



Análisis de riesgo en el proceso constructivo de túneles con TBM basado en la Metodología Bowtie

Trabajo de Titulación para optar al Título de

Ingeniera en PREVENCIÓN DE RIESGOS

LABORALES Y AMBIENTALES

Profesor Guía: Carlos Gómez Singh

Alumno: Scarlett Aránguiz Pinto

2023



A mis padres un
apoyo incondicional
en momentos difícil a
lo largo del camino
de mi carrera



“La locura es volver a hacer y volver a hacer algo con la esperanza de obtener un resultado diferente. Si algo no te sirve en tu vida, tienes que dejar de repetir viejos patrones y buscar resolverlos. Para esto no solo bastan las buenas intenciones, necesitamos también tener buenas elecciones”.

Albert Einstein



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, Marianela Pinto P y Juan Aránguiz CH, pilares fundamentales dentro de lo que fueron mis estudios, me apoyaron en cada momento cuando siempre llegaba a casa con ganas de tirar la toalla. Tuve que salir de mi región y dirigirme a viña donde se encontraba la universidad, me encontraba sola y tuve enfrentarme al mundo para comenzar mis estudios.

Darle las gracias a mi profesor guía Carlos Gómez por su paciencia y entregarme todos los conocimientos necesarios para poder conformar mi tesis. Agradecer a todo el equipo de profesores quien me acompañó durante 4 años que se conformó mi carrera universitaria, entregando todos los conocimientos a cada alumno. Agradecer a mis compañeros que fueron una parte fundamental dentro de estos 4 años, nos apoyamos unos a los otros, pasamos noches de desvelo estudiando, momentos donde nos sentábamos en los auditorios todos con cara de miedo pensando que pasaría después de cada certamen, porque ninguno quería quedar con materias pendientes. Agradecer a cada funcionario de la Universidad Federico Santa María, Sede Viña del Mar, José Miguel Carrera, a las funcionarias de aseo porque nos mantenían todos nuestros rincones en perfecto estado, a las funcionarias de la biblioteca que siempre estaban a disposición de nuestra ayuda.



RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo fue desarrollado para optar al título de Ingeniera en Prevención de riesgos Laborales y Ambientales, estudiando el procedimiento con TBM y un análisis de riesgos asociados al proceso.

TBM es un equipo capaz de excavar el túnel en forma circular mediante una cabeza rotatoria con discos cortadores, que permiten triturar la roca en la frente y avanzar hacia adelante presionado por émbolos apoyados en las paredes de túnel

A lo largo de la historia ha sido necesaria la creación de túneles. Los túneles son estructuras, en general subterráneas, que ayudan a transportar de forma más simple diferentes elementos (personas o recursos), utilizando diferentes tipos de maquinarias e innovando en cada proceso obteniendo nuevas formas de enfrentar a la naturaleza del lugar.

Desde la excavación manual en los tiempos más remotos hasta la época actual en donde se han utilizado maquinarias de excavación convencional y maquinarias automatizadas, pasando por los métodos clásicos al método NATM para finalmente llegar al método Túnel Boring Machine (TBM), la civilización a utilizado los túneles con diferentes propósitos aprendiendo de los errores del pasado y perfeccionando la forma en que se va excavando

En este trabajo se presenta un estudio del proceso constructivo de túneles el cual se desarrolla en tres etapas donde se enfocará en la construcción de estos se identifican los equipos y controles operacionales involucrados, posteriormente se aplican las técnicas del Bow Tie.

El análisis de peligro se realiza bajo la técnica de BowTie el cual entrega una visión global de los controles operacionales junto con las causas y consecuencias de la construcción de túneles para finalizar con la valoración económica de una medida de mejora.

Durante el análisis y desagregación de los elementos del BowTie se logra identificar el evento principal la excavación del túnel, las causas como la operación de la TBM o la falla del acopio de marina. Por el lado derecho del BowTie se desprenden las consecuencias del acopio de marina que puede desencadenar acumulación y saturación de material.

Como principal resultado se logra comprender los posibles modos de falla de los equipos y barreras que detonan la caída de carbón al mar.

Es importante mencionar que los análisis realizados bajo las técnicas de FTA, ETA y BowTie de manera cualitativa representan posibles modos de fallo, tanto de manera retrospectiva como predictiva se identifican las posibles causas y rutas que pueden resultar en la excavación del túnel, repercutiendo en el desempeño del acopio de marina con una posible paralización de esta, o de manera más grave, afectando la reputación organizacional por un posible daño ambiental



ABSTRACT

This work was developed to obtain the degree of Engineer in Occupational and Environmental Risk Prevention, studying the TBM procedure and an analysis of the risks associated with the process. TBM is an equipment capable of excavating the tunnel in a circular shape through a rotating head with cutting discs, which allows crushing the rock at the front and moving forward pressed by plungers supported on the tunnel walls. Context. Throughout history it has been necessary to create tunnels. Tunnels are structures, generally underground, that help transport in a simpler way different elements (people or resources), using different types of machinery and innovating in each process obtaining new ways to face the nature of the place.

From the manual excavation in the most remote times to the present time where conventional excavation machinery and automated machinery have been used, passing through the classic methods to the NATM method and finally reaching the Tunnel Boring Machine (TBM) method, civilization has used tunnels for different purposes, learning from the mistakes of the past and perfecting the way in which tunnels are excavated.

In this work a case study about the tunnel construction process is presented which is developed in three stages where the focus will be on the construction of the tunnels, the identification of equipment and operational controls involved ending on the Bow Tie techniques.

The hazard analysis is performed under the BowTie technique which gives us a global vision of the operational controls and the causes/consequences of the tunnel construction, finishing with the economic valuation of an improvement measure.

During the analysis and disaggregation of the BowTie elements, it is possible to identify the main event, the tunnel excavation, the causes such as the operation of the TBM or the failure of the marine stockpile. On the right side of the BowTie, the consequences of the marine stockpiling that can trigger accumulation and saturation of material can be seen. The main result is to understand the possible failure modes of the equipment and barriers that trigger the fall of coal into the sea.

It is important to mention that the analyses carried out under the FTA, ETA and BowTie techniques qualitatively represent possible failure outcomes, both retrospectively and predictively identifying the possible causes and routes that may result in the tunnel excavation, affecting the performance of the marine stockpile with a possible stoppage of it, or more seriously, affecting the organizational reputation by a possible environmental damage.

It should also be noted that, at the close of this study, no evidence was found to attribute a degree of environmental contamination to the use of TBM for tunneling.



INDICE

Contenido

| | |
|---|-------------------------------------|
| Análisis de riesgo en el proceso constructivo de túneles con TBM basado en la metodología bowtie..... | 1 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 4 |
| RESUMEN EJECUTIVO..... | 5 |
| ABSTRACT..... | 6 |
| INDICE..... | 7 |
| INDICE DE ILUSTRACIONES..... | 10 |
| INDICE DE FIGURAS..... | 10 |
| INDICE DE TABLAS..... | 10 |
| INDICE DE DIAGRAMAS..... | 11 |
| GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS..... | 13 |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 2 |
| OBJETIVO ESPECIFICO..... | 2 |
| ALCANCE..... | 2 |
| HITOS PRINCIPALES..... | 2 |
| PREMISAS..... | 2 |
| SUPUESTOS..... | 3 |
| RESTRICCIONES..... | 3 |
| LIMITACIONES..... | 3 |
| QUE SE ESPERA..... | 3 |
| METODOLOGIA..... | 3 |
| CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES GENERALES..... | 5 |
| ANTECEDENTES GENERALES..... | 6 |
| ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE TUNELES EN OBRAS CIVILES..... | 6 |
| | 7 |
| | 8 |
| EUROPA..... | 9 |
| EN NORTEAMERICA..... | 10 |
| EN CHILE..... | 11 |
| CASOS EN CHILE CON TBM..... | 13 |
| HIDROELECTRICA ALTO MAIPO..... | 14 |
| EL TENIENTE..... | 14 |
| INVESTIGACION DEL PERSONAL..... | Error! Bookmark not defined. |
| Responsabilidad del personal en contacto directo con las máquinas..... | 15 |
| Operadores de maquinarias..... | 15 |
| Electricistas..... | 15 |



| | |
|--|-------------------------------------|
| Mecánicos | 15 |
| Supervisores eléctrico, Mecánico, Hidráulico | 16 |
| Operador de la cabina de control | 16 |
| RESPONSABILIDAD DE DEPARTAMENTOS | Error! Bookmark not defined. |
| Recursos Humanos | 17 |
| Producción u Operaciones (Supervisores)..... | 17 |
| Departamento de mantención | 17 |
| Departamento de prevención | 17 |
| Gerencia..... | 17 |
| Departamento topografía | 18 |
| Departamento de calidad | 18 |
| MAQUINARIA | 18 |
| ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA TBM..... | 19 |
| Personal Operación TBM | 19 |
| 1° Grupo de trabajadores: Especialidad Minería y acercamiento de materiales a la TBM | 19 |
| 2° Grupo de trabajadores: Especialidad mecánicos, eléctricos e instalación de servicios | 20 |
| 3° Grupo de trabajadores: especialidad OO.CC..... | 21 |
| 4° Grupo de trabajadores en superficie: Logística, suministro y mantención | 22 |
| ORGANIGRAMA GLOBAL | 22 |
| CAPITULO 2 | 23 |
| Marco teórico y legal | 23 |
| MARCO TEORICO Y LEGAL | 24 |
| Marco teórico | 24 |
| Maquinaria | 24 |
| Equipo..... | 24 |
| Resguardos de las maquinarias | 24 |
| Resguardos de máquinas | 25 |
| Tipos de defensa..... | 26 |
| Tipos de defensas..... | 26 |
| Tipos de dispositivos..... | 27 |
| Diagramas para la selección de defensas..... | 29 |
| Diagrama en base al número y ubicación de los peligros..... | 30 |
| Diagrama de acuerdo con la naturaleza y frecuencia de acceso | 30 |
| Peligros asociados | 32 |
| Causas inmediatas | 33 |
| Marco legal. | 33 |
| Código del Trabajo de 2002 del ministerio del trabajo y Previsión Social. | 33 |
| Ley 16.744 establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales / 1 de febrero 1968 / ministerio del trabajo y previsión social..... | 34 |
| Decreto Supremo 594/2019 “Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo”, Ministerio de Salud. | 35 |



| | |
|---|-------------------------------------|
| Párrafo II “De Las Condiciones Generales de seguridad” | 35 |
| Decreto Supremo 132/año y nombre “Titulo II Normas generales-Capítulo Tercero Normas Generales” | 35 |
| Decreto 40. Aprueba reglamento sobre prevención de riesgos profesionales | 36 |
| Normas referenciales: | 36 |
| CAPITULO 3 | 37 |
| Identificación de riesgos inherentes y potenciales del proceso en la construcción de túneles con TBM bajo el método Bow Tie | 37 |
| IDENTIFICACION DE RIESGOS INHERENTES | Error! Bookmark not defined. |
| Herramientas para la evaluación de riesgo | 38 |
| Árbol de fallas | 40 |
| Análisis bow tie | 40 |
| Evolución del Diagrama | 41 |
| Diagrama bow tie | 42 |
| | Error! Bookmark not defined. |
| Recopilación de Datos | 42 |
| Seguridad de Procesos | 43 |
| Contexto proceso constructivo de túneles con TBM..... | 44 |
| Etapas del proceso de excavación | 46 |
| Sala de control de la TBM | 46 |
| Rotación y empuje..... | 46 |
| Humectación de la frente | 47 |
| Rotación y giro en reversa de la “cabeza de corte” | 47 |
| Movimientos de equipos en paralelos al avance de la TBM | 48 |
| Inyecciones para impermeabilizar el macizo rocoso..... | 48 |
| Proceso de Fortificación..... | 49 |
| Etapas del proceso de fortificación | 49 |
| Equipos que se utilizaran en la fortificación | 50 |
| Perforadoras | 50 |
| Instalación de marcos: | 51 |
| Identificación de actividades críticas..... | 53 |
| Análisis de los controles operacionales | 54 |
| Clasificación controles operacionales | 54 |
| Controles operacionales..... | 55 |
| Análisis de riesgo de la operación con TBM | 56 |
| Árbol de fallos (FTA) | 56 |
| Árbol de eventos (ETA)..... | 57 |
| Diagrama BowTie. | 57 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 59 |
| Estimación económica simple..... | 60 |
| CONCLUSIONES | 60 |
| BIBLIOGRAFIA | 61 |



| | |
|--|----|
| ANEXOS | 62 |
| Anexo 1: Matriz de riesgos STRABAG | 62 |
| Anexo 2: Certificado competencias Operador de Alta | 70 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|-------------------------------------|
| IMAGEN 1 DESCUBRIMIENTO METALÚRGICO EDAD DE PIEDRA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| IMAGEN 2 ARTE TÚNELES DE ROMANOS..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| IMAGEN 3 PRIMER TÚNEL HIDRÁULICO MODERNO, MINA DAROCA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| IMAGEN 4 CONSTRUCCIÓN DE TÚNEL EN NUEVA YORK... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| IMAGEN 5 TÚNEL CARACOL, DEL FERROCARRIL TRANSANDINO | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| IMAGEN 6 CONSTRUCCIÓN TÚNEL REDENTOR | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| IMAGEN 7 PRIMER GRUPO DE TRABAJADORES | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| IMAGEN 8 IMAGEN REFERENCIAL PERSONAL OPERACIÓN | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| IMAGEN 9 ESPECIALIDAD OO.CC PARA CONSTRUCCIÓN DE LOSA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-------------------------------------|
| FIGURA 1 -1 ORGANIGRAMA DEL PERSONAL | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| FIGURA 2 ESTIMACIÓN ECONÓMICA SIMPLE – ELABORACIÓN PROPIA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| FIGURA 3 ANÁLISIS BOW TIE | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| FIGURA 4 ÁRBOL DE FALLAS + ÁRBOL DE EVENTOS | 41 |
| FIGURA 5 EVOLUCIÓN DEL DIAGRAMA..... | 41 |
| FIGURA 6 PIRÁMIDE DE CONTROL DE RIESGOS, FRANK BIRD..... | 43 |
| FIGURA 7 TUNELADORA GRIPPER | 44 |
| FIGURA 8 PRINCIPIOS DEL SISTEMA DE EXCAVACIÓN..... | 45 |
| FIGURA 9 ESQUEMA DE LA CABEZA DE CORTE..... | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| FIGURA 10 HUMECTACIÓN DE LA FRENTE | 47 |
| FIGURA 11 MOVIMIENTOS DE PERFORACIÓN | 48 |
| FIGURA 12 INYECCIONES QUÍMICAS DE LA FRENTE..... | 49 |
| FIGURA 13 ETAPAS DEL PROCESO DE FORTIFICACIÓN | 49 |
| FIGURA 14 TIPOS DE PERFORADORAS..... | 50 |
| FIGURA 15 INSTALACIÓN DE MARCOS | 51 |
| FIGURA 16 ÁRBOL DE EVENTOS – CREACIÓN PROPIA..... | 57 |



INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1 RESGUARDO DE MAQUINARIAS | 25 |
| TABLA 2 TIPO DE DEFENSAS | 27 |
| TABLA 3 TIPO DE DISPOSITIVOS | 28 |
| TABLA 4 TIPOS DE PELIGRO | 32 |
| TABLA 5 CAUSAS INMEDIATAS DE LOS ACCIDENTES | 33 |
| TABLA 6 HERRAMIENTAS DEL RIESGO..... | 39 |
| TABLA 7 IDENTIFICACIÓN ACTIVIDADES CRITICAS..... | 53 |
| TABLA 8 CONTROLES ENUMERADOS | 54 |
| TABLA 9 CONTROLES OPERACIONALES PREVENTIVOS..... | 55 |
| TABLA 10 CONTROLES OPERACIONALES DE MITIGACIÓN | 55 |

INDICE DE DIAGRAMAS

| | |
|---|-------------------------------------|
| DIAGRAMA 1 UBICACIÓN DE LOS PELIGROS | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| DIAGRAMA 2 RIESGOS EN BASE A SU NATURALEZA | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| DIAGRAMA 3 DIAGRAMA BOW TIE | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |
| DIAGRAMA 4 CLASIFICACIÓN CONTROLES OPERACIONALES – CREACIÓN PROPIA..... | 55 |
| DIAGRAMA 5 ARBOL DE FALLOS – CREACIÓN PROPIA | 56 |
| DIAGRAMA 6 VISIÓN PANORÁMICA BOW TIE | ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura TBM | 13 |
| Figura Cutterhead | 13 |
| Figura Cutterhead – Descripción y Posición | 14 |
| Figura Grippers | 14 |
| Figura Flyer | 15 |
| Figura Conveyor Belt | 15 |
| Figura 1.1 | 7 |
| Descubrimiento metalúrgico edad de piedra | 7 |
| Figura 1.2 | 8 |
| Arte túneles de romanos | 8 |
| Figura 1.3 | 8 |
| Primer túnel hidráulico moderno, Mina Daroca | 8 |
| Figura 1.4 | 9 |
| primera línea de ferrocarril..... | 9 |
| Figura 1.5 | 11 |
| Construcción de túnel en Nueva York | 11 |
| Figura 1.6 | 12 |



| | |
|---|-------------------------------------|
| Túnel caracoles, del ferrocarril transandino | 12 |
| Figura 1.7 | 12 |
| Construcción túnel Redentor | 12 |
| Figura 1.8 | 20 |
| Primer grupo de trabajadores..... | 20 |
| Figura 1.9 | 21 |
| Referencia a personal en operación | 21 |
| Figura 1.9 | 21 |
| Especialidad OO.CC para construcción de losa | 21 |
| Figura 1.2.1..... | 22 |
| Organigrama del personal | 22 |
| Figura 2 Análisis Bow tie (Elaborado por Tema Litoclean S.A.C) Error! Bookmark not defined. | |
| Árbol de fallas + árbol de eventos | 41 |
| Figura 3 Árbol de fallas + Árbol de eventos (Elaborado por Tema Litoclean S.A.C) | 41 |
| Figura 4 Evolución del diagrama (Elaborado por Tema Litoclean S.A.C)..... | 41 |
| Diagrama 3 Diagrama Bow tie, creación propia | Error! Bookmark not defined. |
| Figura 5 Pirámide de control de riesgos, Frank Bird | 43 |
| Figura 6 Tuneladora Gripper | 44 |
| Figura 7 Principios del sistema de excavación | 45 |
| Imagen 3: 3.3 Maquina TBM proyecto San José de Maipo | 45 |
| Figura 8 Esquema de la cabeza de corte | Error! Bookmark not defined. |
| Figura 9 Humectación de la frente..... | 47 |
| Figura 10 Movimientos de perforación..... | 48 |
| Figura 11 Inyecciones químicas de la frente | 49 |
| Figura 13 Tipos de perforadoras..... | 50 |
| Figura 14 Instalación de marcos | 51 |



GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

A continuación, frecuentemente en la industrial.

TBM: Equipo capaz de circular mediante una circular mediante una discos cortadores, que la frente y avanzar hacia émbolos apoyados en las



conceptos utilizados jerga de la seguridad

cavar el túnel en forma cabeza rotatoria con permite triturar la roca en delante presionado por paredes del túnel

Figura TBM

Fuente: PTS STRABAG /TBM-PCD-008

Cutterhead: Estructura metálica que orada la frente del túnel al girar hacia la derecha en el sentido del avance, se compone de una serie de cortadores circulares de 19” de diámetros dispuestos en la parte frontal de la TBM de tal modo que al girar individualmente cada uno de ellos, trituran la roca.

