA12-CA15-CA17-CA18
B3	Control de vibraciones, Sismógrafos (Geófonos)	CA2-CA5-CA9-CA12-CA15-CA17-CA18

COD	REQUERIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN	CAUSAS
C1	Control del tipo de sostenimiento utilizado (C.C)	CA1-CA3-CA5-CA6-CA8-CA9-CA14-CA16
C2	Procedimiento de la realizacion del tipo de sostenimiento utilizado.	CA4-CA13
C3	Mapa de riesgos (C.C)	CA2-CA4-CA13-CA17-CA18
C4	Procedimiento de operaciones para el riesgo de caída de rocas / Falla del macizo rocoso.	CA4-CA10
C5	Gestión del cambio.	CA3-CA18
C6	Plan de respuesta de emergencia (C.C)	CA1 al CA18
C7	Organismo médico en la operación	CA1 al CA18
C8	Póliza de seguros	CA1 al CA18

COD	C.C - PREVENTIVOS	CAUSAS	CONSECUENCIA
A1	Competencias del personal	CA7-CA10-CA11-CA13	IM2
B1	Segregación y control de acceso	CA2-CA4-CA10-CA13	IM1-IM2-IM3

COD	C.C - MITIGADORES	CAUSAS	CONSECUENCIA
C1	Control del diseño y disciplina operacional	CA1-CA3-CA5-CA6-CA8-CA9-CA14-CA16	IM1-IM2-IM4-IM6
C3	Mapa de riesgos	CA2-CA4-CA13-CA17-CA18	IM2-IM4-IM8
C6	Plan de respuesta de emergencia	CA1 al CA18	IM1-IM6-IM8

COD	CONTROLES PREVENTIVOS	Causas	Dueño
A2	Capacitación y entrenamiento del personal	CA7-CA10-CA11-CA14	
A3	Auditoría de comportamental de trabajo Seguro	CA7-CA10-CA11-CA14	
A4	Acompañamiento y OPT sobre cada actividad	CA7-CA10-CA11-CA14	
B2	Monitoreo por geomecanica en las labores criticas	CA2-CA4-CA10-CA13	
B3	Control de vibraciones, Sismógrafos (Geófonos)	CA2-CA5-CA9-CA12-CA15-CA17-CA18	
C2	Procedimiento de la realizacion del tipo de sostenimiento utilizado.	CA4-CA13	
C4	Procedimiento de operaciones para el riesgo de caída de rocas / Falla del macizo rocoso	CA4-CA10	
C5	Gestión del cambio.	CA3-CA18	

COD	CONTROLES MITIGADORES	Consecuencia	Dueño
C7	Organismo médico en la operación	MI1	
C8	Póliza de seguros	MI1ALIM8	

Figura 36. Diagrama de bow tie - Segunda parte

4.2.1.4. Procedimiento 4: Definición del funcionamiento y la presentación de informes - asignación de responsabilidades

Tabla 8. Función y responsabilidades

Nivel	Función en la GCC	Denominación	Responsabilidades
A nivel unidad minera Yauricocha		Consejo de administración	Recepiona los informes del equipo de dirección de la empresa dos veces al año
		Equipo de Director dirección de General la empresa Director de Operaciones	Cada trimestre pone a debate los SSND y el estado de los controles críticos Se encarga resivir y recopilar los informes sobre los SSND y los controles críticos que envían todas las explotaciones de la Unidad Minera Yauricocha, y elabora informes corporativos
A nivel de operaciones	Responsable del siniestros significativos no deseados (SSND)	Director de operaciones/mina	Supervisa y evalua mensualmente los informes sobre los SSND y el estado de los controles críticos, e informa al respecto al equipo de dirección de la empresa
	Responsable de controles críticos	Encargado	Se encarga de informar semanalmente al responsable de SSND sobre el estado de los controles críticos
	Responsable de actividades de verificación	Supervisor de	Se encarga de llevar a cabo o supervisar las actividades de verificación, y proporcionar informes de actividad periódicos al responsable de controles críticos

Tomado de (ICMM, 2015)

A. Cargos en el área de Seguridad Minera y Recursos Humanos

- Gerente de Seguridad Minera
- Superintendente de Seguridad minera
- Ingeniero de Seguridad Senior
- Ingeniero de Seguridad
- Inspector de Seguridad
- Gerente de Recursos Humanos
- Jefe de Recursos Humanos
- Supervisor de Recursos Humanos
- Supervisor de Reclutamiento

Cada uno de los mencionados anteriormente satisface el trabajo de ayuda en todo el ámbito de Seguridad de la unidad minera Yauricocha para cada orden jerárquico según corresponda.

Cada explotación aplica su estrategia de control SSND particular, debemos de certificar de que haya una correspondencia intermitente entre el responsable de GCC de la organización y el responsable del proyecto en la explotación. A medida que las explotaciones se llevan a cabo estas estrategias, es posible que necesiten apoyo, por ejemplo, para diseñar e impartir información. A nivel de la unidad Minera Yauricocha, las organizaciones deben evaluar su capacidad interna para ayudar a las explotaciones y decidir sobre el enfoque corporativo con respecto a la contratación de especialistas externos. Por ejemplo, si una asociación se queda corta en la capacidad necesaria para transmitir la preparación, debe contratar a un socio externo para que lo haga en todas las explotaciones para garantizar la coherencia.