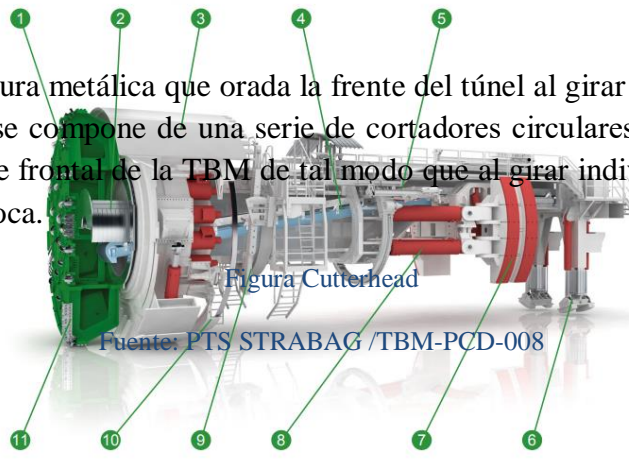


Figura Cutterhead

Fuente: PTS STRABAG /TBM-PCD-008



| POSICIÓN | DESCRIPCIÓN |
|----------|--|
| 1 | Cabeza de corte Discos cortadores para roca dura extraen del frente de excavación pequeños trozos de roca gracias a la rotación y a la alta presión de empuje. |
| 2 | Tolva de recepción Los detritos recogidos por los rastreles caen por la tolva de recepción con forma de embudo sobre la cinta de transporte |
| 3 | Primer escudo Protege la montaña y protege al personal y al equipamiento de la máquina de las rocas que caen al romper |
| 4 | Cinta de la máquina Transporta los detritos del centro de la cabeza de corte al dispositivo de transporte posterior |
| 5 | Equipo de perforación para exploración previa Crea perforaciones para la exploración previa y la mejora del fondo antes de la excavación hasta 100 m delante de la cabeza de corte |
| 6 | Soporte de la máquina Se emplea como soporte temporal de la parte trasera de la máquina mientras se sitúan las zapatas del gripper |
| 7 | Zapatas del gripper Tensan la tuneladora Gripper con ayuda de un cilindro de sujeción hidráulico en el lateral de la pared del túnel |
| 8 | Cilindros de avance Se apoyan en las zapatas del gripper y presionan la cabeza de corte rotante al frente de excavación |
| 9 | Bulonadora Genera perforaciones radiales para el anclaje para asegurar la montaña directamente detrás del primer escudo |
| 10 | Erector anular Instala arcos de acero para el aseguramiento circundante de la sección de túnel perforada |
| 11 | Rastreles Recogen los detritos y los transportan con el giro de la cabeza de corte a la tolva de recepción por los canales de la zona trasera |

Figura Cutterhead – Descripción y Posición

Fuente: PTS STRABAG /TBM-PCD-008

Grippers: Dispositivo mecánico que actúa como pinza ejerciendo presión entre las paredes del túnel y la TBM para generar un apoyo a los cilindros de empuje y que a su vez hacen avanzar la TBM hacia adelante.

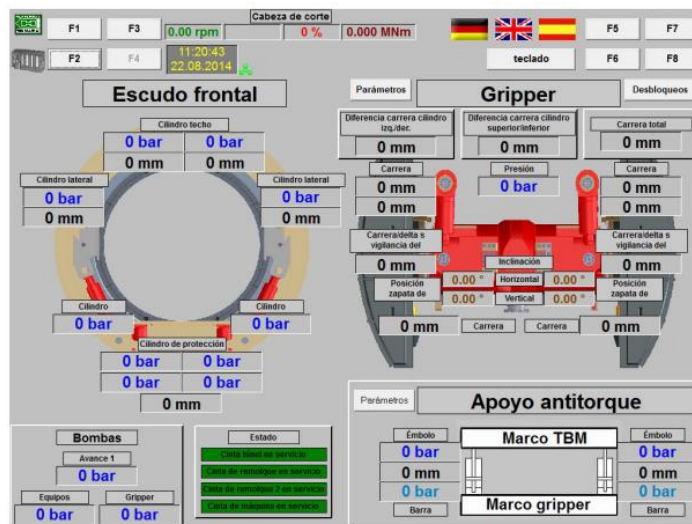


Figura Grippers



Fuente: PTS STRABAG /TBM-PCD-008

Flyer: estructura metálica que se instala colgada en el techo del túnel mediante pernos de anclaje dispuestos de forma sistemática, según diseño de la ingeniería. Esta estructura consiste en una serie de rieles mecánicos instalados en forma paralela colgados del techo del túnel, en estos rieles va colgada una parrilla metálica de 147 metros de largo que contiene la manga de ventilación metálica y las líneas de agua. Sobre la parrilla, también se cuelga una grúa deslizante de 19 metros de longitud y de 12 toneladas de capacidad que sirve para el movimiento de materiales.

Conveyor belt: Correa transportadora que extrae material rocoso que resulta de la excavación subterránea de la TBM en el túnel.

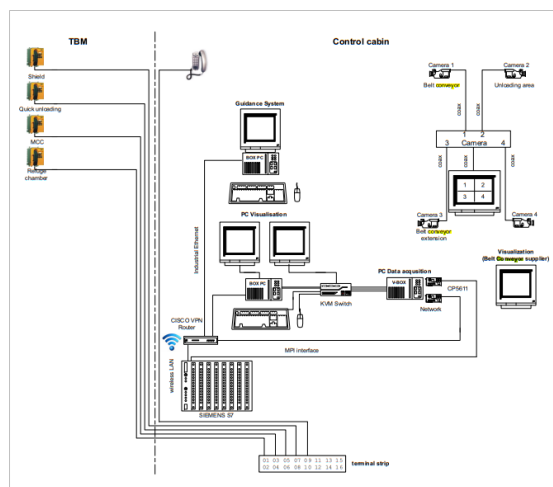


Figura Flyer

Fuente: PTS STRABAG /TBM-PCD-008

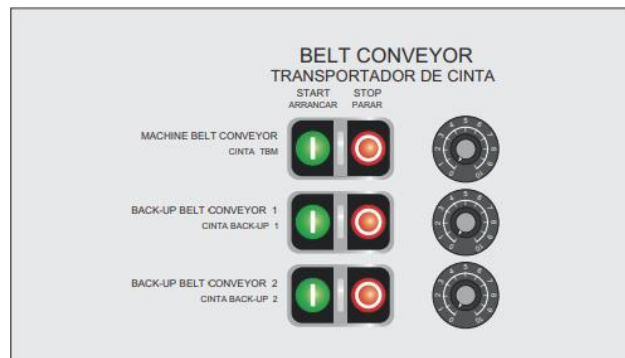


Figura Conveyor Belt

Fuente: PTS STRABAG /TBM-PCD-008

Sistema almacenador de correa transportadora: El sistema de almacenamiento suministro y reposición de la cinta de la correa transportadora es una estructura metálica de 85 metros de largo, por 4,10 metros de alto y 2,28 [m] metros de ancho, instalada fija al piso en la entrada del túnel, está ubicado y anclado sobre pedestales de concreto en la losa de hormigón, permite almacenar cinta transportadora en el sistema y además repone cada vez que la TBM lo requiera.



Peligro: acción o condición con el potencial de ser fuente de daño.

Riesgo: combinación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso y de su consecuencia.



INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la construcción de túneles, ha habido avances importantes en las tecnologías de excavación, mejorando procesos por medio de equipos que permiten un mayor grado de automatización y mejores rendimientos, además de una construcción más eficiente, económica y segura [1].

Dentro de ellos encontramos el sistema con TBM que es un proceso industrializado de construcción de túneles, que conlleva el desarrollo de un tren de trabajo que consta no solo del equipo perforado en la parte frontal, sino que de una serie de carros de trabajo que permiten ir completando las etapas del proceso en forma continua, estandarizada y segura.

Este sistema de trabajo además de otorgar beneficios económicos y logísticos entregan una forma más segura de realizar tronaduras que puedan impedir la ocurrencia de accidentes fatales dentro de las faenas mineras, se debe tener en consideración que la seguridad es parte fundamental dentro de la minería y sobre todo en la construcción de túneles, ya que la exposición de los obreros subterráneos es altísima y los accidentes que ocurren por desprendimiento, o explosiones son gravísimos o muchas veces fatales, ello obliga a todas las industrias a invertir en I+D, renovar maquinarias, innovar y mejorar los procesos.

Chile ha ido evolucionando con el pasar de los años y uno de los cambios que se ha experimentado, es la expansión de explotación de algunos yacimientos de minerales, pasando de una minería a cielo abierto a subterránea [2]

Como también se está cambiando el concepto de diseño de túneles, tanto mineros como de infraestructura urbana, intentando aplicar este tipo de soluciones por medio de análisis de costos asociados y diseño de los parámetros de utilización.

Uno de los puntos que puede restringir el uso de TBM dentro de las grandes industrias es el alto costo que esta tecnología conlleva, sin embargo

En los tiempos actuales en donde se busca mejores e innovadoras formas de moverse de un lugar a otro, en el mundo de los túneles se ha avanzado desde la época de los métodos clásicos pasando por el método NATM llegando finalmente al método TBM aprendiendo de los errores del pasado y perfeccionando el método [3].

Estas máquinas, conocidas por las siglas inglesas T.B.M. (“Tunnel Boring Machine”) se pueden clasificar en dos grupos básicos: Máquinas para rocas medias y duras (normalmente llamadas “Topos”) y Máquinas para suelos y rocas blandas (“Escudos”). Recientemente, las características de los terrenos de algunos proyectos han dado lugar a la construcción de máquinas que presentan elementos típicos de los diseños de los dos grupos anteriores [4].

Los análisis de riesgo pueden ser utilizados para identificar y categorizar amenazas de mayor envergadura o preocupación, es la base para ser usado en un chequeo de los riesgos, identificando prioridades para promover evaluaciones más detalladas y concretas a la hora de gestionarlas. [5].

Los pasos para la evaluación del riesgo son identificación, análisis, valoración del riesgo [6] por lo que el análisis de árbol de falla (FTA) y el análisis de árbol de eventos (ETA) se utilizan solo en algunas ocasiones ya que es una técnica de fallos defectiva que parte de un evento indeseado en concreto [7]



OBJETIVO GENERAL

Analizar los riesgos del proceso constructivo de túneles con TBM, utilizando metodología BOW TIE

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir el proceso constructivo de túneles utilizando TBM
- Identificar de peligros y marco legal aplicable al proceso
- Evaluar los riesgos bajos la metodología Bow Tie

ALCANCE

El presente trabajo busca llevar a cabo un análisis de riesgo donde se acotarán ciertos ámbitos como el manejo de equipamiento hidráulico, neumático, eléctrico, manejo de la central de operación, alineamiento y control topográfico, transporte de materiales, instalación de líneas de agua y servicios varios, así como también estará dirigido a todo el personal que directa o indirectamente proporcional está involucrado con la operación.

Para lograr los objetivos generales y específicos se iniciará con una recopilación de información bibliográfica de temas que, por un lado, involucren el análisis de riesgo en túneles y por otro lado involucren los métodos constructivos que se usan para el diseño y elaboración de túneles con TBM.

El estudio realizado aquí no busca ser exhaustivo de todas las herramientas de análisis de riesgo que existen, sino proporcionar una visión amplia de los peligros que se pueden encontrar durante el proceso.

HITOS PRINCIPALES

- Identificación de actividades críticas y personal asociados al procedimiento con TBM
- Estimación de las actividades críticas por medio de la evaluación cuantitativa del riesgo a través de un árbol de falla (FTA) para el estudio de caso propuesto

PREMISAS

- El proceso nuevo de tecnología de excavación minera con TBM no se ha abarcado en muchas empresas dentro de Chile, es una tecnología que reduce varios aspectos, así como materias primas, mano de obra, etc.
- La metodología BowTie es aplicada en diversos procesos productivos, remontando sus orígenes en empresas de combustible, siendo idónea para el análisis de riesgos en procesos críticos en la minería, como lo es la excavación minera con TBM



SUPUESTOS

Existe información suficiente para la identificación de actividades críticas en el proceso constructivo de túneles con TBM

RESTRICCIONES

Para el desarrollo de la evaluación de riesgos bajo la metodología BowTie se aplicará solo a las operaciones del proceso constructivo de accidentes anteriores en la construcción de túneles con TBM

LIMITACIONES

Para el desarrollo de esta investigación se trabajará con solo con información académica y/o técnica pública y disponible en la web, tal como memorias institucionales, investigaciones, regulación nacional e internacional, además de las disposiciones particulares pertinentes al rubro de la minería

QUE SE ESPERA

Para obtener el resultado propuesto, se espera identificar las diferentes causas y consecuencias de las distintas fallas. Además de que las recomendaciones emanadas del análisis de riesgos sean aplicables y replicables a las distintas áreas de la minería en Chile

METODOLOGIA

Para lograr los objetivos propuestos para este estudio de caso, a continuación, se describe al plan de trabajo por medio de tres etapas.

ETAPA 1: Investigación del personal y casos históricos.

Consiste en identificar a lo largo de la historia como se empieza a desarrollar la tecnología y se mejoran los modelos de construcción de túneles, como se implementan las mejoras en la utilización de las Tuneladora.

La primera etapa consiste en identificar las tareas críticas y aspectos importantes que se deben considerar en la operación del equipo durante la ejecución de la excavación, para que de este modo se pueda abordar el trabajo con mayor conocimiento en las operaciones unitarias, personal, equipo involucrado y así poder controlar los riesgos asociados.

Una vez descrito el proceso, se presenta un listado con las actividades, tareas y equipos involucrados en el proceso de excavación.



ETAPA 2: Analizar marco teórico y legal.

ETAPA 3: Evaluar los riesgos potenciales del proceso en la construcción de túneles con TBM

Se realizará un análisis de riesgo, se busca recabar información necesaria para conocer los elementos más importantes y que puedan generar un mayor impacto en el procedimiento de túneles utilizando TBM

Una vez que se haya reconocido los riesgos inherentes y potenciales del proceso de excavación, se procede con la metodología de Bow Tie, para esto es necesario estudiar detalladamente cada actividad crítica seleccionada para establecer de manera secuencial cada una de las tareas involucradas.



CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES GENERALES



ANTECEDENTES GENERALES

En el presente capítulo se dará a conocer los antecedentes generales del proceso productivo y constructivo para la construcción de túneles en el mundo y Chile, específicamente los proyectos emblemáticos de la ingeniería civil como es la construcción del metro de la ciudad de Santiago y generadoras de energía hidroeléctrica

ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE TUNELES EN OBRAS CIVILES

A lo largo de la historia de OCCC en Minería, mientras más se desarrollaba la tecnología, se mejoraban los modelos de construcción de túneles, es decir, se implementaban mejoras en la utilización de Tuneladora, también empezaron a presentarse diferentes dificultades en las construcciones de túneles.

Por lo que se necesitó el ingenio de los diseñadores y constructores para modificar los métodos convencionales y adaptarlos a los distintos problemas que se generaron a lo largo de los proyectos. Es importante conocer los diferentes problemas a los que se enfrentaron a lo largo de la historia para aprender de ellos y no volver a cometerlos.

Es por eso que en el siguiente capítulo se explican los antecedentes históricos, ya que es importante comprender la forma en que se solucionaron diferentes problemas con TBM en el pasado, viendo como el análisis de riesgos que realizaron logro mitigar o prevenir algunas amenazas presentes.

Casos a nivel mundial – Orígenes de las construcciones subterráneas

La naturaleza fue quien realizó las primeras construcciones subterráneas, construyendo cuevas y cursos de agua subterráneos, decisivos para el desarrollo de la vida y el equilibrio de los ecosistemas. El hombre utilizó el túnel mucho después como solución para salvar obstáculos o por motivos prácticos, defensivos y por supuesto religiosos.

Los primeros túneles se remontan a principios de los descubrimientos metalúrgicos, al final de la Edad de Piedra, destinados a la explotación de los minerales como el sílex o pedernal, material indispensable con el que se fabricaban una multitud de armas y herramientas; cuando se agotaba en la superficie se seguía la veta por medio de pozos y galerías. Este proceso debió iniciarse hace unos 15.000 años. Estos túneles se abrían con la técnica del fuego que consistía en provocar un incendio en el frente de ataque para luego sofocarlo súbitamente con agua fría: el cambio de temperatura daba lugar al resquebrajamiento de la roca.



Figura 1.1

Descubrimiento metalúrgico edad de piedra

Las construcciones funerarias en casi la mayoría de las civilizaciones han encontrado bajo el suelo el lugar propicio para instalarse. Las tumbas reales del antiguo Egipto, excavadas en roca, gracias a las cuales y a lo que se ha encontrado en su interior ha sido posible conocer esta extraordinaria civilización. Las catacumbas formadas por una red increíble de pasadizos, pisos y profundos túneles que permitían el alojamiento de cientos de tumbas, se convirtieron en un lugar de culto

Según algunos historiadores, existió un túnel bajo el Eúfrates en Babilonia. Esta obra sería el primer túnel subacuático y se remontaría al 2160 A.C.; al parecer fue mandado a construir por la legendaria reina Semíramis para enlazar el palacio con el templo de Belos. También, hace unos tres mil años, se construían túneles en Asiria, Persia y Mesopotamia para transportar en forma segura el agua, protegiéndola de la evaporación que se produciría si la conducción estuviera expuesta a los intensos rayos solares de estas áreas; estos primeros túneles de abastecimiento de agua, llamados qanats, también se han encontrado en el suroeste de China, y en gran parte de Europa. Los qanats transportaban el agua por gravedad, los pozos que delatan su existencia se utilizaban para su construcción y posteriormente para la ventilación.

Otro motivo para la construcción de túneles era el estratégico, en las antiguas ciudades amuralladas el abastecimiento de agua se conseguía mediante túneles que aseguraban el suministro en caso de asedio. Este es el caso del túnel de Siloam, que se terminó en el año 700 A.C. y que llevaba el agua desde los manantiales de la montaña de Ophel hasta el estanque de Siloam en el interior de la vieja y fortificada Jerusalén. Hace unos 2.500 años, el arquitecto Eupalinos construyó un túnel de más de un kilómetro de longitud para abastecer con agua del Monte Castrón a la ciudad griega de Samos. Sus hombres cavaron desde ambos extremos y se encontraron en el medio. No se sabe cómo evitaron que el túnel se les inundara, pero, con la pendiente adecuada, el agua fluía de un extremo a otro. Cuando Eupalinos construyó su túnel, sus hombres se abrieron paso a través de roca sólida, que era suficientemente fuerte para soportar la estructura relativamente pequeña resultante. Sin embargo, los mineros y los constructores de túneles pronto aprendieron a entibar los techos de sus túneles en terreno menos seguro con maderos y mampuestos

Los romanos dominaron el arte de los túneles, sobre todo los de carácter hidráulico, como lo demuestran las redes de acueductos que llevaban agua a las grandes ciudades, muchos

de cuyos tramos eran en túnel. Según Vitruvio (Siglo I D.C.) lo fundamental era un preciso trabajo de nivelación. Los instrumentos usados para los trabajos topográficos eran las miras en

cruz, el nivel de agua y la plomada. También, siguiendo la costumbre de los etruscos, se desarrolló en el imperio romano la construcción de cloacas, que resolvían el desagüe de casas y calles. Apenas se construyeron túneles para calzadas, aunque hay que destacar el de



Pansilippo, cerca de Nápoles, construido para una calzada romana el año 36 a C. y que tiene 1.500 m. de longitud y 4 m. de anchura que permitía el tránsito en ambas direcciones



Figura 1.2

Arte túneles de romanos

En la Edad Media la construcción de túneles da un paso atrás, al ser solamente construidos como vía de salida de fortificaciones para casos de asedios, o también como acceso a criptas funerarias. Se puede decir que el primer túnel hidráulico moderno, fue la Mina de Daroca que construyó Bedel (Ingeniero y arquitecto francés) entre los años 1555 y 1560 bajo el cerro de San Jorge y que conducía las aguas, a veces torrenciales, evitando los destrozos e inundaciones causadas a la ciudad antes de existir la mina



Figura 1.3

Primer túnel hidráulico moderno, Mina Daroca

Fue Luis XIV el impulsor del Canal de Midi, obra cumbre de la era de los canales, construido entre 1666 y 1681 por Jean-Baptiste Colbert (1619-1683) con 240 Km. de longitud; unía el Atlántico al Mediterráneo y evitaba los largos viajes bordeando la Península Ibérica.