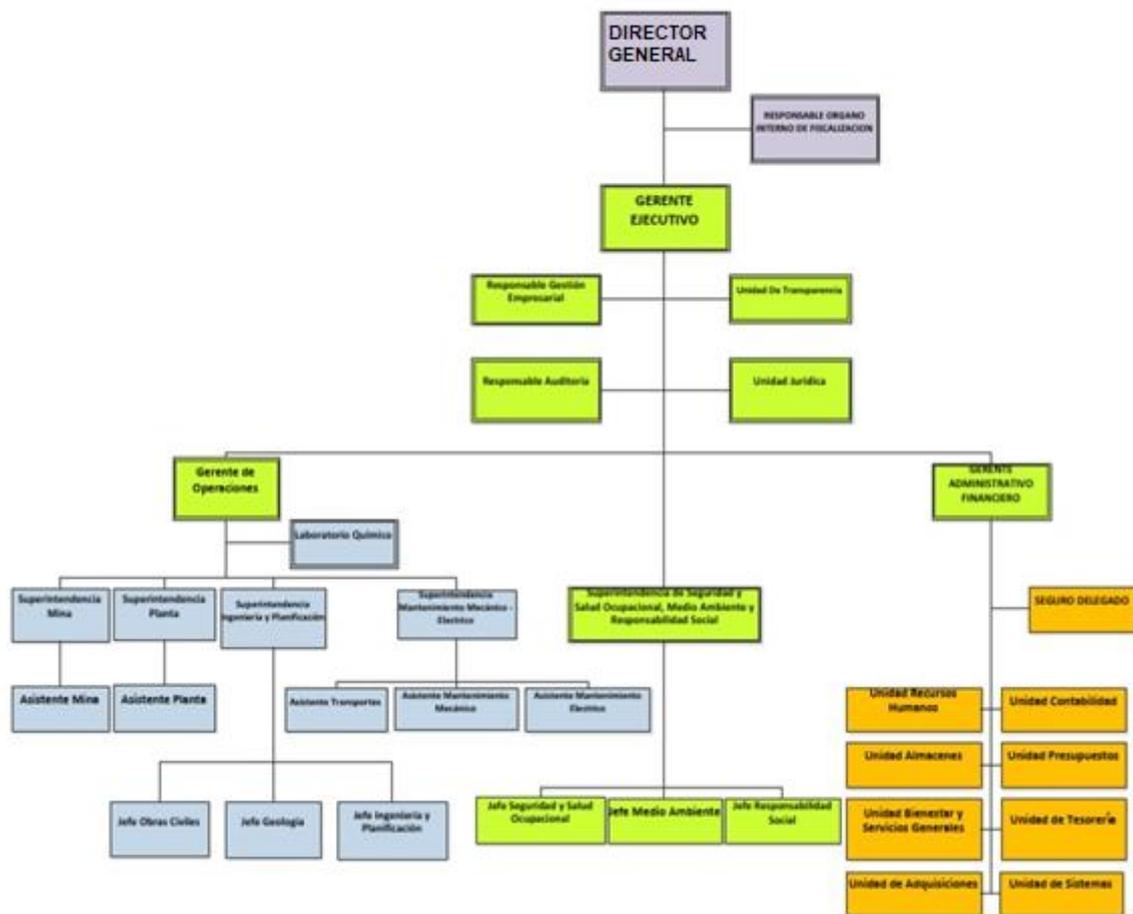


Figura 37. Flujograma organizacional operaciones mina

4.3 Análisis de la implementación por la metodología *bow tie* para la reducción del nivel de riesgo a prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha

4.3.1 Árbol de decisión sobre controles críticos

El árbol de decisión sobre los controles críticos es una herramienta que puede ayudarle a determinar si un control es crítico.

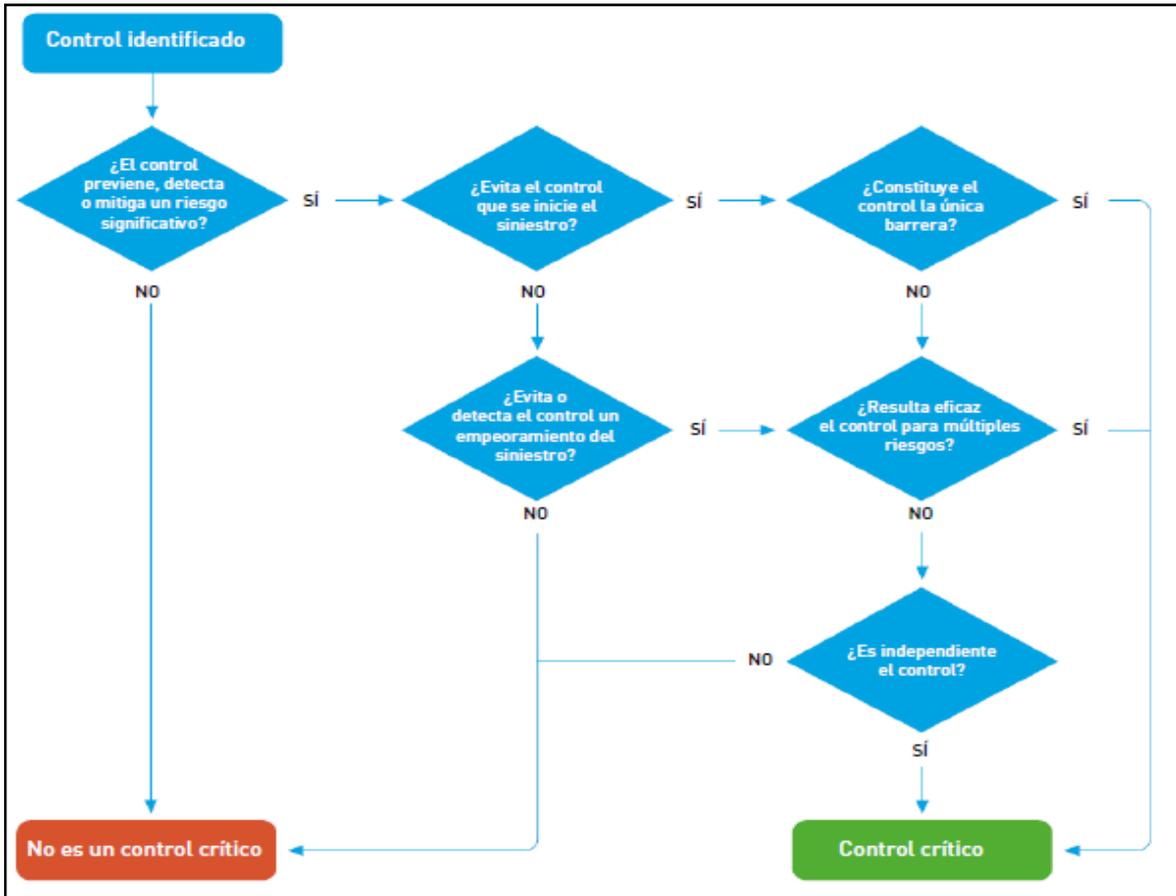


Figura 38. Árbol de decisión de controles críticos
Tomado de (ICMM, 2015)

4.3.1.1 Procedimiento 5: Verificación y elaboración de informes - respuesta ante un funcionamiento inadecuado de los controles críticos

Procederemos a examinar cada control crítico efectuado en nuestro análisis de *bow tie*

A. Informe de control crítico: A1 – Auditoría de las competencias del personal

Tabla 9. Informe de control crítico: A1 – Auditoría de las competencias del personal

Informe de control crítico: A3 – Auditoría de comportamental de trabajo seguro	Propietario Asignado
SSND: Daños por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso	Gerente de Mina
1 ¿Cuál es la denominación del control crítico? Auditoría de comportamental de trabajo seguro	Jefe de Recursos Humanos
2 ¿Cuáles son los objetivos específicos en relación con el SSND?	