De él forma parte el túnel de Malpas dirigido por Pierre-Paul Riquet, con 157 m. de longitud, 6.5 m. de ancho y 8 m. de alto

Sin embargo, exceptuando el caso romano al que hemos hecho referencia, túneles como vías de comunicación empiezan a construirse con el inicio del siglo XIX, en el imperio napoleónico que pretendía someter a toda Europa con sus ejércitos, los túneles principalmente se abrieron en la zona de los Alpes y ninguno sobrepasó los 200 m. de longitud. Con lo que respecta a la primera obra técnica sobre la construcción de túneles, data del año 1556 y fue escrita en latín por el alemán Georges Bauer y posteriormente traducida a varios idiomas; durante tres siglos fue la autoridad máxima en lo que se refiere a minas y túneles.

EUROPA

Fue George Stephenson, un inglés, quien creó la locomotora a vapor, y se inauguró en Gran Bretaña la primera línea de ferrocarril, por lo tanto, es lógico aceptar que fueran los ingleses los pioneros en la construcción de túneles. El ingeniero británico Marc Isambard Brunel fue el encargado de realizar el primer túnel subacuático de nuestra era, aunque en un principio fue un túnel de uso peatonal que constaba con 366 m. de longitud que se demoró 16 años en realizar (1825-1841), tras algunas largas interrupciones, por falta de fondos o por las inundaciones que producía el río Támesis. En 1865 una compañía ferroviaria londinense compró el túnel y realizó los accesos necesarios para el ferrocarril; la longitud final fue de 459 m. Brunel para la construcción del túnel bajo el Támesis desarrolló la idea de proteger a los trabajadores dentro de un escudo cilíndrico tan grande como el túnel. El cilindro se desplazaba a medida que cavaban, permitiéndoles extraer la tierra a medida que se movían. Detrás de ellos, los canteros construían las paredes del túnel.

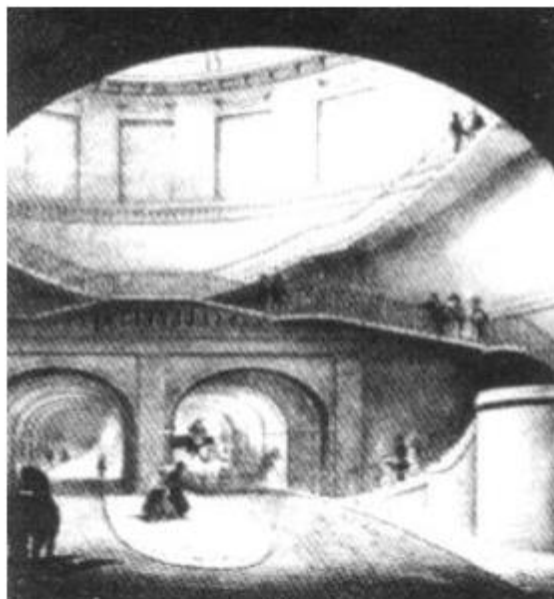


Figura 1.4

primera línea de ferrocarril

La barrera natural de los Alpes, fue la que más retos impuso a los ingenieros del ferrocarril. Los constructores debieron hacer frente a graves problemas, como la falta de ventilación, las



altas temperaturas que alcanzaba la roca, las fuentes termales, etc. En la construcción de estos túneles se lograron grandes avances en el perfeccionamiento de los equipos de excavación, como la invención de la máquina taladradora de aire comprimido, ideada por Germain Sommeiller y utilizada por primera vez en Mont-Cenis, que permitió multiplicar en el rendimiento.

El primero de los grandes túneles en los Alpes fue el de Monte Cenis, también llamado de Frejus, que enlazaba el ferrocarril de Francia con Turín, en Italia. Su longitud original fue de 12,2 Km., su construcción empezó en 1857 y fué inaugurado en 1871 (14 años más tarde). El ingenio de los constructores consiguió la utilización de los torrentes de montaña para comprimir el aire que servía para que funcionaran los barrenos y para la ventilación. El siguiente en construirse fue el de St. Gotthard, entre 1872 y 1882. Enlaza Suiza con Italia, desde Zurich hasta Milán. Su longitud, de 14,4 Km, superó la de Frejus; pero las condiciones de trabajo y la mala ventilación produjeron muchas muertes (alrededor de 200).

Para enlazar Suiza con Italia se construyó el túnel de Simplón, entre Berna y Milán, con 19,8 Km de longitud; se diseñó para dos túneles paralelos de una sola vía, separados 17 m y con un cruce en el centro. La excavación se comenzó en 1898, por los dos extremos y los dos túneles simultáneamente, con grandes ventajas respecto a los túneles anteriores en lo que se refiere a las condiciones de trabajo ya que la ventilación era suficiente y las posibles vías de escape o el drenaje en caso de necesidad estaban aseguradas. Se concluyó en 1906

También fueron los Alpes los que dieron lugar a los túneles más largos para carreteras, como el de Mont Blanc, inaugurado en 1965 y que con 12.650 m. de longitud une Francia con Italia; más actuales son el de San Bernardino, puesto en funcionamiento en 1976, de 6.596 m. de largo y que une Suiza e Italia; por último el largo túnel de St. Gottard, de 16.320 m. que enlaza Suiza con Italia; el de Frejus (Francia-Italia), con 12.901 m., ambos inaugurados en 1980. Los problemas del tránsito que empezaban a padecer las grandes ciudades se podían solucionar excavando túneles para ferrocarriles urbanos, así nació el Metro. El término “Metro” proviene de los llamados Ferrocarriles Metropolitanos, construidos en Paris (1900) Y Londres (1886-1890, primer ferrocarril eléctrico del mundo). En el primer cuarto del siglo XX ya se habían inaugurado líneas en gran parte de Europa y el mundo

EN NORTEAMERICA

En la misma época que el túnel de Monte Cenis, se excavaba en Estados Unidos el de Hoocsa (1855-1876) que conecta la ciudad de Boston con el valle del Hudson; tanto tiempo duró la obra que se le llegó a conocer como la gran perforación o el gran lío; la elevada dureza de la roca hacía abandonar a los contratistas. La longitud del túnel fue de 7,4 Km. y la experiencia adquirida en la excavación en roca de alta dureza fue de gran utilidad para los que le siguieron.

Problemas completamente contrarios se encontraron los constructores del túnel bajo el río Hudson; la ciudad de Nueva York tenía este río como barrera natural para las comunicaciones con el Este y con el Sur, y se dependía de un transbordador para cruzarlo. El túnel se excavó casi completamente en limo, se inició en 1879 y después de numerosos problemas, como derrumbes por el secado del limo o inundaciones, se cerró en 1882 por falta de fondos. Este tramo fue pionero en la utilización de aire a presión, no como fuerza para



mover las máquinas excavadoras (unas 7 Atm) sino como la compresión de toda la atmósfera dentro del túnel para conseguir una fuerza que equilibrase los frentes inestables acuosos (1 o 2 Atm). Las obras se reanudaron en 1889 utilizando el aire comprimido aplicado a un escudo (estructura rígida que protegía del colapso de la bóveda, de los hastiales y del propio frente de la excavación) y después de un período de inactividad por falta de fondos se concluyó en 1905

El primer túnel para vehículos a motor fue el túnel de Holland en Nueva York, túnel de 2.600 m. de longitud que fue abierto al tráfico en 1927. El problema de los humos tóxicos que desprendían los vehículos, después de un elaborado estudio, se solucionó con gran éxito. Otros túneles bajo el mismo río le continuaron.

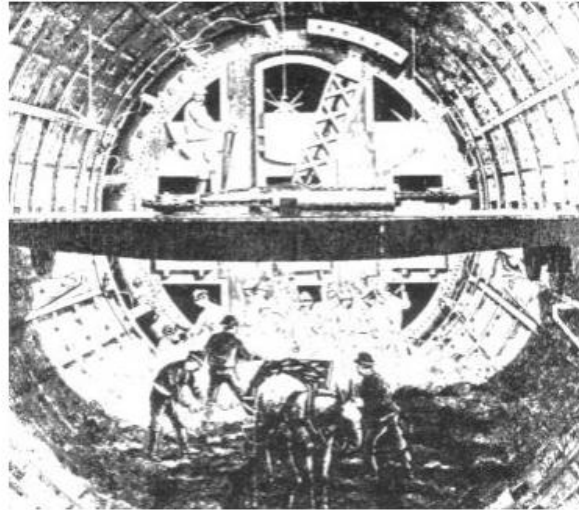


Figura 1.5

Construcción de túnel en Nueva York

EN CHILE

Gran parte del territorio chileno se desarrolla entre dos cordilleras; la Cordillera de Los Andes, columna vertebral de América Latina y la Cordillera de La Costa. Chile se encuentra cubierto aproximadamente en un 70% por montañas, cerros y lomajes. Ello, sumado a su actividad minera, ha exigido una cantidad considerable de socavones y túneles. El espíritu innato del excavador está muy dentro de la mentalidad nacional, kilómetros y kilómetros de túnel se han labrado en la explotación de yacimientos; incluso bajo el océano, como es el caso del carbón; en las obras de regadío; en las líneas ferroviarias y rutas viales; en las centrales hidroeléctricas y en muchas otras faenas de progreso.

En la red ferroviaria norte, tramo La Calera - Cabildo, se abrió el túnel Palos Quemados, con 1.050 m. de longitud. En la zona de Cabildo se construyeron cuatro túneles que suman 2.180 m. de los cuales La Grupa y Las Palmas son utilizados por Vialidad desde que dejó de correr el ferrocarril. De Los Vilos al Choapa se construyó el de Cavilolen, de poco más de 1.600 m. de longitud y de Illapel a San Marcos, el de Espino, con cerca de 1.500 m. de longitud

En la zona central se construyó el túnel Caracoles, del Ferrocarril Transandino, inaugurado en 1910, con una extensión de 3.143 m. (con 1.460 m. en el lado chileno). Al sur, próximo a Lonquimay se terminó el túnel Las Raíces en 1939, con una longitud que alcanzó a los 4.528 m. y que también está a cargo de la Dirección de Vialidad en la actualidad. En Santiago, el



túnel de Matucana fue finalizado en 1943 con 2.300 m. de longitud, para comunicar bajo tierra las estaciones ferroviarias Central y Mapocho



Figura 1.6

Túnel caracoles, del ferrocarril transandino

En cuanto a las rutas viales, el Ministerio de Obras Públicas a ejecutado las siguientes obras: En 1948 túnel Angostura, Ruta 5 en la VI región con 347 m. de longitud, en 1950 túnel La Calavera, Ruta 5 en la V región con una longitud de 298 m., en 1955 se entrega la construcción del túnel Zapata ubicado en la Ruta 68, ruta que une la ciudad de Santiago con la ciudad de Valparaíso, con una longitud de 1.215 m. El túnel Lo Prado, data de 1970, con una extensión de 2.744 m. ubicado en la Ruta 68 y en 1972 la construcción del túnel Chacabuco con 2.045 m. de longitud ubicado en la Ruta 57 CH en la V región

En cuanto a las obras ejecutadas en los últimos 20 años se cita la construcción del túnel Cristo Redentor en 1980 ubicado en la Ruta Internacional 60 CH en la V región con una extensión de 3.080 m. (con 1.564 m. en el lado chileno), posteriormente en el año 1984 la construcción del túnel El Farellón en Coyhaique, XI región, con 240 m. de longitud y en el norte de Chile en la segunda región de Antofagasta la construcción del túnel Pedro Galleguillos de 793 m. de longitud, construido en 1994. La construcción del túnel El Melón (1995) construido mediante el sistema de concesión, se encuentra ubicado en la Ruta 5, V región, con una longitud de 2.500 m. y permite evitar la cuesta del mismo nombre. Finalmente, el reciente inaugurado túnel La Calavera II en la misma ruta



Figura 1.7

Construcción túnel Redentor



Existen diversos tipos de túneles que no son ferroviarios ni carreteros que se han construido y es bueno conocer como los túneles para la conducción de agua que hay hoy en día en Norteamérica que conducen agua desde los grandes lagos, o de los grandes ríos hasta las ciudades: al sur de California se construyó un acueducto de 370 Km. de longitud que conducía el agua del río Colorado a varias ciudades, se excavaron 29 túneles (148 Km.) de los cuales los más largos fueron el de East Coachello (29 Km.) y el de San Jacinto (21Km.). El túnel que lleva agua a la ciudad de Nueva York desde el Delaware, con 137 Km., es considerado el más largo del mundo.

No olvidar las centrales hidroeléctricas, con sus redes de túneles que conducen el agua, las grandes cavernas donde se instalan las turbinas y los túneles de acceso a las instalaciones. Incluso ya no es necesario construir grandes presas, sino que se construyen centrales subterráneas que se abastecen del agua de lagos de montaña, aguas conducidas por largos túneles, con el consiguiente ahorro de hormigón y de acero, como la de Montpezat (Francia) con más de 20 Km. de galerías subterráneas.

Como sistemas de alcantarillado ya Londres había construido el primer proyecto para una gran ciudad en 1865; hubo que construir numerosos túneles para conseguir transportar el agua sucia al Támesis a casi 20 Km. aguas abajo. Pero las demandas de una población e industria creciente hacen necesario un mejoramiento continuo. Aunque ya desde la antigüedad se construían aljibes para el almacenamiento de las aguas pluviales, se construyen en la actualidad depósitos subterráneos con una finalidad que es la de recoger las aguas pluviales y residuales que desbordan las redes de alcantarillado y las depuradoras durante las tormentas de cierta intensidad; de esta manera pueden ser tratadas posteriormente, evitándose los vertidos directos sin tratamiento. Este problema lo padece la ciudad de Barcelona que actualmente proyecta construir embalses subterráneos para recoger el agua de las lluvias torrenciales y así poder depurarlas después de la tormenta, evitando los vertidos directos al mar que afectan gravemente a las playas, sobre todo en época veraniega.

Se han construido numerosos túneles para el paso de cables y tuberías, e incluso algunos antiguos túneles ferroviarios, sobre todo bajo ríos, se siguen utilizando en la actualidad para llevar este tipo de servicios. También se excavan grandes túneles para almacenamiento de petróleo y otras sustancias, o como refugio y defensa; y últimamente para el estacionamiento subterráneo de vehículos. Las aplicaciones de la solución túnel no cesan

CASOS EN CHILE CON TBM

En Chile como así en otras partes del mundo el uso de la TBM empezó en la década de los 80 pero por diferentes motivos se mantuvo en pausa hasta la década del 2000.

A continuación, se muestran los proyectos en donde se ha utilizado TVM en Chile y sus principales riesgos o dificultades en la ejecución. La información recolectada de los proyectos de la línea 7 del metro de Santiago de Chile, El Teniente, Hidroeléctrica Alto Maipo.



HIDROELECTRICA ALTO MAIPO

Es un proyecto del año 2013 donde participaron entre 7 y 9 TBM de las cuales seis han sido exitosas en su excavación

Se presentaron muchos desafíos dado que la geología de los andes es compleja al tratarse de una roca joven, lo que causa que la roca no se encuentre totalmente consolidada.

Línea 7 del metro de Santiago de Chile

Es Proyecto que se estima que puede estar listo en el año 2027, será el primero en contar con una excavación de TBM en el suelo perteneciente a la zona urbana. La aplicación se realizará en el suelo más fino, con el fin de ahorrar en los piques intermedios, lo que disminuye los impactos que se relacionan a una construcción de por sí

EL TENIENTE

Es un proyecto del año 2014, se usaron dos túneles de acceso, uno con la finalidad de transportar la fuerza de trabajo a la mina y el otro para implementar la correa transportadora principal para mover el material hacia afuera de la mina.

Uno de los principales desafíos fue el cambio de los discos de corte de la TBM, debido a que la roca presentaba una dureza superior a la supuesta. Los problemas mayores surgieron debido a la arcilla presente en la andesita que absorbió el agua.



Responsabilidad del personal en contacto directo con las máquinas.

Los encargados de trabajar directamente con las máquinas son los operadores, los temporeros, los mecánicos, electricistas y supervisores cuando se es necesario. Estos se diferencian por el contacto constante que poseen con las máquinas, debido a que los temporeros y los operadores están constantemente en contacto con las máquinas en funcionamiento, mientras que los mecánicos, electricistas y supervisores son necesarios cuando ocurre alguna falla o se realiza mantenimiento a las maquinarias.

Operadores de maquinarias

Los operadores son trabajadores que son contratados para trabajar principalmente en una máquina en específico, esto puede variar cuando se presenta falta de personal o la máquina presenta fallas, por lo que se crean turnos rotativos para que el personal sepa el funcionamiento de al menos 3 posturas

La labor que los operadores cumplen es mantener un ritmo constante de trabajo alimentando la máquina o supervisando su funcionamiento y realizar las medidas correctivas inmediatas a las fallas que presente la maquinaria, si esta falla esta fuera del conocimiento del operador, este avisa a su supervisor directo para que los mecánicos resuelvan el problema en su brevedad.

Electricistas

Aparte de realizar labores generales de la empresa, estos son necesarios para realizar los mantenimientos y corregir las fallas que presenten las maquinarias y se rigen directamente por el departamento de mantenimiento. Fueron designados a apoyar al mecánico designado en el proyecto, en caso de ser necesario. Son los responsables de comunicar toda condición sub-estándar detectada en los procesos de ejecución de la obra e incentivar las conductas seguras de trabajo.

Mecánicos

Respecto al trabajo relacionado directamente con las máquinas son los encargados de reparar las fallas y realizar los mantenimientos.



Entre los mecánicos se designaron a 2 para prestar apoyo en el programa de defensa en máquinas participando tanto en reuniones planeadas, como producir los diseños e implementar las protecciones de las máquinas.

Supervisores eléctrico, Mecánico, Hidráulico

Son los encargados de que los trabajos que sean realizados correspondan a lo exigido por la gerencia, procurando que los trabajadores respeten lo detallado en los procedimientos como también deben corregir las malas prácticas.

En el programa participan constantemente en diferentes puntos, donde dirigen las inspecciones a la maquinaria, deben exigir que los trabajadores cumplan con lo implementado en cuanto a las inspecciones quincenales, también deben mantener el seguimiento de los avances en el programa.

Además, son los que deben solicitar todos los permisos pertinentes para la realización de las actividades, como permisos de trabajo en caliente, trabajos en altura, espacios confinados y maniobras de izaje, en otras que se requieran según los estándares internos.

Operador de la cabina de control

Es el responsable de llevar el control, el manejo y funcionamiento del equipo TBM en base a las instrucciones del Manual de Operación

Responsable de llevar el control del alineamiento topográfico del equipo TBM.



Recursos Humanos

Se encargarán de designar en conjunto a los supervisores las fechas y horarios en que los trabajadores podrán ser capacitados afectando el mínimo la producción de la empresa eligiendo días en que la máquina este detenido o necesite mantención.

Producción u Operaciones (Supervisores)

Son los encargados junto al departamento de mecánica de cumplir con múltiples puntos del programa ya sea en la inspección donde deberán entregar los datos técnicos en el formato de inspección de las maquinarias, como también exigir que se siga el procedimiento de trabajo seguro y aprobar la implementación de protecciones en la máquina según lo requerido por las especificaciones en la normativa.

Departamento de mantención

Están encargados de realizar el programa preventivo de mantención, diseñar e implementar las protecciones, actualizar los sistemas de emergencia, velar que se cumpla con el programa de aislación y bloqueo de la máquina, El encargado del departamento también deberá velar que los especialistas en mecánica cumplan con los procedimientos de trabajo seguro en maquinaria.

Departamento de prevención

Son los encargados de delegar responsabilidades a los diferentes departamentos y trabajadores de la empresa, también se encargan de velar que la programación sea llevada a cabo y si no tomar a medidas correspondientes a la situación.

Asesoramiento en materias de gestión de prevención de riesgos y controlar el cumplimiento de las medidas de control definidas en la Matriz de Control de riesgos, dejando constancia de ello.

Conocer, aplicar y cumplir con las disposiciones contenidas, informando oportunamente de las dificultades operaciones a las que puedan verse enfrentados

Gerencia

Se encarga de aprobar y entregar los recursos utilizados en la implementación del programa como también participar del seguimiento al proceso del programa durante la duración de este. Idealmente asistiendo a las reuniones o revisando los avances presentados en estas.