Reducir el nivel de riesgo asociado a eventos por daño por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso, respecto al personal que desarrolla actividades con exposición al riesgo de caída de rocas y falla de la estabilidad del macizo rocoso, debe tener la experiencia y preparación académica, respecto de la identificación de este peligro, métodos de control y conocer las zonas críticas con potenciales caídas de roca y falla de la estabilidad del macizo rocoso .

3 ¿Qué requisitos de desempeño deben satisfacer los controles críticos para cumplir los objetivos?	4 ¿Qué actividades respaldan o activan el control crítico?	5 ¿Qué actividades deben verificarse con objeto de comprobar el desempeño del control crítico?	Propietario Asignado
<p>Personal Calificado con la experiencia y conocimientos para realizar el filtro de competencias de los colaboradores que se sumaran al desarrollo de las operaciones.</p>	<p>Se ha establecido estos 5 componentes básicos para la gestión del talento humano los cuáles son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento • Habilidad • Valor • Actitud • Competencia <p>También se destacan el desempeño y las competencias laborales que constituyen un nivel más profundo que la simple técnica. Mientras que esta última serían los conocimientos para ejecutar una tarea.</p> <p>Es muy importante el análisis de estas dos competencias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Competencias personales: aquellas adquiridas por la educación obligatoria, como sumar, restar o leer. • Competencias sociales: integradas en la socialización. Saber ciertas normas de conducta básicas o de estándares sociales. 	<p>Realizar las auditorías tomando como referencia la matriz de competencias de cada puesto de trabajo que realice operaciones en mina, sin omisión alguna.</p> <p>Revisión y aseguramiento semanal de las competencias de los colaboradores que se estén adecuando a más funciones, también a personal que se está integrando a las operaciones de la unidad minera.</p> <p>Realizar los test y programa de reinducción de operaciones, personal que se está integrando por vacaciones, personal nuevo, personal que se está adecuando a nuevas funciones.</p>	<p>Supervisor de Recursos Humanos</p> <p>Ingeniero de Seguridad Senior</p> <p>Supervisor de reclutamiento</p> <p>Ingeniero de Seguridad</p> <p>Supervisor de Talento Competitivo</p>

6	¿Cuál es el objetivo de desempeño fijado para el control crítico?	El objetivo principal es asegurar que las personas asignadas a las distintas actividades sean las más idóneas para una función determinada. A su vez, permite integrar en torno al concepto de competencias todos los subsistemas que conforman la GCC.
7	¿Qué factor del desempeño del control crítico desencadena el cierre, la revisión del control crítico o una investigación?	El 100% de las auditorías indican que las competencias superan el umbral definido para el desempeño de los colaboradores en operaciones mina.

B. Informe de control crítico: B1 – Segregación y control de acceso

Tabla 10. Informe de control crítico: B1 – Segregación y control de acceso

Informe de control crítico: B1 – Segregación y control de acceso		Propietario Asignado		
SSND: Daños por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso		Gerente de Mina		
1	¿Cuál es la denominación del control crítico?	Jefe de Operaciones Mineras		
2	¿Cuáles son los objetivos específicos en relación con el SSND?	Reducir el nivel de riesgo asociado a eventos por daños por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso, respecto a la cantidad de personal que desarrolla actividades en operaciones minan incluidas conexas. Previa identificación de colaboradores al ingreso, que desempeñen sus labores en operaciones mina, así como el tránsito de vehículos autorizados.		
3	¿Qué requisitos de desempeño deben satisfacer los controles críticos para cumplir los objetivos?	4 ¿Qué actividades respaldan o activan el control crítico?	5 ¿Qué actividades deben verificarse con objeto de comprobar el desempeño del control crítico?	Propietario Asignado
Todo el personal que ingrese a mina deberá portar el fotocheck de identificación, en el cual indica la autorización de ingreso y tránsito en operaciones mina.		Se ha instituido puestos de vigilancia, en la zona norte una garita de control, el cual es punto de ingreso a mina	Supervisión y verificación del personal que cual brindara el servicio de control de ingreso a operaciones mina	Supervisor de Operaciones Ingeniero de Seguridad Senior
		Se efectúa un programa de ingreso para personal nuevo que ingresara a operaciones mina, el cual conlleva a las actividades directas y conexas que se realizan.	Aseveración de todo el personal que tenga la obligación de ingresar, previamente debe estar instruido en todas las actividades que se realicen en operaciones mina sean directos o conexas.	Supervisor de operaciones Ingeniero de Seguridad
		En la segregación se instalarán	Esto debe identificar el supervisor a cargo e	Supervisor de operaciones

<p>letreros para la identificación del área se debe considerar la instalación y el retiro con respecto a los trabajos. En toda segregación se debe contar con un letrado en el punto de acceso.</p>	<p>indicar la frecuencia radial y/o número telefónico. Se aplicará gestión de consecuencias. La violación a una segregación de área o control de acceso en torno a zonas de riesgo geotécnico, se considera falta grave.</p>	<p>Ingeniero de Seguridad</p> <p>Inspector de Seguridad.</p>
---	--	--

6 ¿Cuál es el objetivo de desempeño fijado para el control crítico?

El objetivo principal es monitoreo de ingreso y salida del personal, respetando el horario de trabajo, teniendo en cuenta la presencia y/o ausencia del colaborador.

7 ¿Qué factor del desempeño del control crítico desencadena el cierre, la revisión del control crítico o una investigación?

El 1% de colaboradores que no cuenten con la autorización de ingreso a operaciones mina, indica la ineficiencia por parte de garita de control.

C. Informe de control crítico: C1 – Control del diseño y disciplina operacional

Tabla 11. Informe de control crítico: C1 – Control del diseño y disciplina operacional

Informe de control crítico: C1 – Control del diseño y disciplina operacional	Propietario Asignado
--	----------------------

SSND: Daños por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso	Gerente de Mina
--	-----------------

1 ¿Cuál es la denominación del control crítico?

Control del diseño y disciplina operacional

Superintendente de Operaciones Mineras

2 ¿Cuáles son los objetivos específicos en relación con el SSND?

Reducir el nivel de riesgo asociado a eventos por daños por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso, respecto al diseño y tipo de sostenimiento, es un plano de importancia de primer orden puesto que es importante conocer y reforzar la estabilidad de nuestras labores subterráneas, ya que estas dependen de las propiedades mecánicas del macizo rocoso, donde se encuentra y determinar qué tipo de refuerzo se va a utilizar. Se constituyen con su modelo geotécnico, diseño controlado por estructuras, diseño controlado por resistencia de macizo rocoso, dominios geotécnicos de diseño y tipos de sostenimiento a utilizar. Estas consideraciones son importantes para un desarrollo eficiente de las operaciones.

3 ¿Qué requisitos de desempeño deben satisfacer los controles críticos para cumplir los objetivos?

El equipo debe estar dentro de los parámetros establecidos según MSHA (por sus siglas

4 ¿Qué actividades respaldan o activan el control crítico?

Inspección por el área de geotecnia en el modelo, diseño y tipo de sostenimiento a

5 ¿Qué actividades deben verificarse con objeto de comprobar el desempeño del control crítico?

Auditoría interna y externa sobre la inspección del área de geotecnia en el modelo, diseño y tipo

Propietario Asignado

Supervisor de Operaciones

<p>en inglés, agencia de seguridad en minas y administración de la salud). Según normativa y leyes peruanas. Decreto supremo N° 024 – 2016 – EM y su modificatoria por D.S N° 023 – 2017 – EM. Estándar por parte de la compañía. Artículo 263.- Corresponde al titular de actividad minera realizar estudios sobre la geomecánica y mecánica de rocas, a fin de mantener seguras y operativas las labores mineras y las instalaciones auxiliares como subestaciones eléctricas, talleres y otros”</p>	<p>utilizar en la minera subterránea. Seguimiento en el control del geotécnico con respecto al modelo, diseño y tipo de sostenimiento a utilizar en la minera subterránea.</p> <p>Se establecen parámetros de medidas de rampas, inter rampas, ángulos inicial y final, fases de explotación, identificando áreas críticas.</p> <p>Se sensibiliza y concientiza la dedicación y el compromiso responsable, por parte de todos los miembros de la organización, de realizar cada tarea de la manera correcta, todas las veces, desde la primera vez.</p>	<p>de sostenimiento a utilizar en la minera subterránea . Revisión de los registros de seguimiento de las medidas de control preventivas asignadas por el área de geotecnia con respecto al modelo, diseño y tipo de sostenimiento a utilizar en la minera subterránea</p> <p>Se establece un programa de reconocimiento y verificación de áreas o zonas críticas de manera periódica.</p>	<p>Ingeniero de Seguridad Senior Supervisor de operaciones</p> <p>Supervisor de Geología y Geomecánica</p>
--	---	--	--

- 6** ¿Cuál es el objetivo de desempeño fijado para el control crítico?
El objetivo principal es establecer parámetros mediante el análisis de zonas críticas por el área de geotecnia con respecto al modelo, diseño y tipo de sostenimiento a utilizar en la minera subterránea, según se van desarrollando el minado conjuntamente con el área de planeamiento.
- 7** ¿Qué factor del desempeño del control crítico desencadena el cierre, la revisión del control crítico o una investigación?
No cumplir con los estándares establecidos, principalmente con el modelo, diseño y tipo de sostenimiento a utilizar en la minera subterránea. También otras características relacionadas con el macizo rocoso que influyan en semblantes con respecto al desarrollo del minera subterránea.

D. Informe de control crítico: C3 – Mapa o plano de riesgos

Tabla 12. Informe de control crítico: C3 – Mapa o plano de riesgos

Informe de control crítico: C3 – Mapa de riesgos			Propietario Asignado
SSND: Daños por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso			Gerente de Mina
1 ¿Cuál es la denominación del control crítico? Mapa de riesgos			Superintendente de Operaciones Mineras
2 ¿Cuáles son los objetivos específicos en relación con el SSND? Identificar y orientar en la ubicación de zonas críticas mediante la aplicación de análisis geomecánico con potencial de sucesos por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso, respecto al diseño de la construcción de taludes.			
3 ¿Qué requisitos de desempeño deben satisfacer los controles críticos para cumplir los objetivos?	4 ¿Qué actividades respaldan o activan el control crítico?	5 ¿Qué actividades deben verificarse con objeto de comprobar el desempeño del control crítico?	Propietario Asignado
El equipo debe estar dentro de los parámetros establecidos según MSHA (por sus siglas en inglés, agencia de seguridad en minas y administración de la salud) y otras organizaciones, Según normativa y leyes peruanas. Decreto supremo N° 024 – 2016 – EM y su modificatoria por D.S N° 023 – 2017 – EM. Política y estándar por parte de la compañía.	Inducción a personal nuevo en operaciones mina por el área de seguridad mina sobre la identificación y orientación de zonas críticas en el desarrollo del minado en interior mina. Publicación del plano de riesgos en todas las áreas involucradas y de igual manera a socios estratégicos que realicen actividades en operaciones mina. Se establecen una capacitación única sobre la identificación y orientación de las ubicaciones de las zonas críticas.	Auditoría interna y externa sobre la actualización del mapa de riesgo por parte del del área de geomecánica en el modelo, diseño y tipo de sostenimiento a utilizar en la minera subterránea . Revisión de los registros de seguimiento de las medidas de control preventivas asignadas por el área de geotecnia verificación en la ejecución del programa de actualización de inspecciones de zonas críticas. Se establece un programa de reconocimiento y verificación de áreas o zonas críticas de manera periódica.	Supervisor de Operaciones Ingeniero de Seguridad Senior Supervisor de operaciones Supervisor de Geología y Geomecánica
6 ¿Cuál es el objetivo de desempeño fijado para el control crítico?			

El objetivo principal es establecer información actualizada y verídica con respecto a la identificación y orientación de las zonas críticas mediante la capacitación única de introducción a operaciones mina y actualización de zonas críticas según el desarrollo del minado subterráneo, con el acompañamiento, asesoría y análisis por parte del área de geomecánica.

7 ¿Qué factor del desempeño del control crítico desencadena el cierre, la revisión del control crítico o una investigación?