Departamento de topografía

Se encargarán de llevar a cabo de todas las observaciones de medición y control geométrico del túnel. Disponer e instalar apropiadamente los instrumentos topográficos de medición en terreno para que la TBM avance en la dirección correcta.

Llevaran a cabo la revisión del control horizontal y vertical para ser utilizado durante la construcción bajo las indicaciones del supervisor de topografía

Llevar a cabo las calibraciones del equipo y asegurarse que los equipos se utilicen calibrados y revisados según corresponda

Departamento de calidad

Se encargarán de asegurar el cumplimiento de las medidas de protección del medio ambiente establecidas.

MAQUINARIA

A continuación, se detalla el listado de máquinas y equipos que serán parte de la presente investigación. Cabe destacar que se priorizara las maquinarias que presentan mayores falencias a la hora de designar fechas para el plan de mejoramiento

- Soldadora Mig
- Equipo TBM
- Camiones Multipropósitos
- Camión aljibe
- Camión Pluma
- Equipo de levante
- Cargador frontal
- Rodillo
- Mini excavadora



ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA TBM

Personal Operación TBM

Durante la operación del equipo TBM, existirá personal que se encargará del funcionamiento, operación y mantención de esta

La persona se distribuirá a lo largo de los 257 metros del equipo TBM y sus back-up incluyendo los “flyer” y el personal que trabajará en superficie en los servicios asociados

Las siguientes especialidades componen la organización:

- Minería
- Mecánica
- Eléctrica
- OO.CC
- Servicios

1º Grupo de trabajadores: Especialidad Minería y acercamiento de materiales a la TBM

Este grupo se encargará de la zona de fortificación del sector dentro del escudo hasta los 73 metros atrás.

Este grupo contará con 1 capataz de minería, 5 mineros, 1 operador de grúa y 1 operario de los carros de movimiento de materiales, total 8 personas por turno (ver figura n°1)

Las actividades que realizarán serán las siguientes:

- Operación de las perforadoras
- Operación de la bomba de shotcrete
- Acercamiento de materiales a la TBM (pernos, marcos, mallas) con grúa. Ubicada en el back-up N°1
- Instalación de marcos
- Instalación de pernos



- Instalación de malla
- Aplicación de shotcrete
- Ejecución de perforaciones exploratorias
- Ejecución de perforaciones para inyección

Especialidad minería y acercamiento de materiales a la TBM

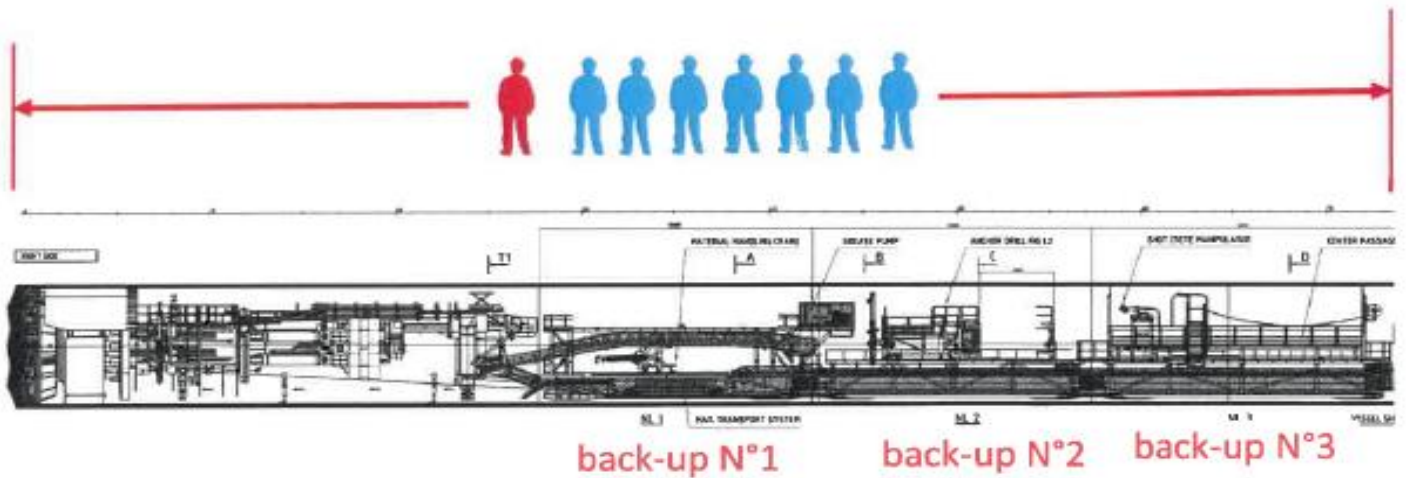


Figura 1.8

Primer grupo de trabajadores

2° Grupo de trabajadores: Especialidad mecánicos, eléctricos e instalación de servicios

Dicho grupo se encarga de la zona de trabajos mecánicos, eléctricos desde la posición del eliminador de polvo ubicado en el back-up N°4, hasta el tramo final del equipo

Actividades a desarrollar serán las siguientes:

- Instalación de rieles de “Flyer”
- Extensión de rodillos y la cinta transportadora
- Extensión de líneas de agua
- Extensión del cable eléctrico e instalación de iluminación
- Operación de la sala de control (ubicada en el back-up N°4)
- Logística de operación de los back-up
- Extensión y reposición de la manga de ventilación



Especialidad mecánica, eléctrica, de servicios y logística de los back-up

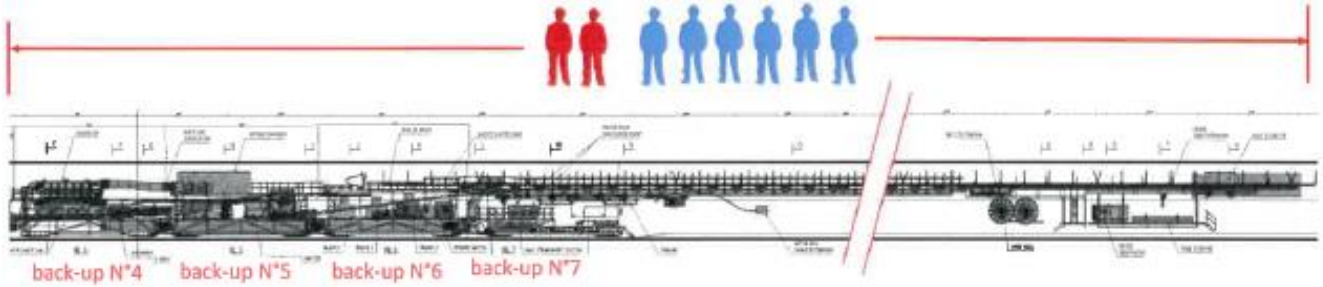


Figura 1.9

Referencia a personal en operación

3º Grupo de trabajadores: especialidad OO.CC

Otros de los trabajos que se realizan paralelos a la operación de la TBM, es la construcción de una losa de hormigón con una tubería de drenaje en el piso que se va construyendo a la cola de back-up N°7. En este sector de la TBM habrá un grupo de trabajadores, de OO.CC compuesto por 1 operador de mini excavadora y mini rodillo y 1 maestro de OO.CC como se muestra en la figura 1.9

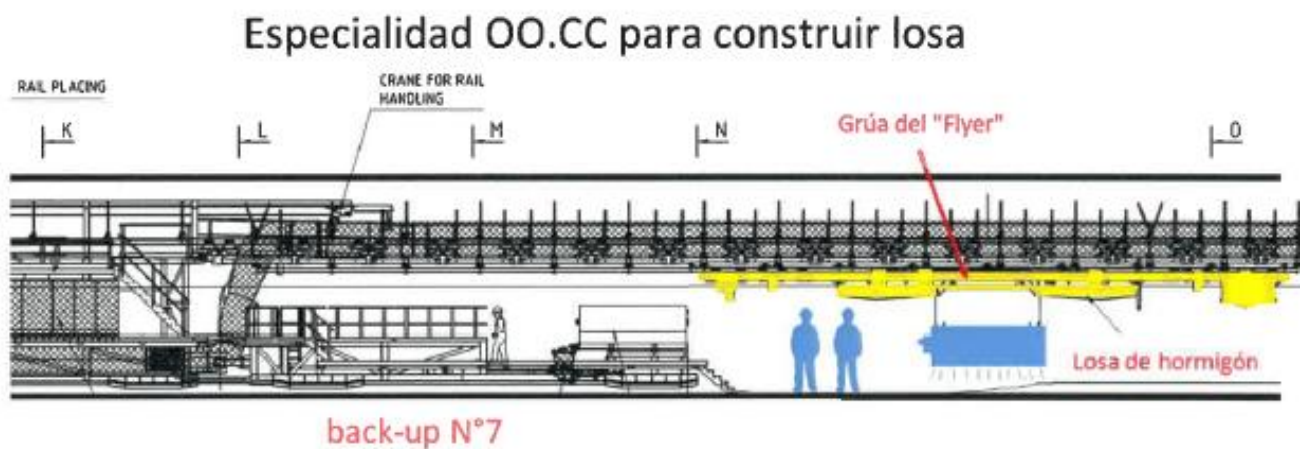


Figura 1.9

Especialidad OO.CC para construcción de losa



El hormigón se traslada desde la superficie hacia el interior a través de camiones multipropósitos cuyas características técnicas se describen más adelante. Este hormigón que finalmente es compactado con rodillo, es transportado en los estanques.

4° Grupo de trabajadores en superficie: Logística, suministro y mantención

En total con el cuarto grupo de trabajadores este compuesto por 15 personas las cuales se encontrará en superficie en las cercanías del portal del túnel, estos trabajadores se encargarán de la logística, carga y descarga de materiales e ingreso de insumos al túnel y el ingreso del personal al túnel. Contará con 3 operadores de camión multipropósito, 1 operador de cargador frontal y 1 operador de equipo de levante

ORGANIGRAMA GLOBAL

Se considera como organigrama a la representación grafica de la estructura de la empresa u otra organización, que incluye las estructuras departamentales, donde se detalla a continuación en un esquema las relaciones jerárquicas y competenciales de vigor.

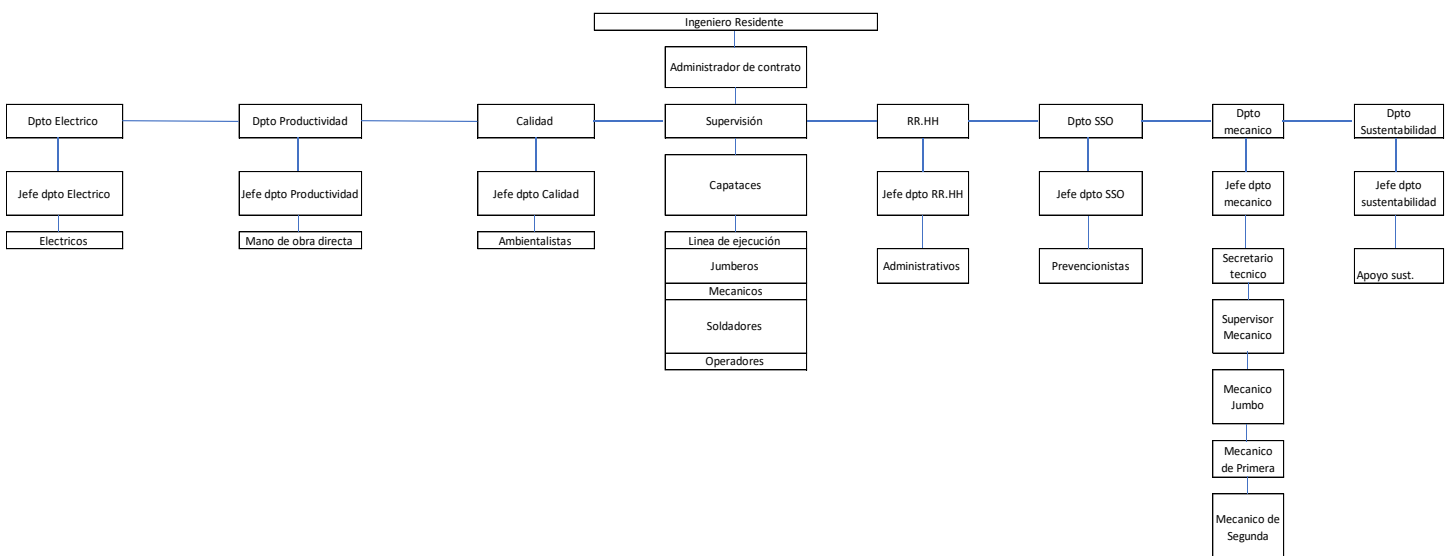


Figura 1.2.1

Organigrama del personal



CAPITULO 2

Marco teórico y legal



MARCO TEORICO Y LEGAL

En el presente capítulo se establece el marco teórico y legal para tener conocimientos previos de la materia a tratar en la aplicación del programa de defensa en máquinas, que la empresa deberá adoptar y cumplir según la normativa chilena.

Marco teórico

A continuación, se definen conceptos relacionados con el programa de defensa en máquinas para así tener un conocimiento más acabado del trabajo.

Maquinaria

“La definición de maquinaria en la legislación nacional varía considerablemente de un país a otro, por lo que a veces resulta difícil delimitar el ámbito preciso de los diversos textos. El sistema seguido en las primeras normas de algunos países consiste en dividir en dos categorías las máquinas a efectos de la normativa: los mecanismos motrices y los mecanismos de transmisión, es decir, aquellas partes que generan reciben o transmiten la fuerza, y el resto de las máquinas.” (Organización Internacional del Trabajo, 2013)

Equipo

Cualquier máquina, aparato, instrumento o combinación de éstos, utilizados en el trabajo. (NCH 18000, 2004)

Resguardos de las maquinarias

Los resguardos son el propósito básico de los resguardos de máquinas es prevenir lesiones a causa de los siguientes riesgos que éstas involucran:

- Puntos de transmisión de energía.
- Puntos de operación.
- Piezas en movimiento

Requisitos de los resguardos:

- No entorpecer las labores de mantenimiento.
- Prestar completa protección al operador y al resto del personal.
- No generar nuevos riesgos.



- Que no reduzcan la eficiencia y el rendimiento.
- Ser a prueba de inexpertos, prácticas y resistentes

Las Normas Chilenas: NCh 2859/1-2003, Seguridad de Máquinas - Conceptos básicos, principios generales para el diseño – Parte 1: Terminología básica, metodología y NCh 2867-2003, Seguridad de Máquinas – Defensas – Requisitos generales para el diseño y construcción de defensas fijas y móviles, establecen que los resguardos de máquinas pueden ser de dos tipos: defensas y dispositivos de seguridad.

- Defensas: Parte de una máquina que se usa específicamente para proporcionar protección por medio de una barrera física. Dependiendo de su construcción, una defensa se puede llamar: carcasa, cubierta, pantalla, puerta, defensa envolvente, etc.
- Dispositivo de seguridad: Dispositivos (distintos de una defensa), que eliminan o reducen el riesgo, por si solo o asociado a una defensa.

Señalan los resguardos definidos en las Normas Indicadas.

| Tipos de resguardos de maquinarias | |
|------------------------------------|--|
| Resguardos de máquinas | Tipo |
| Defensas | Fija envolvente Fija distanciadora Movable accionada por energía Movable de cierre automático Movable de control Regulable De bloqueo De bloqueo con bloqueador de la defensa |
| Dispositivos de seguridad | De Bloqueo De habilitación (de control) De acción sostenida De control bimanual De desconexión De freno mecánico Limitador De control limitador de movimiento Para impedir el acceso |

Tabla 1 Resguardo de maquinarias



Tipos de defensa

Los tipos de defensas que se utilizan en las maquinarias son los siguientes:

| Tipos de defensas | |
|-------------------------------|---|
| Fijas | <ul style="list-style-type: none">• Defensa que se mantiene en su sitio (es decir cerrada):• En forma permanente (mediante soldadura, etc.)• Por medio de elementos de fijación (tornillos, tuercas, etc.), lo que hace imposible sacar/abrir la máquina sin el uso de herramientas. |
| Fija envolvente | <ul style="list-style-type: none">• Defensa que impide el acceso a la zona de peligro desde cualquiera de sus lados. |
| Fija distanciador | <ul style="list-style-type: none">• Defensa que no cierra totalmente una zona de peligro, pero que impide o reduce el acceso debido a sus dimensiones y distancia de la zona de peligro, por ejemplo, una reja perimetral o una defensa de túnel. |
| Movible | <ul style="list-style-type: none">• Defensa conectada generalmente por medios mecánicos (por ejemplo, bisagras o correderas) al marco de la máquina o a un elemento fijo adyacente y que se puede abrir sin usar herramientas. |
| Movible accionada por energía | <ul style="list-style-type: none">• Defensa movible accionada por energía proporcionada por una fuente diferente a las personas o a la gravedad |
| Movible de cierre automático | <ul style="list-style-type: none">• Defensa movible accionada por un elemento de la máquina (por ejemplo, mesa móvil) o por la pieza de trabajo o una parte de la plantilla de la máquina, que permite que la pieza de trabajo (y la plantilla) pase y luego retorne automáticamente (por medio de la gravedad, de un resorte o de otra fuente externa de energía, etc.) a la posición de cierre tan pronto como la pieza de trabajo ha dejado vacía la abertura a través de la cual ha pasado. |
| Movible de control | <ul style="list-style-type: none">• Defensa asociada a un dispositivo de bloqueo, (con o sin bloqueador de la defensa) de modo que: Las funciones peligrosas de la máquina protegidas por la defensa no puedan operar hasta que la defensa está cerrada. El cierre de la defensa inicie la operación de la(s) función(es) peligrosa(s) de la máquina. |
| Regulable | <ul style="list-style-type: none">• Defensa movible o fija, que se regula como un todo o que incorpora parte(s) regulable(s). La regulación permanece fija durante una operación en particular. |
| De bloqueo | <ul style="list-style-type: none">• Defensa asociada a un dispositivo de bloqueo de modo que: |



| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> Las funciones peligrosas de la máquina, protegidas por la defensa, no pueden operar hasta que esté cerrada y bloqueada. <p>Si la defensa se abre mientras las funciones peligrosas de la máquina están operando, se da una orden de detención al proceso.</p> <p>Cuando la defensa está cerrada, las funciones peligrosas de la máquina, protegidas por la defensa, pueden operar; pero el cierre de la defensa no inicia por sí mismo el funcionamiento.</p> |
| De bloqueo con bloqueador de la defensa | <p>Defensa asociada a un dispositivo de bloqueo y un dispositivo bloqueador de la defensa, de modo que:</p> <p>Las funciones peligrosas de la máquina protegidas por la defensa no pueden actuar hasta que la defensa está cerrada y bloqueada.</p> <p>La defensa permanezca cerrada y bloqueada hasta que no exista el riesgo de lesiones producto de las funciones peligrosas de la máquina.</p> <p>Cuando la defensa está cerrada y bloqueada, las funciones peligrosas de la máquina protegidas por la defensa pueden operar, pero el cierre y bloqueo de la defensa no inicien por sí mismo su funcionamiento.</p> |

Tabla 2 Tipo de defensas

| Tipos de dispositivos | |
|------------------------------|---|
| De bloqueo | Dispositivo mecánico, eléctrico o de otro tipo, cuyo propósito es impedir el funcionamiento de los elementos de la máquina bajo condiciones especificadas (generalmente mientras la defensa no esté cerrada). |
| De habilitación (de control) | Dispositivo adicional de control que funciona manualmente y que se usa en conjunto con el control de puesta en marcha y que, accionado en forma permanente, permite que la máquina funcione. |
| De acción sostenida | Dispositivo de control que inicia y mantiene el funcionamiento de los elementos de la máquina únicamente cuando se acciona el control manual (accionador). El control manual (accionador) vuelve automáticamente a la posición de detención cuando el liberado. |
| De control bimanual | Dispositivo de control de acción sostenida que requiere por lo menos la acción simultánea de dos controles manuales (accionadores) para provocar y mantener el funcionamiento de la máquina o de los elementos de la máquina, permitiendo así una medida de protección para la persona que maneja los controles manuales. |



| | |
|------------------------------------|---|
| De desconexión | <p>Dispositivo que permite la detención de la máquina o de los elementos de una máquina(o que asegura de otro modo una condición de seguridad) cuando una persona o parte de su cuerpo traspasa un límite seguro. Los dispositivos de conexión pueden ser accionados:</p> <ul style="list-style-type: none">• Mecánicamente, por ejemplo, cables de desconexión, sondas telescópicas, dispositivos de presión, etc.• No mecánicamente, por ejemplo: dispositivos fotovoltaicos, dispositivos que usan medios como ultrasonido, condensadores, etc., Para la detención de la máquina o los elementos de la máquina. |
| De freno mecánico | <p>Dispositivo que introduce en un mecanismo un obstáculo mecánico (cuña, eje, puntal, cinta adhesiva, etc.) que debido a su propia resistencia puede impedir cualquier movimiento peligroso (por ejemplo, la caída de un pistón debido a la falla del sistema normal de retención).</p> |
| Limitador | <p>Dispositivo que impide que la máquina o los elementos de ella excedan un límite diseñado (por ejemplo: límite de espacio, límite de presión).</p> |
| De control limitador de movimiento | <p>Dispositivo de control cuya actuación permite un recorrido limitado de un elemento de la máquina, con lo cual el riesgo disminuye a un mínimo hasta donde sea posible. Queda impedido un nuevo movimiento hasta que exista una actuación separada y posterior del control</p> |
| Para impedir el acceso | <p>Cualquier obstáculo físico que, sin impedir totalmente el acceso a una zona de peligro, disminuye la probabilidad de entrar a esta zona al obstruir el libre acceso</p> |

Tabla 3 Tipo de dispositivos



Diagramas para la selección de defensas

Para mejorar, reparar o implementar una defensa en una maquina se deberá considerar 3 aspectos de diseño principales; Tipo de defensa recomendado en cada caso, requisitos que una defensa deberá cumplir y la distancia en que las protecciones deben ser instaladas.

Para las diferentes situaciones presentes se deben seguir criterios generales que son:

- I. Selección de defensas de acuerdo con el número y ubicación de los peligros. De las cuales se puede seleccionar siguiendo el orden de prioridad entre las siguientes:
 1. Defensas locales que cierren individualmente cada zona peligrosa en caso de que el número de zonas a proteger sea bajo
 2. Defensa que encierre todas las zonas de peligro si el numero o el tamaño de zonas es alto.
 3. Defensa distanciadora parcial si es imposible utilizar una defensa envolvente y el número de zonas a proteger es bajo
 4. Defensa distanciadora que rodee totalmente la maquina si es imposible utilizar una defensa envolvente y el número de zonas y su tamaño es alto

- II. Selección de defensas de acuerdo con la naturaleza y frecuencia de accesos requeridos. Esta categoría posee principios generales:
 1. Partes móviles de transmisión utilizar defensas fijas o movibles con bloqueador
 2. No se requiera acceso durante el uso, utilizar defensas fijas.
 3. Se requiera acceso durante su uso, utilizar defensa movible o fija.
 4. Se requiere acceso durante el ciclo de trabajo, utilizar defensa movible con dispositivo de bloqueo, bloqueador con defensa o defensa de control.
 5. El acceso a la zona de peligro no se puede prohibir totalmente utilizar defensa de cierre automático o regulable.



Diagrama en base al número y ubicación de los peligros

El siguiente diagrama nos explica y define como proceder los peligros que se pueden encontrar están en una zona definida

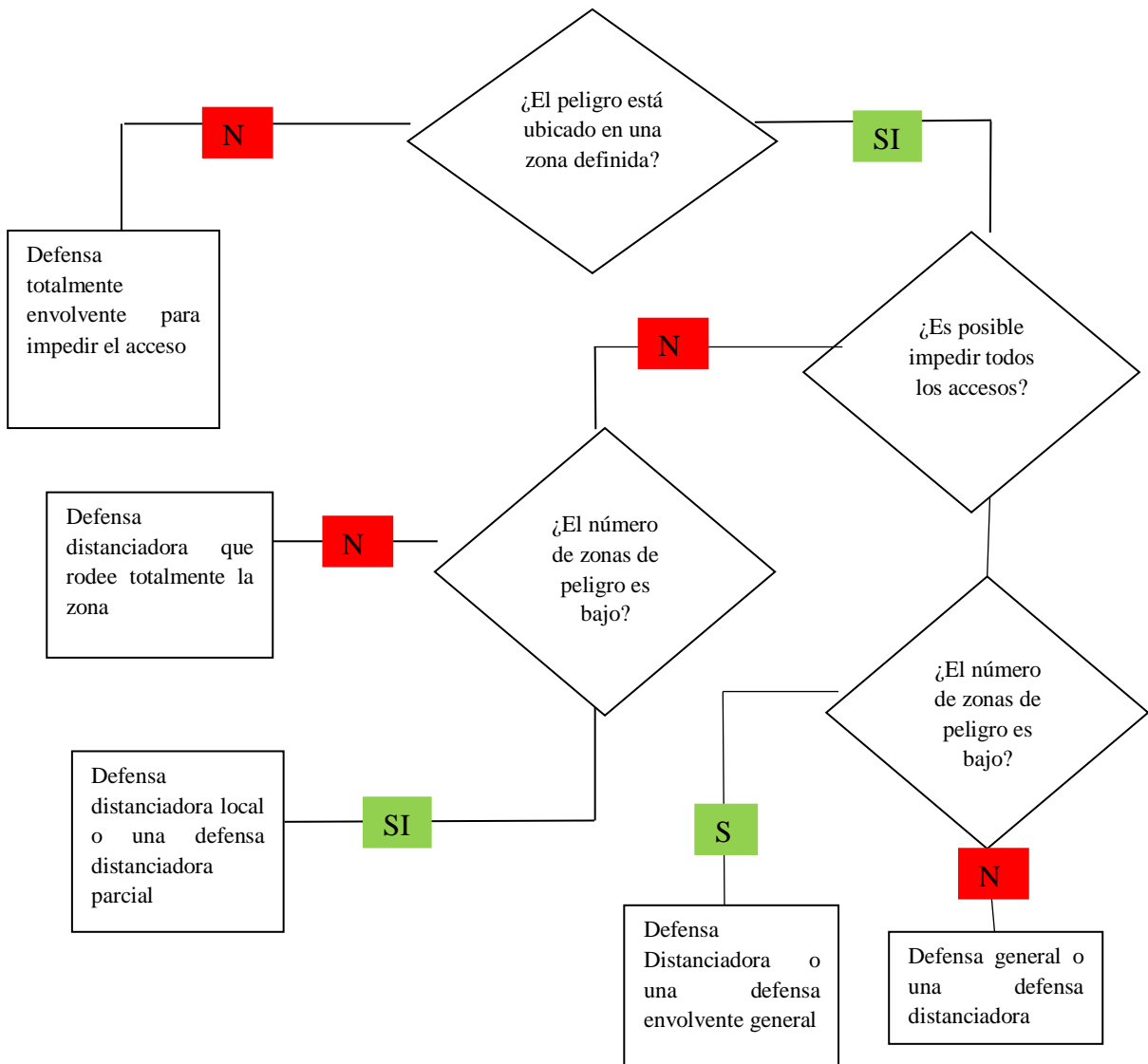


Diagrama 1 Ubicación de los peligros

Diagrama de acuerdo con la naturaleza y frecuencia de acceso

A diferencia del diagrama anterior acá se pueden identificar las defensas que necesitamos tener frente a un peligro.

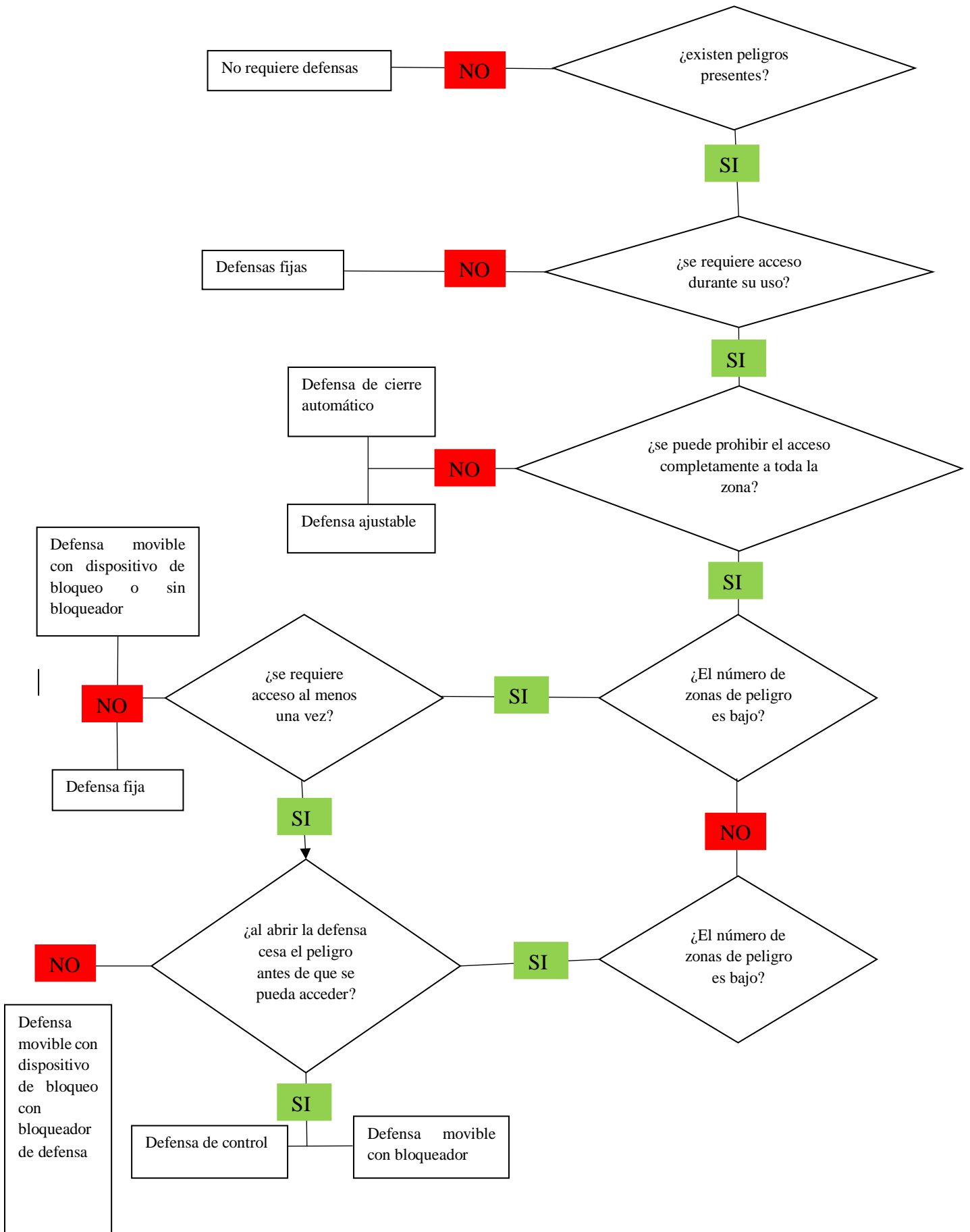


Diagrama 2 Riesgos en base a su naturaleza



Peligros asociados

Es importante declarar cuales son los peligros asociados a las maquinarias, que pueden ser generados por las máquinas, la operación de estas, la limpieza o el mantenimiento:

| Tipos de peligros | |
|---|--|
| Mecánico | Conjunto de factores físicos que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, sólidos o fluidos. |
| Eléctrico | Descargas eléctricas y quemaduras al entrar en contacto con partes bajo tensión. Lesiones derivadas de la exposición a arcos voltaicos o chispas de equipos o instalaciones defectuosos. |
| Térmico | Por contacto directo de fuentes calientes o frías. Por estrés térmico, debido a exposiciones continuadas de ambientes calurosos o fríos. El estrés térmico corresponde a la carga neta de calor a la que los trabajadores están expuestos y que resulta de la contribución combinada de las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y las características de la ropa que llevan. |
| Ergonómicos | Son la probabilidad de desarrollar un trastorno musculoesquelético debido, o incrementada, por el tipo e intensidad de actividad física que se realiza en el trabajo. |
| Generados por sustancias o productos peligrosos | Se entenderá por sustancias peligrosas, o productos peligrosos, para efectos de la aplicación de este reglamento, aquellas que puedan significar un riesgo para la salud, la seguridad o el bienestar de los seres humanos y animales |
| Generados por ruido y/o vibración | El ruido es un contaminante que puede producir daños y efectos indeseables de tipo auditivo extra-auditivo. Situación similar ocurre con las vibraciones, que pueden producir daños y lesiones o bien efectos relacionados con el malestar. Es decir, el ruido y las vibraciones generan unos efectos en el comportamiento y en su rendimiento. |

Tabla 4 Tipos de peligro



Causas inmediatas

Causas Inmediatas de los accidentes se pueden considerar como condiciones o acción subestándar

| CONDICION SUBESTANDAR | ACCION SUBESTANDAR |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Sin protección en sitios peligrosos.• Protecciones incompletas.• Protección defectuosa e inadecuada.• Iluminación deficiente o defectuosa.• Disposición incorrecta de las máquinas.• Superficies de trabajo en mal estado | <ul style="list-style-type: none">• Retirar protección y no reponerlas• Lubricar, limpiar, reparar máquinas en movimiento.• Falta de experiencia para operar.• Operar máquinas sin autorización.• Uso de vestimentas inadecuadas.• Poner en marcha sin verificar el estado de la máquina o equipo |

Tabla 5 Causas inmediatas de los accidentes

No se debe olvidar que estas causas son las que se evidencian fácilmente, pero la real causa debe buscarse en los contextos laborales en que se desarrollan las tareas, tales como: la carencia de planes de mantención y los controles establecidos por la dirección asociados a éstos y su correcta ejecución, la falta o errónea planificación de las tareas, sin considerar los tiempos, la competencia, herramientas necesarias y procedimientos, así como los procesos formativos de toda la línea directiva, tanto para que evalúe correctamente los riesgos como para que aborde planes de mejora una vez identificadas las brechas.

Marco legal.

Se refiere principalmente a la legislación y normativa legal vigente aplicable al sector productivo al cual se dirige el presente trabajo de título.

Código del Trabajo de 2002 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

Artículo 184: “El empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, informando de los posibles riesgos y manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales. Deberá



así mismo prestar o garantizar los elementos necesarios para que los trabajadores en caso de accidente o emergencia puedan acceder a una oportuna y adecuada atención médica, hospitalaria y farmacéutica”. (Dirección del trabajo, 2018)

Ley 16.744 establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales / 1 de febrero 1968 / ministerio del trabajo y previsión social.

- **Artículo 2:** “Estarán sujetas, obligatoriamente, a este seguro, las siguientes personas:
 - A. Todos los trabajadores por cuenta ajena, cualesquiera que sean las labores que ejecuten, sean ellas manuales o intelectuales, o cualquiera que sea la naturaleza de la empresa, institución, servicio o persona para quien trabajen; incluso los servidores domésticos y los aprendices.
 - B. Los funcionarios públicos de la administración civil del estado, municipales y de instituciones administrativamente descentralizadas del estado.
 - C. Los estudiantes que deban ejecutar trabajos que signifiquen una fuente de ingreso para el respectivo plantel.
 - D. Los trabajadores independientes y los trabajadores familiares.
 - E. Estarán protegidos también, todos los estudiantes por los accidentes que sufran a causa o con ocasión de sus estudios o en la realización de su práctica profesional”.

La presente Ley tiene como objetivos:

- Prevenir: Los accidentes del trabajo y enfermedades profesionales
- Otorgar Prestaciones Médicas: Para curar o sanar al trabajador y restituirle su capacidad del trabajo.
- Indemnizar: Otorga prestaciones económicas para reparar la pérdida de la capacidad de ganancia del trabajador siniestrado y de sus derechos habientes.
- Rehabilitar: Al trabajador para devolverle parcial o totalmente su capacidad de ganancia.
- Reeducar: Al trabajador para darle posibilidades de desempeñar un nuevo oficio o profesión, considerando su capacidad residual de trabajo.

Las contingencias cubiertas son accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y accidentes de trayecto.

Se excluyen de cobertura los accidentes provocados por una fuerza mayor y extraña sin relación alguna con el trabajo y los producidos intencionalmente por la víctima. (Ministerio del trabajo y previsión social, 2022)

- **Artículo 5:** Para los efectos de esta ley se entiende por accidente del trabajo toda lesión que una persona sufra a causa o con ocasión del trabajo, y que le produzca incapacidad o muerte.



Decreto Supremo 594/2019 “Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo”, Ministerio de Salud.

- **Artículo 3:** La empresa está obligada A mantener en los lugares de trabajo las condiciones sanitarias y ambientales necesarias para proteger la vida y la salud de los trabajadores que en ellos se desempeñan, sean estos dependientes directos suyos o lo sean de terceros contratistas que realizan actividades para ella.

Párrafo II “De Las Condiciones Generales de seguridad”

- **Artículo 36:** Los elementos estructurales de la construcción de los locales de trabajo y todas las maquinarias, instalaciones, así como las herramientas y equipos, se mantendrán en condiciones seguras y en buen funcionamiento para evitar daño a las personas.
- **Artículo 38:** Deberán estar debidamente protegidas todas las partes móviles, transmisiones y puntos de operación de maquinarias y equipos.
- **Artículo 39:** Las instalaciones eléctricas y de gas de los lugares de trabajo deberán ser construidas, instaladas, protegidas y mantenidas de acuerdo con las normas establecidas por la autoridad competente.
- **Artículo 40:** Se prohíbe a los trabajadores cuya labor se ejecuta cerca de maquinarias en movimiento y órganos de transmisión, el uso de ropa suelta, cabello largo y suelto, y adornos susceptibles de ser atrapados por las partes móviles. [12]

Decreto Supremo 132/año y nombre “Titulo II Normas generales-Capítulo Tercero Normas Generales”

- **Artículo 56:** Todo sistema de transmisión de movimiento deberá estar convenientemente protegido para evitar el contacto accidental con personas.

Deberán considerarse los siguientes aspectos básicos:

- A. Instalación de defensas y protecciones de partes móviles susceptibles de generar accidentes.
- B. Instalación de dispositivos de bloqueo y parada de emergencia.

- **Artículo 57:** Las protecciones de seguridad deberán ser diseñadas y construidas de tal manera que impidan el acceso hasta la zona peligrosa de cualquier parte del cuerpo humano.



Las protecciones deben identificarse a través de los respectivos códigos de colores según las normas nacionales o internacionales aceptadas." (Ministerio de minería, 2022)

Decreto 40. Aprueba reglamento sobre prevención de riesgos profesionales

- **Artículo 21:** Los empleadores tienen la obligación de informar oportuna y convenientemente a todos sus trabajadores acerca de los riesgos que entrañan sus labores, de las medidas preventivas y de los métodos de trabajo correctos. Los riesgos son los inherentes a la actividad de cada empresa. (Ministerio del trabajo y prevision social; subsecretaria de prevision social, 1995)

Normas referenciales:

- **NCh2859/1:2003** Seguridad de máquinas - Conceptos básicos, principios generales para el diseño - Parte 1: Terminología básica, metodología.
- **NCh2859/2:2003** Seguridad de máquinas - Conceptos básicos, principios generales para el diseño - Parte 2: Principios y especificaciones técnicas.
- **NCh2867:2003 ISO 14120:2002** Seguridad de máquinas - Defensas - Requisitos generales para el diseño y construcción de defensas fijas y móviles.
- **NCh2894:2004** Seguridad de máquinas - Distancias de seguridad para prevenir que las extremidades superiores alcancen zonas de peligro.
- **NCh2895:2004** Seguridad de máquinas - Distancias de seguridad para prevenir que las extremidades inferiores alcancen las zonas de peligro.
- **NCh2897:2004** Seguridad de máquinas - Aberturas mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
- **NCh2901/1:2004** Seguridad de máquinas - Señalización, marcado y maniobra - Parte 1: Requisitos para señales visuales, audibles y táctiles.
- **NCh2929:2004 ISO 14121:1999** Seguridad de máquinas - Principios para la evaluación de riesgos.
- **NCh2931:2004 ISO 14118:2000** Seguridad de máquinas - Prevención de la puesta en marcha imprevista.
- **NCh2933/1:2004 ISO 15534-1:2000** Seguridad de máquinas - Prevención de la puesta en marcha imprevista.
- **NCh2933/2:2004 ISO15534-2:2000** Diseño ergonómico para la seguridad de máquinas - Parte 2: Principios para determinar las dimensiones requeridas para las aberturas de acceso.