No cumplir con los estándares establecidos, principalmente con el modelo, diseño y tipo de sostenimiento a utilizar en la minera subterránea. También otras características relacionadas con el macizo rocoso que influyen en el ciclo de minado subterráneo

E. Informe de control Crítico: C6 – Plan de respuesta de emergencia

Tabla 13. Informe de control crítico: C6 – Plan de respuesta de emergencia

Informe de control crítico: C6 – Plan de respuesta de emergencia		Propietario Asignado	
SSND: Daños por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso		Gerente de Mina	
1 ¿Cuál es la denominación del control crítico?		Superintendente de Operaciones Mineras	
Plan de respuesta de emergencia			
2 ¿Cuáles son los objetivos específicos en relación con el SSND?			
Identificar y establecer los lineamientos en la gestión de respuestas a emergencias con potencial de sucesos por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso , respecto al diseño y tipo de sostenimiento a utilizar en la minera subterránea .			
3 ¿Qué requisitos de desempeño deben satisfacer los controles críticos para cumplir los objetivos?	4 ¿Qué actividades respaldan o activan el control crítico?	5 ¿Qué actividades deben verificarse con objeto de comprobar el desempeño del control crítico?	Propietario Asignado
NFPA 1: Código de Prevención de Incendios. NFPA 11: Norma para Espumas de Baja, Media y Alta Expansión. NFPA 13: Estándar para Instalación de	Inducción y capacitación sobre el PLA-SSO-001 Preparación y Respuesta a Emergencias	Verificación de documentos sobre el certificado de operatividad de todos los equipos que están contemplados en PLA-SSO-001 Preparación y Respuesta a Emergencias	Supervisor de Operaciones Ingeniero de Seguridad Senior

<p>Sistemas de Rociadores. NFFPA 14: Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras. NFFPA 15: Norma para Sistemas Fijos de Aspersores de Agua. NFFPA 22: Norma para Tanques de Agua Contra Incendio. NFFPA 24: Redes Contra Incendios. NFFPA 25: Norma para la Prueba y Mantenimiento de Sistemas Contra Incendios a Base de Agua. NFFPA 1561: Norma sobre sistema de administración de incidentes para servicios de emergencia NFFPA 10: Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios NFFPA 20: Norma para la instalación de Bombas Estacionarias de Protección contra incendios NFFPA 472: Norma para competencias del personal de respuesta a incidentes con materiales peligrosos/armas de destrucción masiva Según normativa y leyes peruanas. Decreto supremo N° 024 – 2016 – EM y su modificatoria por D.S N° 023 – 2017 – EM. Política y estándar por parte de la compañía.</p>	<p>Publicación y difusión del PLA-SSO-001 Preparación y Respuesta a Emergencias para todas las áreas involucradas y de igual manera a socios estratégicos que realicen actividades en operaciones mina. Programación de actividades de simulacro que han sido contemplados en el PLA-SSO-001 Preparación y Respuesta a Emergencias</p>	<p>Revisión de los registros de seguimiento que dan cumplimiento a todo lo establecido en el PLA-SSO-001 Preparación y Respuesta a Emergencias</p>	<p>Supervisor de operaciones Supervisor de Geología y Geotécnica</p>
---	--	--	---

6 ¿Cuál es el objetivo de desempeño fijado para el control crítico?

El objetivo principal es establecer los lineamientos en la gestión de respuestas a emergencias a fin de minimizar los impactos generados por los diferentes tipos de

emergencias, ya sean de origen antrópico y/o natural, que pudieran afectar a los trabajadores, al medio ambiente y a las instalaciones de la Compañía, explícitamente en el desarrollo del ciclo de minado subterráneo

7 ¿Qué factor del desempeño del control crítico desencadena el cierre, la revisión del control crítico o una investigación?

No cumplir con los lineamientos establecidos en PLA-SSO-001 Preparación y Respuesta a Emergencias, algún tipo de alteración en la ejecución del plan.

CONCLUSIONES

1. La implementación de la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas para la unidad minera Yauricocha evaluó la aplicación del proceso de GCC. Las actividades que dan el sustento se describen en los pasos 1 a 9, se incorporan a los procesos y lineamientos, lo que incorpora el intercambio de las competencias de supervisión del proceso de GCC desde el grupo responsable de su ejecución al responsable de las operaciones en minería subterránea. Las actividades que se considerarán al final del proceso incluyen:
 - La ejecución de una interacción orientada a evaluar los SSND existentes y distinguir los nuevos o emergentes que pudieran surgir durante las operaciones típicas de la Unidad Minera Yauricocha.
 - El establecimiento de los sistemas para asegurar y auditar los informes listos elaborados.
 - Actualización de la preparación de GCC según el estado situacional de la unidad Minera Yauricocha.
 - Reconocimiento existente aparte de todo lo demás cuando los cambios presentados en la empresa pueden requerir una actualización del enfoque GCC (por ejemplo, si una empresa obtiene nuevos recursos y altera sus sistemas, su innovación, su ritmo de producción de la Unidad Minera Yauricocha.).
 - Revisión de las ventajas de ejecutar la interacción GCC en la Unidad Minera Yauricocha.
2. La prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha cumplieron con los objetivos fundamentales:
 - Ponemos en marcha el desarrollo de la gestión de controles críticos aplicando la metodología Bow Tie, cuyo objetivo es la prevención de accidentes por caída, desprendimiento del macizo rocoso o falla de la estabilidad del macizo rocoso, que se establece en 9 etapas como se muestra en la presente investigación para la unidad minera Yauricocha.

- Comprobamos la disminución del nivel de riesgo e impacto relacionado con eventos con el potencial de producir accidentes provocados por deslizamiento de rocas en la unidad minera Yaurichoca, utilizando la gestión de controles críticos con la metodología *bow tie*.
3. La reducción del nivel de riesgo en la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha se realizó; en primer lugar, por la aplicación de dos controles críticos preventivos y posteriormente a tres controles críticos mitigadores, que ayudarán a mejorar la seguridad y a disminuir accidentes e incidentes causados por desprendimiento de rocas.