CAPITULO 3

Identificación de riesgos inherentes y potenciales del proceso en la construcción de túneles con TBM bajo el método Bow Tie



En el siguiente capítulo se busca recabar información necesaria para conocer los elementos más importantes y que puedan generar un mayor impacto en el procedimiento constructivo de túneles utilizando TBM.

Una vez recolectada la información se utilizará para diferentes escenarios y aplicar herramientas de riesgo, para evaluar las amenazas presentes en el proyecto.

El proceso constructivo de los túneles se basa de una etapa conceptual, en esta etapa se busca evaluar el diseño, donde se deben realizar todas las investigaciones pertinentes al lugar de emplazamiento. Es la etapa de un proyecto en la cual se realiza la mecánica de suelos, se busca identificar posibles amenazas que interfieran con el cumplimiento de los plazos o con la finalidad del proyecto, es donde se debe realizar una introspección básica para seleccionar el mejor método de excavación a utilizar.

Herramientas para la evaluación de riesgo

Para realizar la evaluación de riesgo en la construcción de túneles con TBM, es necesario saber cuáles son las posibles amenazas que están presentes en el proyecto, sean estas las de origen natural o de origen antrópicas, se debe tener en claro que el principal objetivo es lograr la disminución de estas potenciales amenazas. Por este motivo es necesario generar protocolos claros para el personal impulsando a que se generen buenas prácticas.

Según la ITA (2000) se debe seguir un cierto procedimiento para realizar el diseño del procedimiento de un túnel, e cual cuenta de ocho pasos

- El primer paso es adherirse a las especificaciones, código o normas fijadas en el proyecto
- El segundo paso trata sobre las decisiones que se deben tomar con respecto a las dimensiones al interior del túnel, se considera en esta etapa los anchos de la construcción, volumen de tráfico, etc.
- El tercer paso es sobre determinar el estado de las cargas, las que actúan sobre el revestimiento considerando la presión de tierra y del agua, la carga muerta, la reacción que ellas generarían, sobre la carga y la fuerza de empuje de los cilindros de protección
- El cuarto paso es sobre determinar las condiciones del revestimiento, aquí se toma en cuenta los espesores, la resistencia del material disposición de esfuerzos entre otros
- El quinto paso es sobre los cálculos de los esfuerzos en los elementos, aquí se consideran las fuerzas de los miembros, se toma en cuenta el momento de flexión, la fuerza axial y de corte, se deben utilizar modelos y métodos de diseños apropiados.
- El sexto paso es sobre la comprobación de la seguridad, la que se debe comprobar con respecto a los esfuerzos calculados en los elementos



Para realizar un buen análisis de riesgo, se tienen a disposición una serie de herramientas las cuales ayudan a tener una mayor claridad ante las amenazas. Dentro de las herramientas el análisis histórico, en el cual se generan suficientes datos se lograría tener un conocimiento de los eventos naturales que hubo en la zona y de esta forma tenerlos en consideración de la creación de los diferentes escenarios

Este análisis es sumamente importante sobre todo para nuestro país ya que es sumamente sísmico y la presencia de múltiples amenazas naturales no se descarta en ningún momento, esta herramienta ayuda a identificar patrones de aparición de potenciales amenazas. Se debe tener en cuenta que no puede ser usada individualmente, necesita complementarse con las demás herramientas para generar una correcta evaluación de riesgo

Las herramientas para el análisis de riesgo se pueden separar en determinísticas y probabilísticas. Como se observa en la tabla número 6 en donde se enumeren algunas de ellas. Las herramientas del análisis de riesgo se pueden ampliar aún más dependiendo de la necesidad que se tenga en el proyecto.

| Herramientas del riesgo | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Determinísticas | Probabilísticas |
| Arboles de falla | Análisis de sensibilidad |
| Árbol de eventos o sucesos | Curvas de frecuencias y curvas |
| Mapas de calor | Análisis de causa- raíz |

Tabla 6 Herramientas del riesgo

A pesar de las herramientas de riesgo son muchas y variadas para cumplir con los objetivos planteados a lo largo de este estudio solo se hará uso de alguna de ella las cuales se explicarán a continuación. Las herramientas utilizadas en esta tesis son árbol de fallas y mapas de calor, para entender con mayor profundidad la forma en que se realiza el análisis de riesgo también se explicara las herramientas de generación de escenarios, barreras de protección en el ámbito determinístico.

Una vez obtenida la idea clara de los riesgos más frecuentes en la construcción de túneles usando TBM se puede generar posibles métodos de prevención y/o mitigación de los riesgos



Árbol de fallas

El análisis del árbol de fallas es un análisis de falla deductivo de arriba hacia abajo en el que se analiza un estado no deseado de un sistema utilizando la lógica booleana para conjugar una serie de eventos de bajo nivel.

Este método de análisis se utiliza sobre todo en los campos de ingeniería de seguridad para comprender como los sistemas pueden fallar, para identificar las mejores formas de reducir un riesgo o para determinar tasas de eventos de un accidente de seguridad o una falla de un nivel en particular de un sistema.

El análisis ayudara para:

- ✓ Diagnosticar la causa raíz de un fallo
- ✓ Entender como el sistema puede fallar
- ✓ Determinar los riesgos asociados con el sistema
- ✓ Identificar medidas para reducir el riesgo
- ✓ Estimar la frecuencia de los accidentes de seguridad

Y tendrá ciertas ventajas al momento de realizar el árbol de fallas

- ✓ Aumentar el cumplimiento de las normas de seguridad
- ✓ Mapear la relación entre los fallos y los subsistemas
- ✓ Establecer prioridades para el sistema en su conjunto
- ✓ Implementar cambios en el proyecto aun en la fase conceptual para reducir el riesgo
- ✓ Hacer una evaluación probabilística del riesgo

Análisis Bow Tie

Es una forma sencilla de describir los riesgos desde las causas hasta las consecuencias en forma de un diagrama. Donde se puede considerar una combinación de árbol de fallos y árbol de eventos o sucesos.

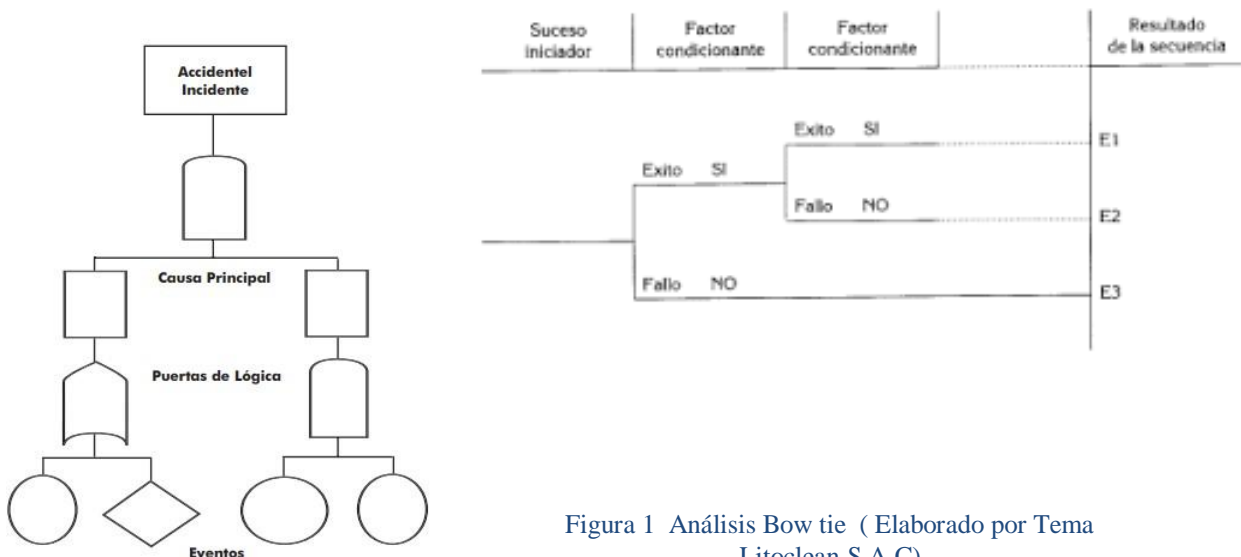


Figura 1 Análisis Bow tie (Elaborado por Tema Litoclean S.A.C)



Árbol de fallas + árbol de eventos

El propósito del análisis del árbol de fallas es prevenir pérdidas. Por el contrario, el análisis de árbol de eventos es ideal para mitigar los malos resultados.

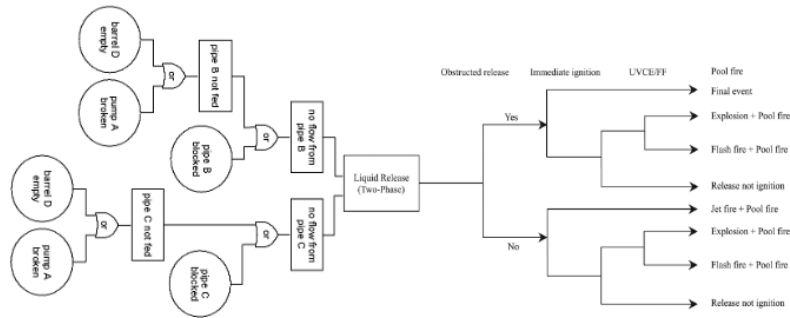


Figura 2 Árbol de fallas + Árbol de eventos (Elaborado por Tema Litoclean S.A.C)

Evolución del Diagrama

Así fue como el diagrama fue evolucionando y se contemplaron los dos (árbol de fallos + árbol de eventos) y llegamos a al diagrama global.

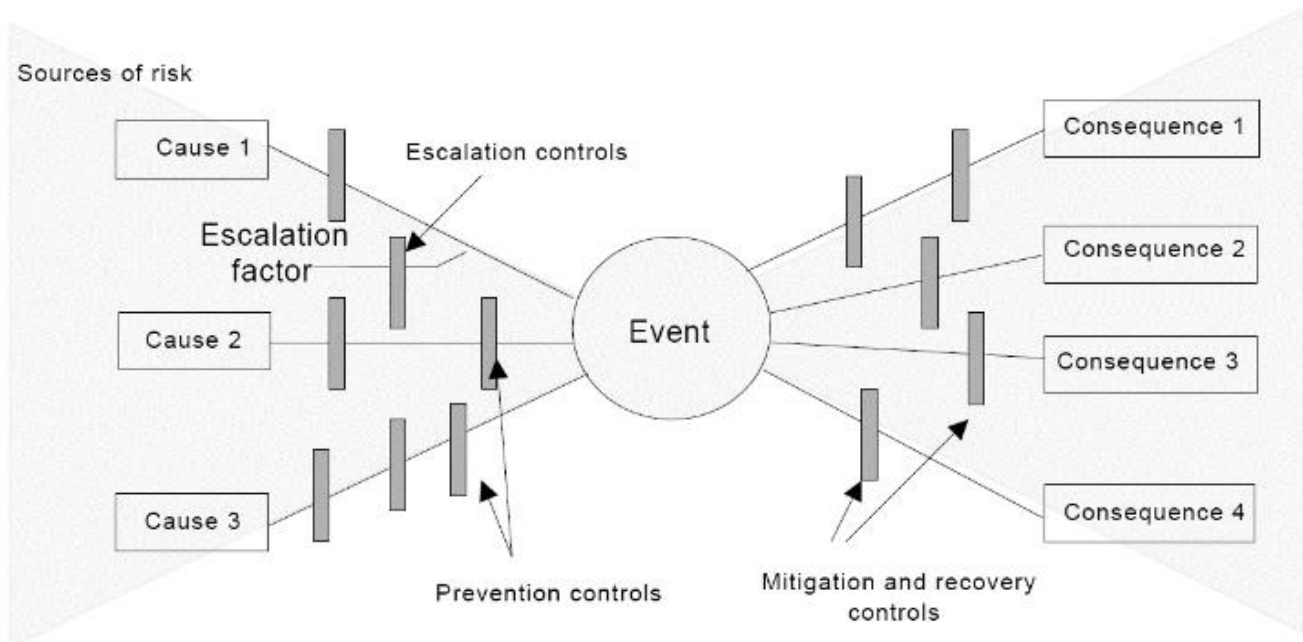


Figura 3 Evolución del diagrama (Elaborado por Tema Litoclean S.A.C)



Diagrama bow tie



Diagrama 3 Diagrama Bow tie, creación propia

Recopilación de Datos

La recopilación de datos se tiene que realizar de forma global para obtener la mayoría información posible, está recopilación se tiene que realizar tanto en las posibles amenazas que se encuentran presente en el lugar de excavación.

Para los objetivos de esta memoria la recopilación de datos se realizara a través de la literatura pertinente y la aplicación de encuestas a expertos, filtrando los riesgos más significativos en la construcción de túneles utilizando TBM y en la etapa de los procedimientos constructivos.

Se pretende generar una base de datos lo suficientemente extensa para elaborar arboles lógicos y mapas de calor, de esta forma generar categorías de frecuencia y consecuencia o importancia determinando cuales son los riesgos con mayor probabilidad de ocurrencia y generar modelos numéricos que entreguen los diferentes escenarios, para determinar acciones de prevención y/o mitigar los riesgos presentes en el proyecto.



Seguridad de Procesos

La gestión de seguridad de procesos se ha desarrollado para proteger al personal, la propiedad, la producción, el medioambiente y en última instancia, la reputación empresarial

En el año 1960, Franck E. Bird Jr. Propone un modelo de control de pérdidas en el cual propone que detrás de cada accidente catastrófico, le anteceden una serie de accidente con pérdidas, otros de pérdidas menores, accidentes con potencial de pérdidas y por último la falta de control de actos y condiciones subestándares. [7]

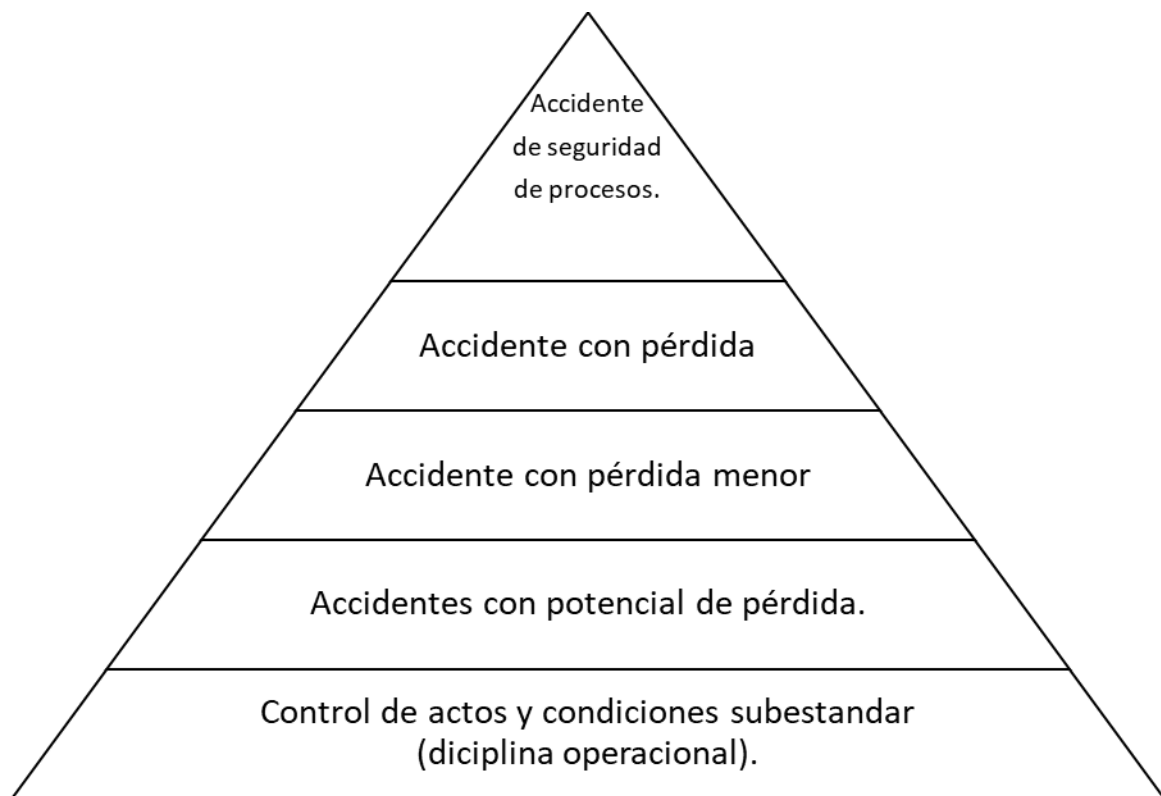


Figura 4 Pirámide de control de riesgos, Frank Bird

En este capítulo se describirá detalladamente el contexto, las actividades y las respectivas barreras del proceso constructivo de túneles con TBM un método donde pocas empresas han podido consolidar. Una vez descritas las actividades del proceso constructivo de túneles con tbm se dará paso a la aplicación de las metodologías descritas en el capítulo anterior Árbol de fallos, Árbol de eventos y Bow tie analizando el peligro que consigo trae la construcción de túneles con TBM

Una vez establecidas las causas por medio de la aplicación de las metodologías seleccionadas anteriormente, se propondrán una serie de recomendaciones de acuerdo al marco normativo sobre la gestión del riesgo de la norma ISO 31010/2018 con el de orientar sobre la selección y aplicación de técnicas útiles para la evaluación del riesgo en una gama diversa de situaciones donde dichas técnicas se emplearan para ayudar a la hora de adoptar decisiones donde existe inseguridad para ofrecer información acerca de riesgos.



Contexto proceso constructivo de túneles con TBM

Si bien hay muchas maneras de poder crear un túnel, hay dos métodos básicos para los túneles no submarinos: cortar, cubrir y mandrilar. Ambos métodos son muy sencillos. Cortar y cubrir generalmente se aplica a túneles poco profundos. Los trabajadores y las máquinas excavan una zanja y un techo sobre ella de acuerdo con la carga que esperan que cargue en el futuro. Los túneles de corte y cubierta se pueden construir en un método de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba dependiendo de si es mejor excavar primero o construir los muros de soporte y las vigas de tapado desde el nivel del suelo primero. La mayoría de las líneas del metro más antiguas se construyeron utilizando cortar y cubrir. La tunelización de corte y cubierta es menos costosa que la mandrilar, pero mucho más disruptiva a nivel de superficie

Actualmente, la forma más común de construir túneles es una máquina de perforación de túneles (TBM). Un TBM es una máquina cilíndrica con una sección transversal diseñada para cortar a través de muchos tipos de tierra y roca. Los TBM pueden variar de tamaño de 1 metro de diámetro a casi 18 metros de diámetro; el TBM más grande del mundo es Big Bertha con 17.6 metros de diámetro que recientemente completó la tunelización debajo de Seattle

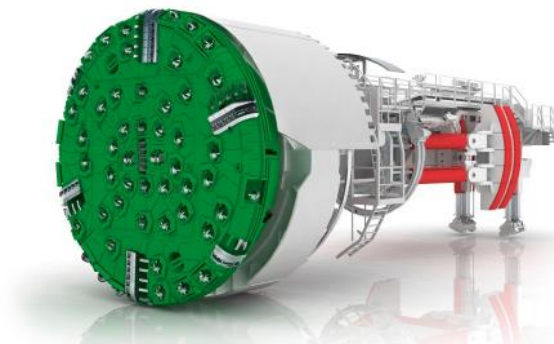


Figura 5 Tuneladora Gripper

Los TBM tienen una larga historia, comenzando con un invento del siglo XIX. El primer TBM fue diseñado en la década de 1840 con el propósito de cavar un túnel ferroviario en los Alpes Italianos. El primer TBM en los Estados Unidos jugó un pequeño papel en la construcción del túnel Hoosac en la década de 1850 en el oeste de Massachusetts. En la mayoría de los casos en el siglo XIX, los diseños de TBM ofrecían grandes promesas, pero pocas ventajas prácticas. Estos TBM se rompieron fácilmente y rara vez eran capaces de cavar distancias significativas. Sin embargo, el proceso de mandrilado fue refinado y comenzó a pagar dividendos de eficiencia en el siglo XX. El proceso sigue mejorando, y las innovaciones se han puesto en marcha en la última década. Por ejemplo, los TBM utilizados para el mencionado proyecto de Madrid Río fueron los más grandes del mundo con un diámetro de excavación de 15.2 metros. Construido unos años más tarde, Big Bertha es un 15% más grande que estos TBM.

Los TBM modernos hacen más simple cavar un túnel, son fábricas de construcción de túneles independientes. A medida que avanzan, encajan en paneles de hormigón prefabricado en su lugar para construir los muros del túnel. Los TBM de hoy en día construyen túneles a



un ritmo mucho más rápido que años anteriores, además estos TBM pueden limitar las vibraciones para dejar a las comunidades debajo de donde está llevando a cabo la tunelización completamente no afectada sin perturbar.

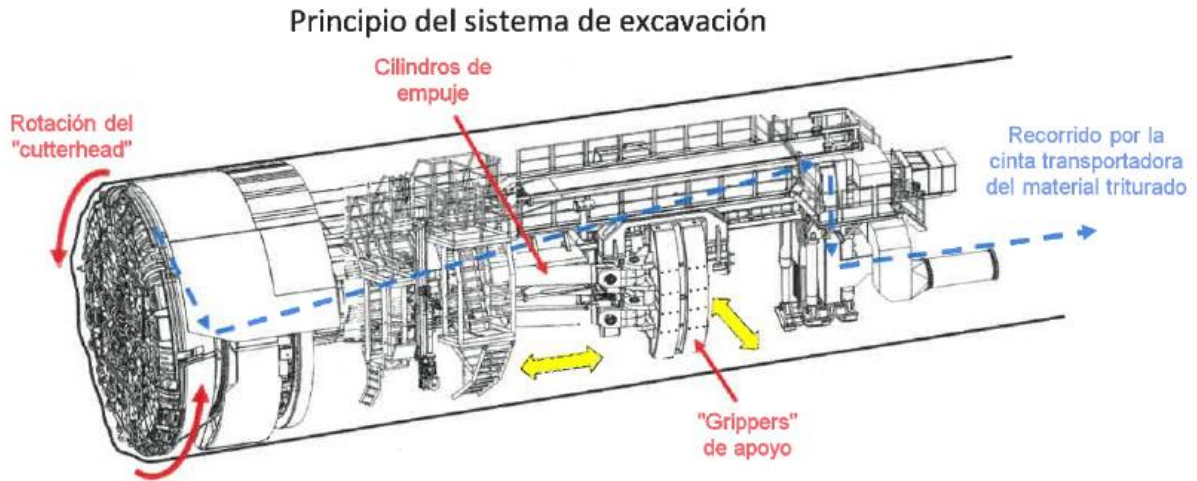


Figura 6 Principios del sistema de excavación

En la Imagen 2- 3.2 se muestra a modo referencial el esquema de uno de los proyectos que actualmente está utilizando la TBM está localizado en la comunidad de San José de Maipo, al sureste de la ciudad de Santiago, provincia de cordillera y está siendo desarrollado por STRABAG SpA Chile, con más de 5000 empleados de más de 20 países, El propósito del proyecto es la construcción de plantas hidroeléctricas. El desempeño del contrato incluye el diseño y la construcción de túneles, cavernas, excavaciones, obras civiles y la instalación de plantas siderúrgicas hidráulicas. Están construyendo diversos túneles y piques con una longitud total de 73,7 km, de los cuales, 30,2 estarán a cargo de la TBM

A continuación de manera referencial para facilitar entendimiento de la TBM, imagen de proyecto STRABAG



Imagen 3: 3.3 Maquina TBM proyecto San José de Maipo

En la imagen 3 se pueden distinguir como es en si el túnel por dentro y cómo funciona el carro de acercamiento de material accionado hidráulicamente por comandos.



Etapas del proceso de excavación

A continuación, se describen todas las etapas del proceso de excavación

Sala de control de la TBM

El manejo de la operación de la TBM se controla desde la “cabina de control” ubicada en el back-up N° 4. Esta sala de comando trabaja con monitores en la cual se visualiza una serie de funciones a través de un software que trabaja en un ambiente que permite básicamente visualizar datos de medición y controlar operaciones de diferentes equipamientos de la TBM, activar o desactivar dispositivos, como a su vez registrar la información de todas las funciones.

Rotación y empuje

La perforación de la roca se realiza con el “cabezal de corte” que está en la parte superior delantera de la TBM, esta gira a una velocidad de 0 a 8,64 vueltas por minuto con una potencia de 3.150 kW, generada por los nueve motores eléctricos de 350 Kw cada uno, que la hacen girar. Tiene un diámetro de perforación de 6,93 metros y un sobre corte máximo de 10 cm en el radio.

El cabezal de corte es una estructura metálica compuesta por una pieza metálica única que contiene 33 cortadores de 19” de diámetro y además otros 4 cortadores de 19” de diámetro en la parte central. Al girar la “cabeza de corte” y hacer presión hacia adelante giran también los cortadores de 19” produciendo la trituración de la roca y así generando la excavación. El empuje hacia delante de la “cabeza de corte” se genera por los cilindros (4 c/u) laterales de los “grippers”, haciendo que la TBM avance hacia adelante.

La roca es presionada por el empuje hacia adelante y el giro del “cabezal de corte” lo que finalmente sale como resultado es roca triturada a un tamaño de 8 cm aproximadamente. Este material triturado cae al interior de la “cabeza de corte” y desde allí es conducido interiormente por una correa transportadora hacia afuera.

En la figura 8 se muestra un esquema de la “cabeza de corte” con las partes principales



Figura 7 Esquema de la cabeza de corte



Humectación de la frente

Para mitigar la polución de polvo en la frente y en el sector aledaño, la “cabeza de corte” cuenta con 12 puntos de inyección de agua que sirven para mitigar la polución de polvo. Estos dispositivos que humedecen la frente por medio de aspersores de agua, son activados por presión de agua en forma permanente mientras rota la “cabeza de corte”

En la figura 9 se muestra la disposición de estos 12 puntos

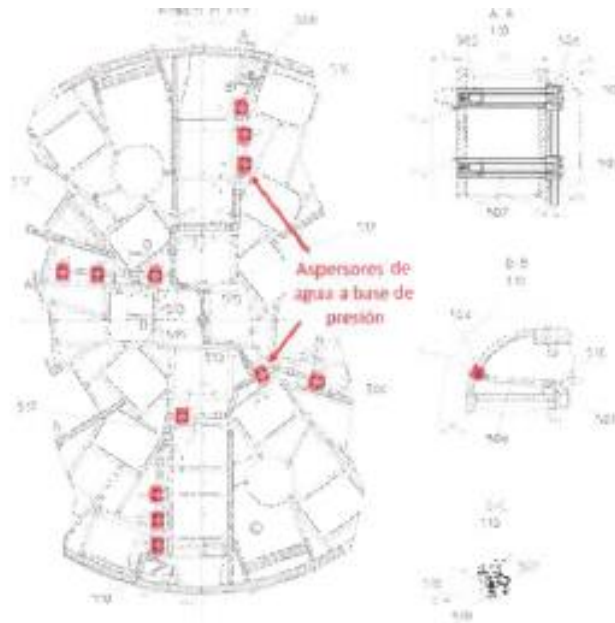


Figura 8 Humectación de la frente

Rotación y giro en reversa de la “cabeza de corte”

El “cabezal de corte” de la TBM avanzara excavando una distancia equivalente a la extensión de los cilindros del “grippers”, aproximadamente 2 metros cada vez, para luego volver a recogerlos y volver con la excavación. También, si la operación lo requiere, la TBM podrá recoger los cilindros junto con el “cabezal de corte” la misma distancia de extensión de los cilindros

Del mismo modo, el “cabezal de corte” puede rotar hacia la izquierda, para ejecutar algunos acomodos para la mantención de los cortadores o para destrabar algún tipo de atascamiento.

Movimientos de equipos en paralelos al avance de la TBM

El equipo TBM mientras está girando la “cabeza de corte” y empujando hacia adelante, puede estar operando también otros equipos que apoyan al proceso de excavación, como son la fortificación con pernos y la proyección de hormigón con el equipo roboshot

Existen perforadoras sanvik que perforan los pernos de fortificación que perforan y mantienen la posición mientras se mueve la TBM. De igual modo pasa con la perforadora sandvik que se encuentra en el back-up N° 2, que ejecuta la perforación de los pernos en el sector L2. Esta perforadora puede mantener la posición y su ángulo de inclinación mientras la TBM se desplaza. Lo mismo pasa con el equipo de proyección de shotcrete que se ubica en el back-up N°3, el “roboshot” puede libremente ejecutar movimientos hacia adelante, hacia atrás y hacia los lados en conjunto con el desplazamiento de la TBM, tal como se muestra en la figura 10

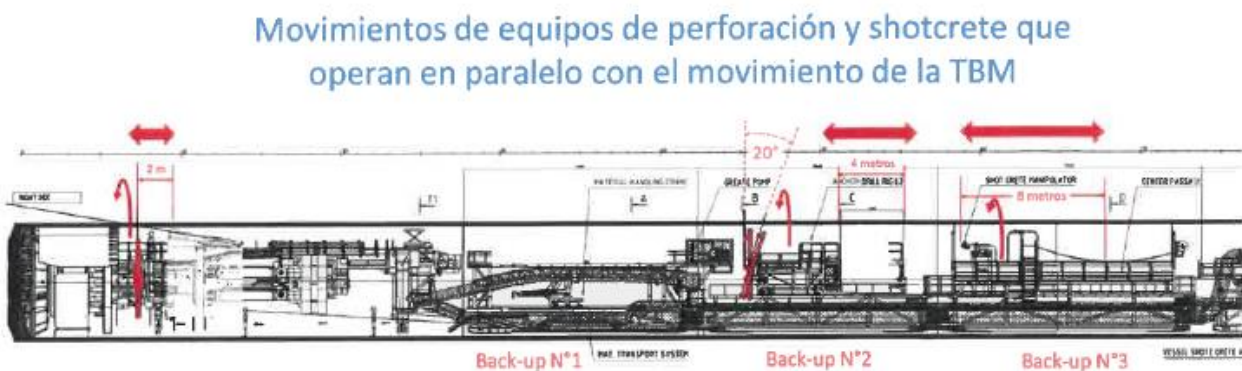


Figura 9 Movimientos de perforación

Inyecciones para impermeabilizar el macizo rocoso

Los trabajos de inyección para impermeabilizar, se realizarán con el objetivo de controlar la infiltración de agua subterránea y/o para la consolidación del macizo rocoso poco estable en el túnel

Durante el proceso de excavación de la frente, existe la probabilidad de que se encuentren zonas con infiltración de agua en grado mayor o menor. La forma de detectar estas posibles infiltraciones de agua antes de que afecten a la frente, es realizando una perforación exploratoria en las cercanías de la frente.



Una vez que se ha detectado mediante esta perforación exploratoria un potencial problema de infiltración de agua, se procederá a hacer “inyecciones químicas” al macizo rocoso poco estable en el túnel

Las perforaciones para realizar inyecciones químicas en la frente, se ejecutarán con la perforadora Sandvik que está ubicada en la parte superior de la TBM, la misma que ejecuta la perforación exploratoria. Esta perforadora es capaz de hacer perforaciones en forma circular alrededor de la frente de la TBM, en ángulos abiertos de 8° hacia afuera, en diámetros entre 51 y 89 mm y largos entre 25 a 30 metros, tal como se muestra en la siguiente imagen

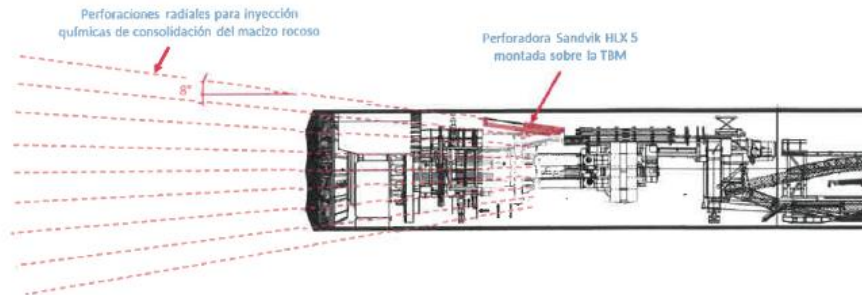


Figura 10 Inyecciones químicas de la frente

Proceso de Fortificación

Etapas del proceso de fortificación

La disposición de estos elementos se instala en dos etapas, la primera que se denomina L1 la que será puesta inmediatamente detrás del escudo de la TBM hasta 2.0 metros atrás. La segunda, denominada L2, será instalada sobre las plataformas de los back-up N°2 y N°3 en los 30 metros siguientes más atrás, hasta completar la fortificación definitiva según el diseño de la ingeniería y clasificación de la roca. En la figura N° 12 muestran dichas etapas

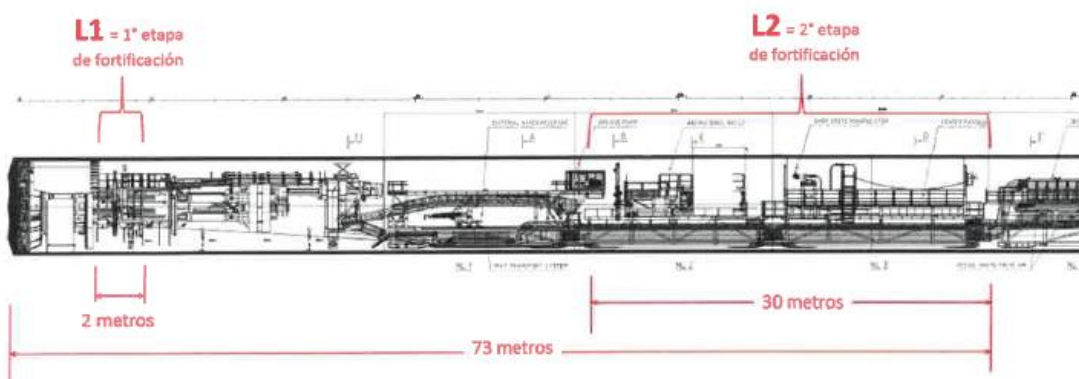


Figura 11 Etapas del proceso de fortificación



Equipos que se utilizarán en la fortificación

Perforadoras

En el sector L1 los pernos se perforarán con dos perforadoras de la TBM del tipo Sanvik.

Estas tienen un recorrido horizontal de 2 metros y en el Angulo de trabajo está en 350° . Son manejadas cada una por un operador ubicado en un canastillo de trabajo que acompaña cada perforadora. Estos canastillos también sirven para instalar los pernos, colocar la malla y proyectar el shotcrete cuando se requiera en esta zona. La proyección del shotcrete en forma manual se ejecutará realizando una conexión con un “culebrón” desde el sistema de suministro de shotcrete del mismo robot.

En la figura N° 13 se muestra la ubicación de las perforadoras, los canastillos donde se ubican los operadores y el alcance de movimiento de ellas.

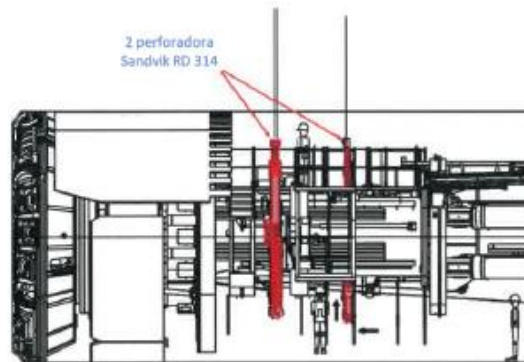
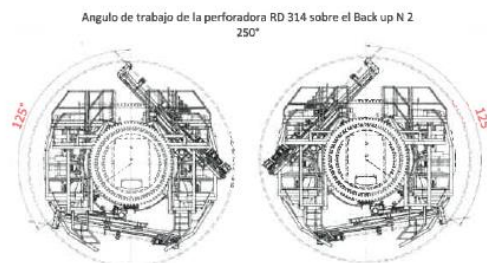
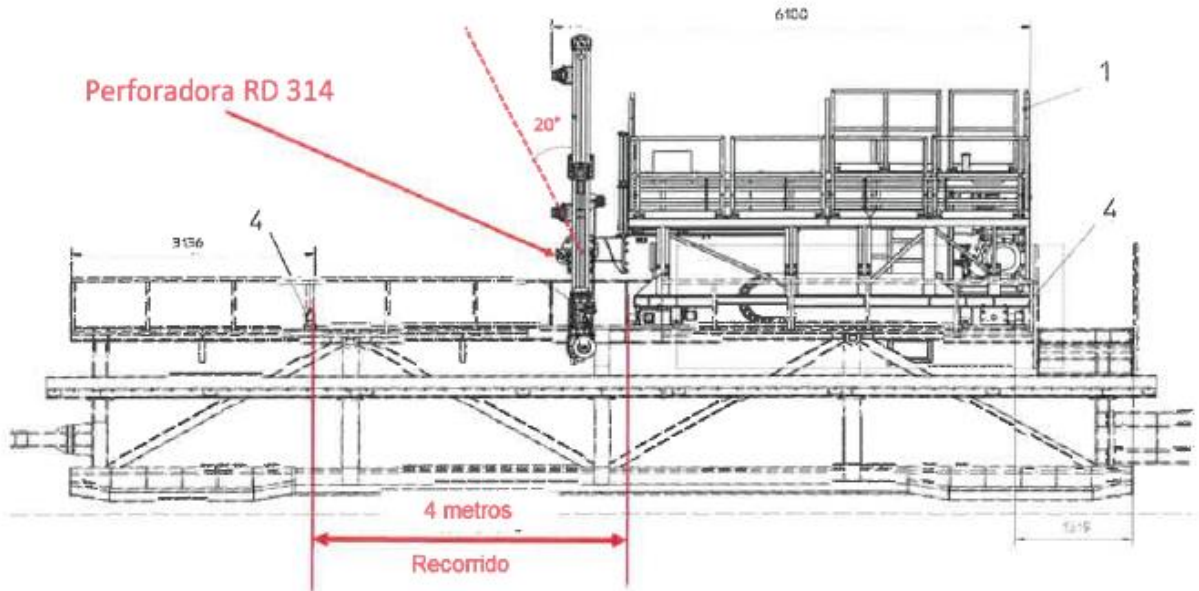


Figura 12 Tipos de perforadoras



En el sector L2 se deberá instalar la segunda parte de la suportación, para ello existe una tercera perforadora que va instalada en el back-up N°2. Corresponde también a una perforadora del tipo Sandvik que tiene un recorrido de 4 metros de largo, en el sentido longitudinal y un Angulo de trabajo de 220° hacia los lados y es manipulada por un operador con un comando remoto, ubicado en la misma plataforma. Esta perforadora permite hacer las perforaciones de los pernos para completar los tipos de soportes según requerimiento de la clasificación de la roca, condiciones del terreno y la ingeniería de detalles. muestra la perforadora sobre el back up N°2 y el Angulo de trabajo 220°



Instalación de marcos:

Para la instalación de los marcos de acero circular cuya función es alojar los segmentos de marcos (cada uno mide 3,293 metros de largo) que se irán apernados unos a otros y hasta completar el círculo requerido

La secuencia de montaje se muestra a continuación

- A. El segmento de marco se traslada sobre el “dispositivo de instalación” hasta el ring erector, tal como se muestra en la imagen