RECOMENDACIONES

1. Se debe continuar completando este tipo de metodología *bow tie* para mejorar procesos en el desarrollo de las medidas de GCC para otras actividades.
2. La medida de la variedad de información debe completarse a través de una fuerza laboral preparada y experimentada que acepte las pautas y estrategias para recopilar datos confiables para decidir las desciciones correctas.
3. Se debe cumplir con el correcto uso de equipos e instrumentos cuando se realiza la recopilacion de datos *in situ*. Además, se debe realizar la capacitacion del grupo de trabajo de los colaboradores lideres que integran el GCC, como lo indican los cronogramas establecidos a través de organizaciones con experiencia práctica en el campo.
4. Se recomienda que se observe que los líderes y directores pueden fomentar con su propio ejemplo el comportamiento de una cultura eficiente en la gestion de riesgos dentro de la empresa minera.
5. Establecer prácticas de comporatamiento que los trabajadores puedan adoptar para promover una cultura eficiente en los trabjos del ciclo de minado. Adoptar estas prácticas ayudará a ejecutar el proceso de GCC y respaldará una gestion eficiente de este en el futuro de unidad minera Yauricocha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TAPIA, Robinson y DURAN, Jonatan. Diseño de software para el control de riesgos críticos en minas convencionales, Arequipa (2019). Tesis (Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Tecnológica del Perú, 2020, 88 pp.
2. VILCA, Fredy. Evaluación de los comportamientos seguros y de riesgo en la minimización de los accidentes de trabajo en la mina Andaychagua Empresa Minera Volcán S.A.A. – 2018. Tesis (Ingeniero de Minas). Juliaca : Universidad Nacional del Altiplano, 2019, 105 pp.
3. CARHUARICRA, Bety. Influencia de controles críticos de seguridad en los riesgos laborales en el área de chancado – Compañía Minera Argentum – Morococha – 2019. Tesis (Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, 2019, 115 pp.
4. CATALÁN, Carolina. Estandarización del análisis de riesgo de sobrecosto de proyecto aplicado a proyectos mayores de BHP. Tesis (Ingeniero Metalurgista). Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2018, 115 pp.
5. FALLA, Nicolás. Riesgos laborales en minería a gran escala en etapas de prospección - exploración de metales y minerales en la región sur este del Ecuador y propuesta del modelo de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional para empresas mineras en la provincia de Zamora Chinchipe. Tesis (Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales). Quito : Universidad Central del Ecuador, 2012, 252 pp.
6. INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING & METALS. *Guía para la ejecución de la gestión de los controles críticos* . Reino Unido - Londres : 35/38 Portman Square, 2015.

7. Colaboradores de Wikimedia. Análisis del árbol de fallas. [En línea] Wikipedia, La enciclopedia libre, 2020. [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2021]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_del_%C3%A1rbol_de_fallas
8. CGE Risk Wolters Kluwer. [En línea] 12 de 06 de 2018. [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2021]. Disponible en: www.cgerisk.com.
9. FUENTES, Juan. Investigación y aplicación de técnicas de control de ruido al interior de cabinas de la flota de camiones de compañía minera Cerro Colorado. Tesis (Ingeniero Civil Acústico). Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile, 2010.
10. CONSEJO INTERNACIONAL DE MINERÍA Y METALES. [En línea] Guía para la ejecución de la gestión de los controles críticos, 09 de 10 de 2015. [Fecha de consulta: 20 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.icmm.com/es/salud-y-seguridad/gestion-de-controles-criticos>.
11. LANDEO, Juan, RIVERA, Hugo y BREÑA, Christian. Análisis de control de riesgos por efectos de subsidencia de rocas en la unidad minera Yauricocha. *Instituto de Investigación (RIIGEO)*. FIGMMG-UNMSM, 2015, Vols. Vol. 18, N° 36, pp. 61 - 70.

ANEXOS

Anexo 1

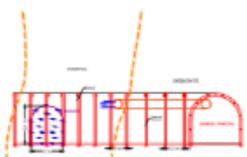
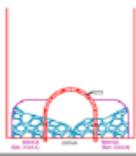
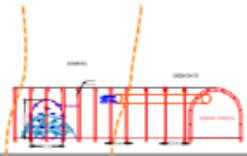
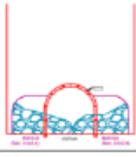
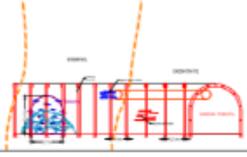
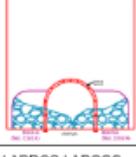
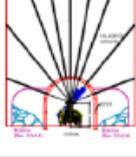
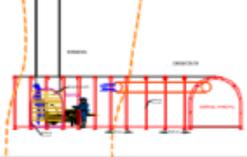
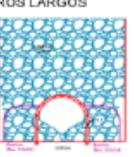
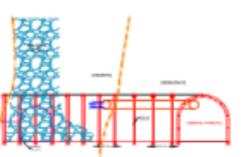
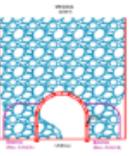
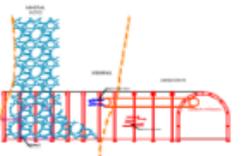
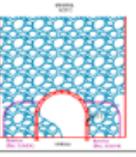
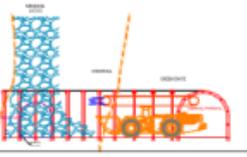
Matriz de consistencia

- Implementación de la metodología *bow tie* para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo será la implementación de la metodología <i>bow tie</i> para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha?	Desarrollar la implementación de la metodología <i>bow tie</i> para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha	La implementación de la metodología <i>bow tie</i> es factible y viable para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo será la implementación de la gestión de controles críticos con la metodología <i>bow tie</i> para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha?	Desarrollar la implementación de la gestión de controles críticos con la metodología <i>bow tie</i> para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha	La implementación de la gestión de controles críticos con la metodología <i>bow tie</i> es factible y viable para la prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha.
¿Cómo será la implementación de la metodología <i>bow tie</i> para la reducción del nivel de riesgo y prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha?	Desarrollar la implementación de la metodología <i>bow tie</i> para la reducción del nivel de riesgo y prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha	La implementación de la metodología <i>bow tie</i> es factible y viable para la reducción del nivel de riesgo y prevención de accidentes e incidentes por desprendimiento de rocas, unidad minera Yauricocha.

Anexo 2

Ciclo de minado Sublevel Caving Mecanizado

CICLO DE MINADO SUBLEVEL CAVING MECANIZADO - TAS: 2 HRS. RMR: 21 - 30 (TIPO IV-B)			
1. PERFORACIÓN DE BOLSILLOS  	1. PERFORACIÓN Sección : 2.00 x 2.40 N° de Taladros : 20 Tiempo de Perforación : 1.45 horas Rendimiento : 30 Mts/horas Ø de Broca : 41 mm Longitud de Barrenado : 6 Pies Pies Perforados/Disparo : 1.80 Mts Pies Perforados/Disparo : 120 PPI/Disp		
2. VOLADURA DE BOLSILLOS  	2. VOLADURA Sección : 2.00 x 2.40 Avance / Disparo : 2.00 Mts Explosivos : Emulcor 1000 de 1" x 7" Tiempo de Carguío : 0.5 Horas Factor de Carga : 1.62 Kg/m ³ 0.75 Kg/Ton 8.30 Kg/Mt		
3. VENTILACIÓN  	3. VENTILACIÓN Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas NOTA: Por seguridad del personal no se expondrá a realizar el desatado de rocas después de disparar el bolsillo		
4. LIMPIEZA DE BOLSILLOS  	4. LIMPIEZA Equipo : ST-2D Capacidad Equipo : 2.2 yds ³ Rendimiento : 50 Tn/Horas		
5. PERFORACIÓN DE TALADROS LARGOS  	5. PERFORACIÓN Sección : N° de Taladros : 18 Tiempo de Perforación : 3.38 horas Rendimiento : 20 Mts/horas Ø de Broca : 64 mm Pies Perforados/Disparo : 412.72 PPI/Disp		
6. VOLADURA DE TALADROS LARGOS  	6. VOLADURA Avance / Disparo : N° de Taladros : 18 Explosivos : Emulcor Tiempo de Carguío : 2.40 horas Factor de Carga : 0.12 Kg/Tn		
7. VENTILACIÓN  	7. VENTILACIÓN Tiempo de Ventilación : 0.5 Horas NOTA: Por seguridad del personal no se expondrá a realizar el desatado de rocas después de la voladura.		
8. LIMPIEZA  	8. LIMPIEZA Equipo : ST-2D Capacidad Equipo : 2.2 yds ³ Rendimiento (*) : 40 Tn/Horas (*) El rendimiento presentado esta calculado con una distancia de acarreo menor a 90 Mts		
 RICARDO ALEJANDRO MARTÍNEZ SERRANO INGENIERO DE MINAS Reg. CP N° 9855			
PLANOS DATUM ESCALA	PLANO N° 011_07 DATUM 2023 M / 185 ESCALA 1:200	DISEÑO POR DISEÑADOR APROBADO POR FECHA	Ing. S. Meyer Ciro P. Paredes Ing. J. Amorín AGOSTO 2019
SOCIEDAD MINERA CORCONA S.A. PLANTEAMIENTO Y PRODUCTIVIDAD CICLO DE MINADO SUBLEVEL CAVING MECANIZADO TAS: 2 HRS. RMR: 21 - 30 (TIPO IV-B)			

Tomado del Departamento de Geología unidad minera Yauricocha

Anexo 3

Incidencia de la producción de mineral por método de minado de la unidad minera Yauricocha, periodo 2019

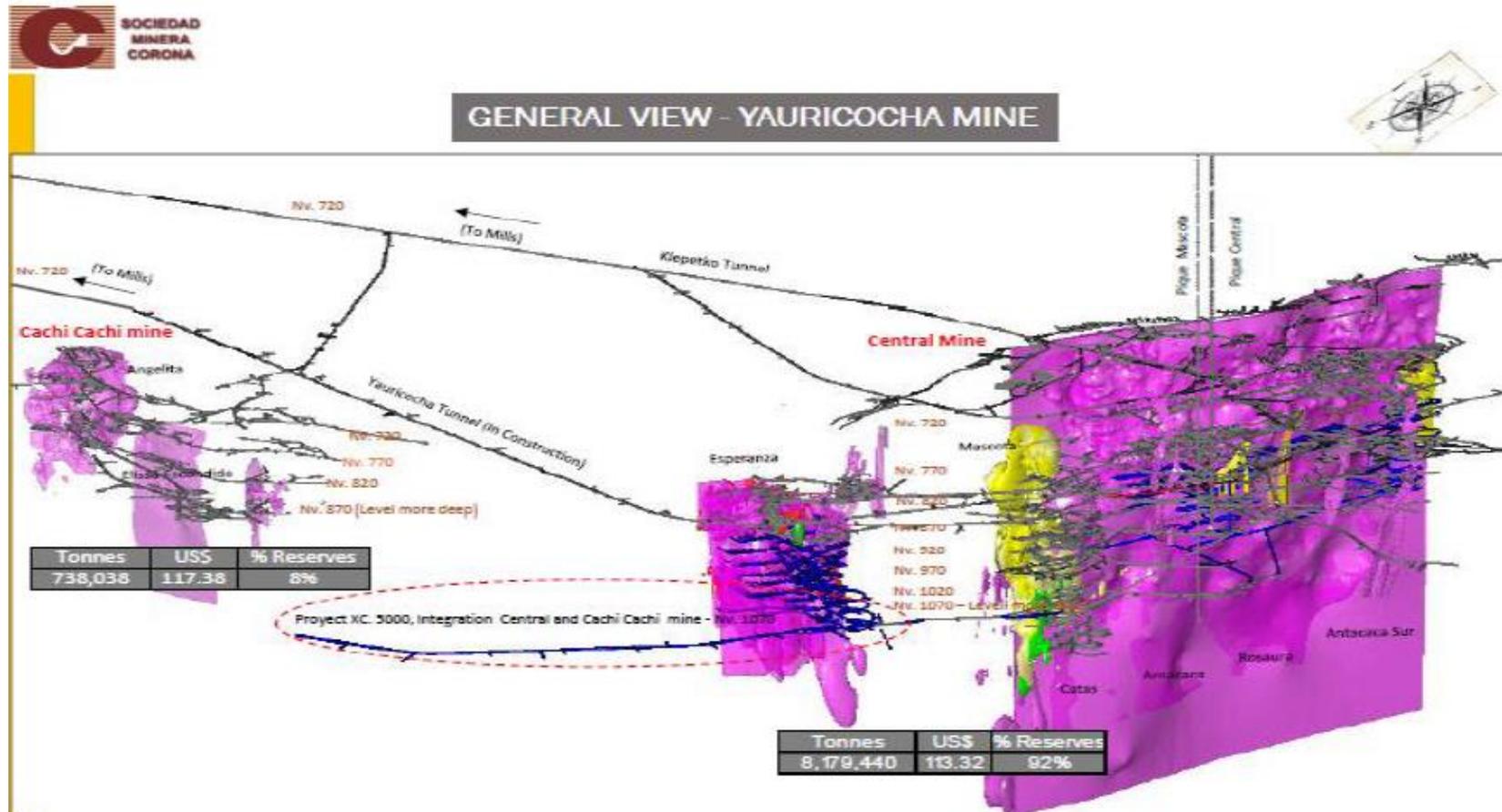
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	01 ENE	02 FEB	03 MAR	04 ABR	05 MAY	06 JUN	07 JUL	08 AGO	09 SET	10 OCT	11 NOV	12 DIC	Total	Incidencia (%)
SUBLEVEL CAVING	71,365	63,272	37,231	42,945	77,573	70,660	70,366	75,820	74,599	63,707	62,488	65,157	775,183	69
C.R.A.	23,458	25,664	12,292	11,464	23,455	32,310	36,245	35,438	32,309	40,338	38,663	40,660	352,296	31
Total General	94,823.00	88,936.00	49,523.00	54,409.00	101,028.00	102,970.00	106,611.00	111,258.00	106,908.00	104,045.00	101,151.00	105,817.00	1,127,479	100



Tomado del Departamento de Planeamiento unidad minera Yauricocha

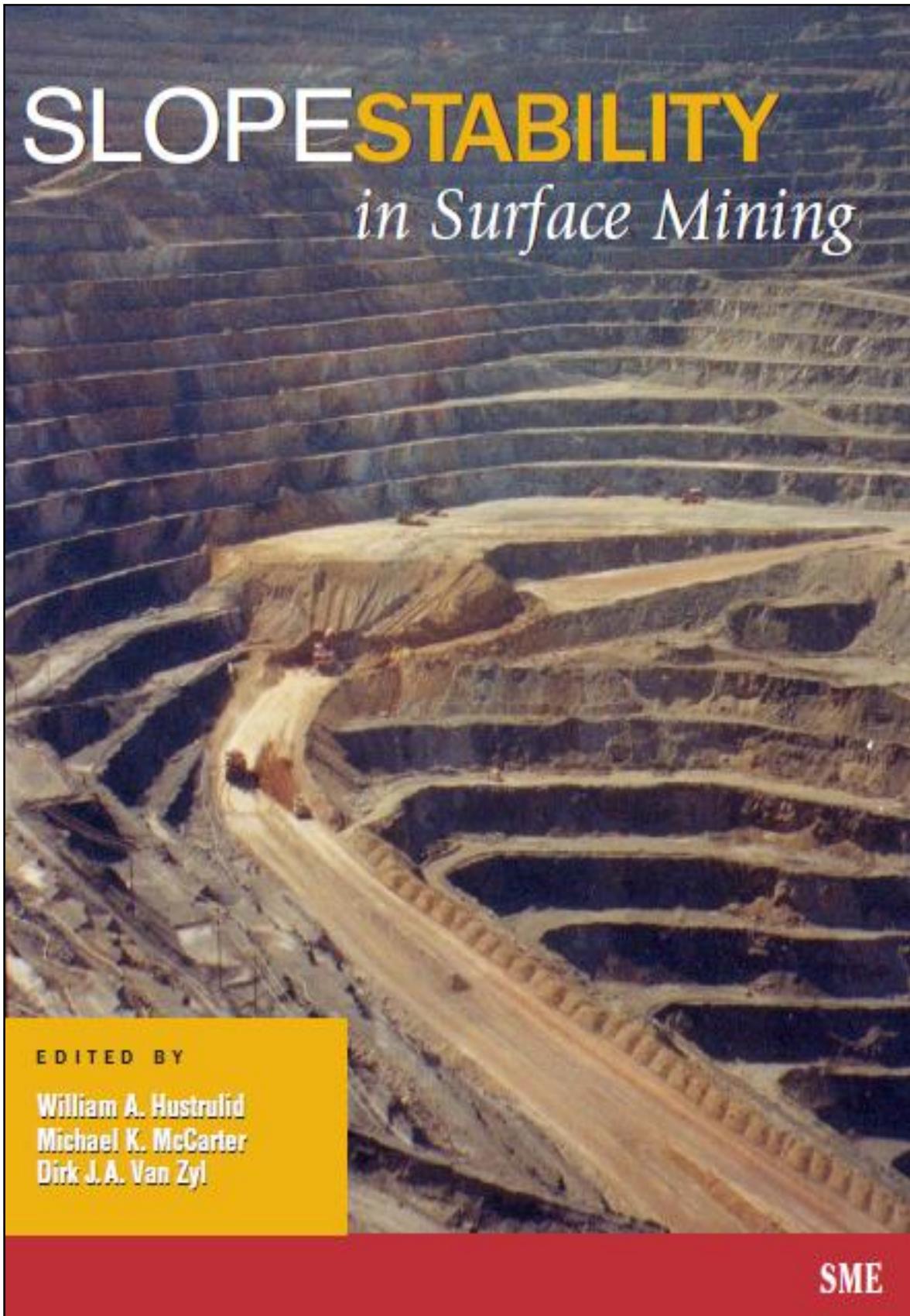
Anexo 4

Vista general de los cuerpos mineralizados de la unidad minera Yauricocha



Tomado del Departamento de Planeamiento unidad minera Yauricocha

Anexo 5
In Surface mining - Book.



Tomado de (SME, 2001)

Anexo 6

Capacitación sobre análisis cinemático de taludes



The image shows the cover of a training manual. The background is a dark blue gradient with a teal and white abstract shape in the top left corner. In the top right, there is the CGI logo, which consists of a stylized white circle with a teal ring, followed by the text 'CGI' in large white letters and 'Centro Geotécnico Internacional' in smaller teal letters below it. A white horizontal line is positioned above the main title. The main title is written in large, bold, white capital letters: '“ANÁLISIS CINEMÁTICO DE TALUDES”' followed by '-Aplicación del Software DIPS-'. Below the title, the presenter's name and title are listed in teal text: 'Presentado por: Ing. Guillermo Rodríguez C.' and 'Especialista en Geomecánica y Geotecnia'.

CGI Centro Geotécnico Internacional

“ANÁLISIS CINEMÁTICO DE TALUDES”
-Aplicación del Software DIPS-

Presentado por: Ing. Guillermo Rodríguez C.
Especialista en Geomecánica y Geotecnia

Tomado de (CGI, 2020)

Slope Capacitación de Gestion de barreras críticas

CONSIGNA Consulting
Mejoramos el desempeño de Personas, Activos y Proyectos

Partner para Latinoamérica

CGE
Risk Management Solutions

GESTION DE BARRERAS CRITICAS
.....Una vez Comprendido el Riesgo

Roberto Burgos L.
Gerente
Celular: +56 9 92431121
Email: rburgos@consigna.cl

Tomado de (CGE, 2019)

Anexo 7

Taller de identificación y monitoreo de controles críticos de riesgos



Taller de Identificación y monitoreo de controles críticos de riesgos

Metodología Bow Tie

Tomado de (HSEC Consulting, 2019)

Anexo 8

Slope Boletín informativo de la Gerencia de Supervisión minera



Tomado de (OSINERGMIN, 2019)

Anexo 9

Guía para la ejecución de la Gestión de los controles críticos



Tomado de (ICMM, 2015)

Anexo 10

Guía de buenas prácticas para Gestión de controles críticos para la salud y la seguridad



Tomado de (ICMM, 2015)