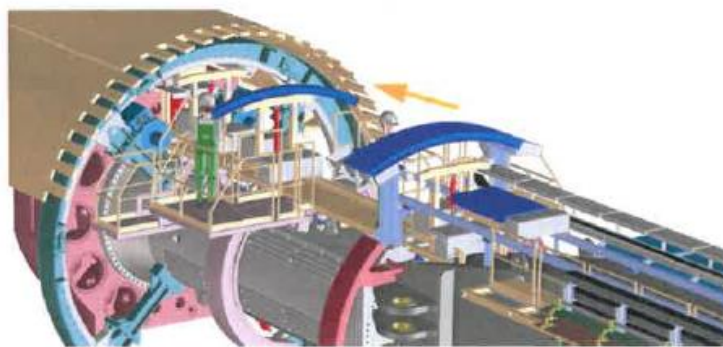
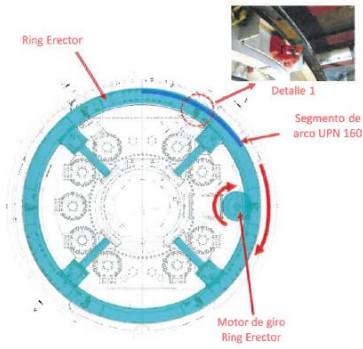
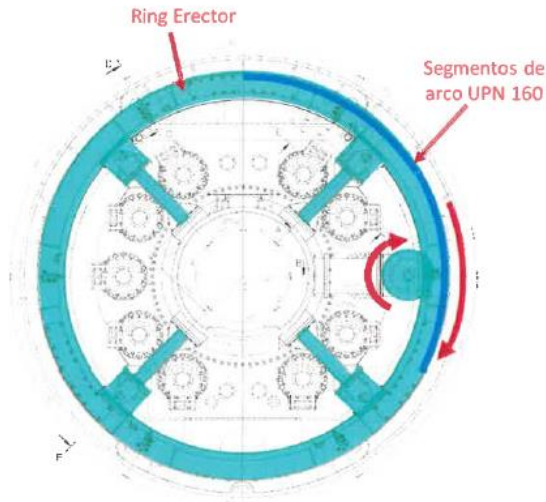


Figura 13 Instalación de marcos

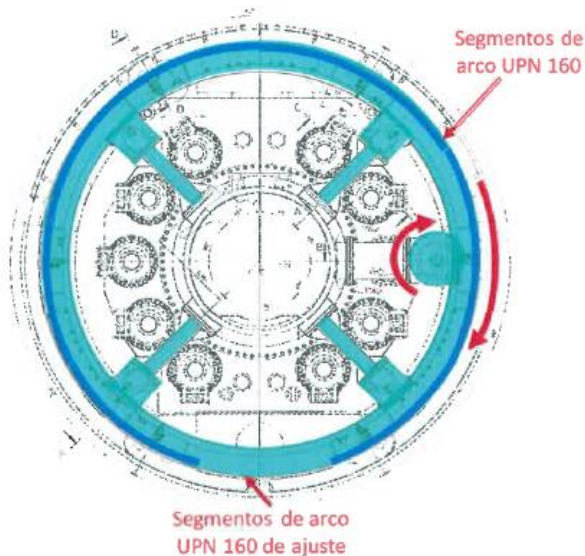
- B. Una vez instalado el segmento de arco y sujeto con una traba en el ring erector, se hace girar este último para dar espacio a la ubicación del próximo segmento de arco



C. Se ubican los demás segmentos de arcos haciendo girar el “ring erector”



D. Se completa el círculo sobre el ring erector y se deja pendiente el último segmento en la parte baja del “ring erector”



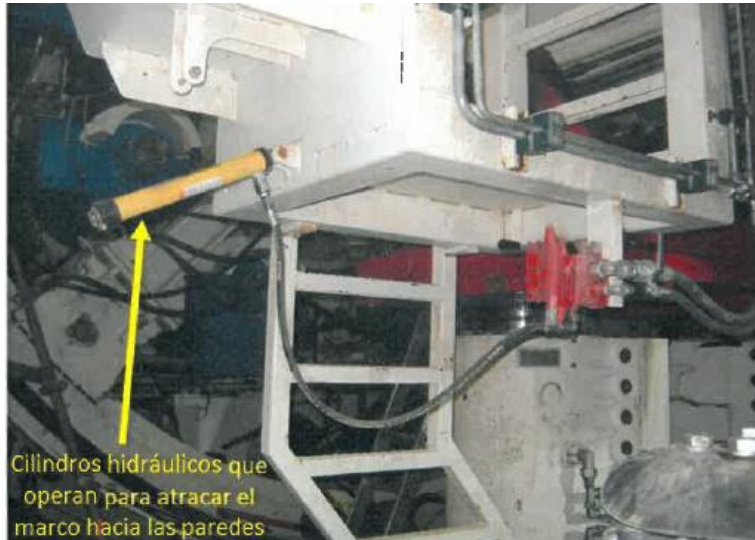
E. Posteriormente, se desplaza el dispositivo elevador de marcos y recoge el marco desde el ring erector hacia atrás, previamente habiendo soltado los sujetadores laterales. Luego el arco es ubicado en la posición requerida y levantado hacia el techo hasta atrincarlo a la superficie de terreno. Una vez posicionado en el lugar requerido, se ubican los cilindros laterales ubicados en las escaleras de la TBM para empujar el resto del arco hacia las paredes, tal como se ve en la siguiente imagen





- F. Se perforan los orificios para la instalación de los pernos que sostendrá el marco y así adosarlo en forma definitiva a las paredes del túnel

En la siguiente foto se aprecia el cilindro que opera para atracar el marco hacia las paredes del túnel



Identificación de actividades críticas

Las técnicas de identificación de peligros son seleccionados para el análisis de riesgo de este trabajo exigen un conocimiento acabado del proceso en cuestión, identificando las tareas y equipos utilizados junto con las barreras preventivas y de mitigación

| N° | Proceso/Actividad | Equipo |
|----|-----------------------|-----------------|
| 1 | Proceso excavación | Equipo TBM |
| 2 | | Excavadora |
| 3 | | Retroexcavadora |
| 4 | | Bulldozer |
| 5 | | Camión dumper |
| 6 | | Scoop |
| 7 | | Camión Tolva |
| 8 | | Equipo ITC |
| 9 | Proceso Fortificación | Jumbo |
| 10 | | Equipo Levante |
| 11 | | Roboshot |

Tabla 7 Identificación actividades críticas



Análisis de los controles operacionales

Dentro de lo que es el marco de seguridad tenemos dos tipos de barreras. Consideramos los controles administrativos que son consideradas como barreras duras, estas medidas logran controlar el riesgo mediante la eliminación, sustitución, rediseño y separación. Estas medidas requieren de recursos más elevados comparando los riesgos intolerables y significativos, llevándolos a un nivel tolerable, además apuntan a la disminución o eliminación de las consecuencias como también a la probabilidad de la ocurrencia. Y la segunda que son conocidas como barreras de mitigación y consideradas como barreras duras que son aquellas que controlan el riesgo mediante la administración y el uso de los EPP. No requieren un alto costo y logran disminuir solo la probabilidad de la ocurrencia.

Para identificar de manera correcta, se colocarán números correlativos a cada uno de los controles identificados.

| N° | Descripción |
|----|-------------------------------|
| 1 | Equipo TBM |
| 2 | Arranque y operación TBM |
| 3 | Excavadora |
| 4 | Desarrollo del túnel |
| 5 | Retroexcavadora |
| 6 | Bulldozer |
| 7 | Mantenimiento |
| 8 | Camión dumper |
| 9 | Scopp |
| 10 | Camión tolva |
| 11 | Equipo ITC |
| 12 | Jumbo |
| 13 | Equipo Levante |
| 14 | Roboshot |
| 15 | Acopio Marino |
| 16 | Excavación, montaje y relleno |
| 17 | Fortificación pique |

Tabla 8 Controles enumerados

Clasificación controles operacionales

A continuación, se presenta una clasificación de los controles operacionales identificados preliminarmente con el fin de analizar la idoneidad de estos para la prevención y mitigación de proceso de excavación con TBM

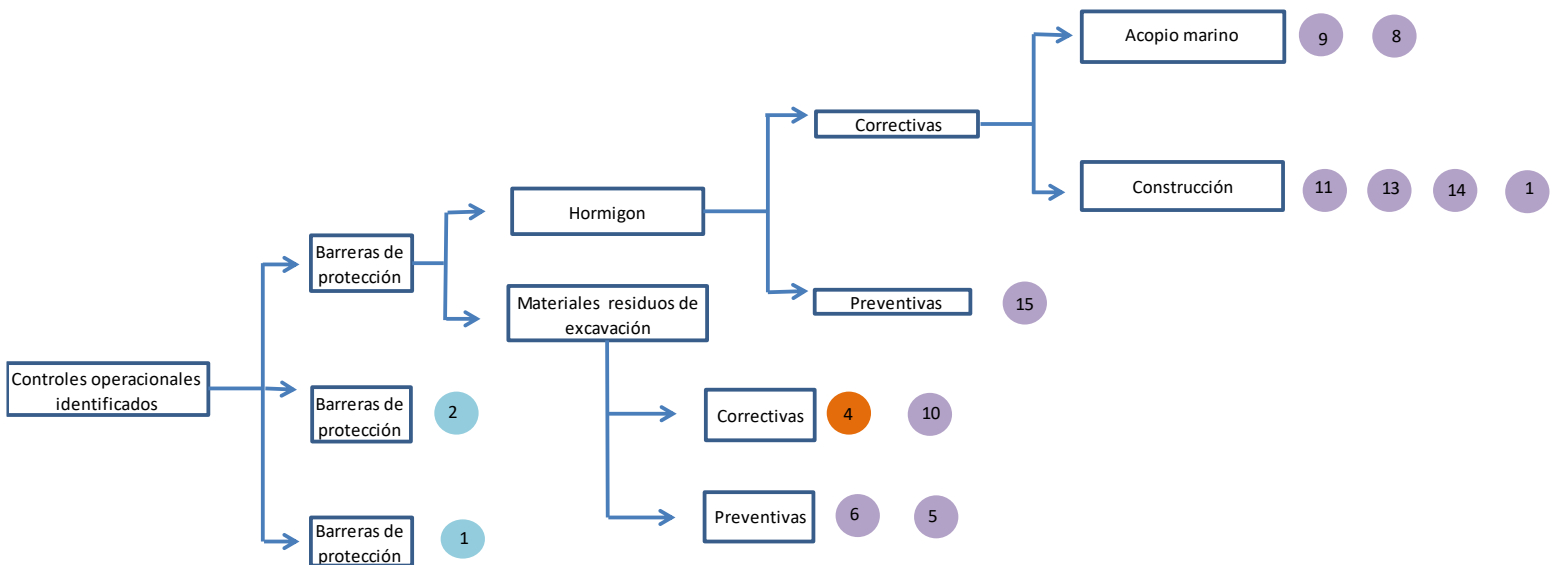


Diagrama 3 Clasificación controles operacionales – creación propia

Controles operacionales

Consideramos los controles operacionales como actividades encaminadas a la prevención de accidentes y enfermedades laborales y a la mitigación de impactos ambientales.

| Controles operacionales preventivos | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Tipo de control | Descripción |
| 15 | Acopio marino |
| 7 | Mantenición |
| 16 | Excavación, montaje y relleno |
| 17 | Fortificación pique |

Tabla 9 Controles operacionales preventivos

| Controles operacionales de mitigación | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Tipo de control | Descripción |
| 4 | Desarrollo del túnel |
| 2 | Arranque y operación TBM |

Tabla 10 Controles operacionales de mitigación

Sabemos que el tipo de control “2” Arranque y operación TBM, se considera un elemento esencial dentro de lo que son las operaciones, ya que el proceso de excavación no se podría llevar a cabo sin ella

Por otro lado, tenemos el tenemos el tipo de control “15”, se trata de una barrera de control de peligros. Sin embargo, podría ser considerado un control preventivo en la medida que se implementa un procedimiento.



Análisis de riesgo de la operación con TBM

De acuerdo a la segunda etapa del presente estudio, a continuación, se presentan los diagramas de Árbol de Eventos, Árbol de Fallas como insumos de la elaboración del Diagrama Bow tie.

Árbol de fallos (FTA)

De acuerdo a los controles operacionales identificados previamente en la sección a continuación se procede la construcción del árbol de fallos para la identificación de los controles que pudieran fallar, y de qué forma pueden desencadenar peligros de la falla imprevista de la TBM

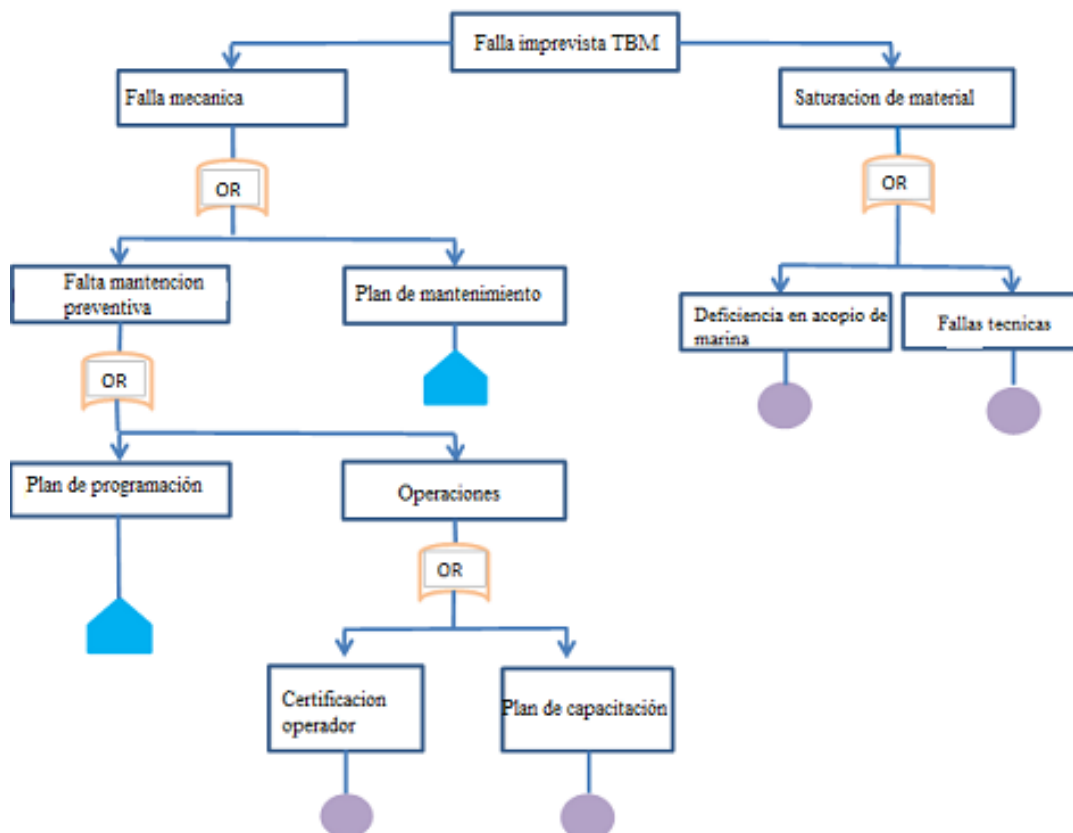


Diagrama 4 Árbol de fallos – creación propia

Dentro del análisis del árbol de fallos se pueden distinguir la falla de la TBM como evento principal como la manifestación de la falla simultánea, tenemos dos aspectos que perjudica dicho proceso.

Primero que nada, tenemos la falla mecánica eso se puede deber a una falta de mantenimiento preventiva o una falla del plan de su mantenimiento, al tener una falta de mantenimiento preventiva significa que dentro del plan de programación no estaría contemplado dicho obstáculo o debido a las operaciones, donde para poder controlar dicho problema se necesita de un buen plan de capacitación y la certificación de dicho operador

Por otro lado, tenemos la saturación de material que esto solo se puede deber a fallas técnicas y una deficiencia en acopio de marina que es donde llegan específicamente los residuos de dicha excavación

Por todo lo anterior, y como lo denota la puerta lógica “y” deben cumplirse ambas condiciones de falla para la construcción del túnel, es decir, deben fallar de manera simultánea la TBM, junto con el acopio marino.



Árbol de eventos (ETA)

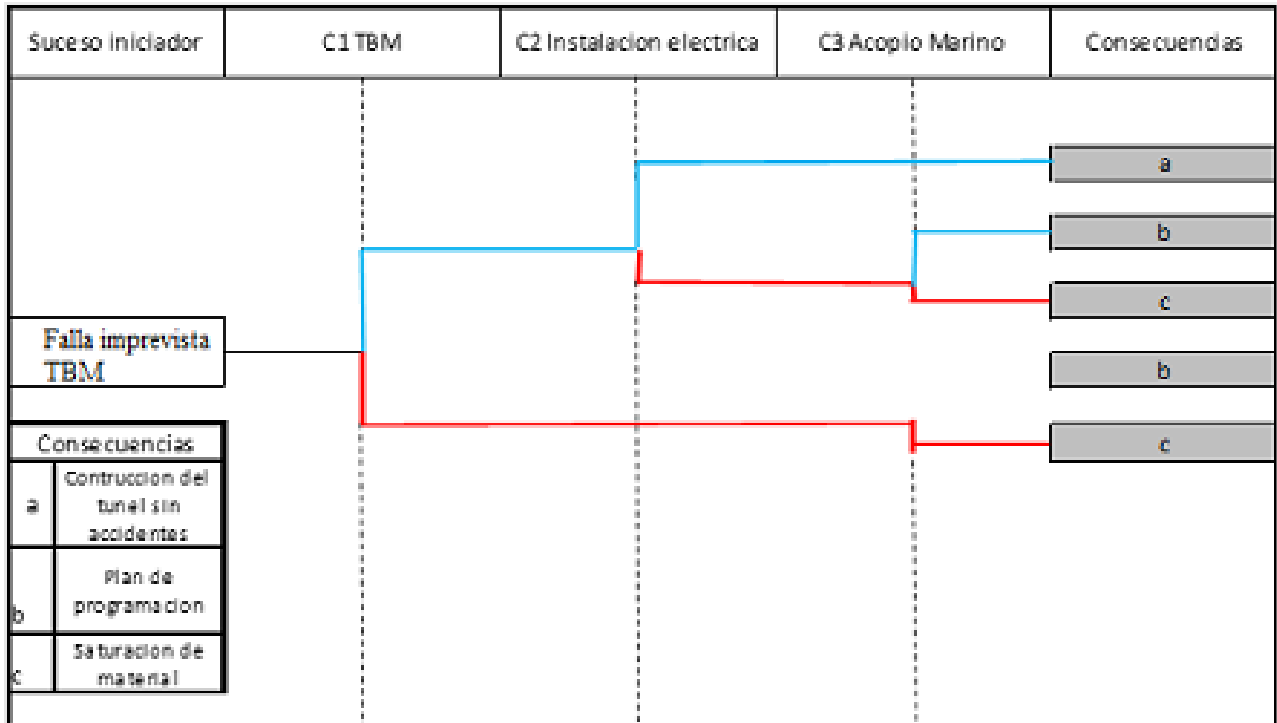


Figura 14 Árbol de eventos – Creación propia

En el desarrollo del árbol de eventos de la figura se comienza con la falla imprevista de la TBM como suceso iniciador, luego se encuentra como primer control la TBM (C1), en el caso favorable (línea celeste) de que la TBM opere sin problemas y la instalación eléctrica (C2) opere de forma normal, no se activará el control 3 del acopio de marina, ya que no se desprenderá material por lo que se desarrolla una construcción de túneles sin problemas (a).

Mientras que por el trazado desfavorable (línea roja), el funcionamiento de la TBM (C1) tiene directa relación con el funcionamiento de la instalación eléctrica (C2), por lo que si falla la TBM es probable que ocurra alguna pérdida de material, activando el acopio de marina como barrera de mitigación y el plan de programación (b) en la medida que el acopio sea capaz de contener el material.

Diagrama BowTie.

Una vez realizados individualmente los diagramas de árbol de fallos y árbol de eventos, se sigue pasar a la presentación del diagrama BowTie y tener una visión panorámica de las distintas fallas, causas y consecuencias del proceso de excavación, entregándonos la posibilidad de identificar oportunidades de mejora en proceso

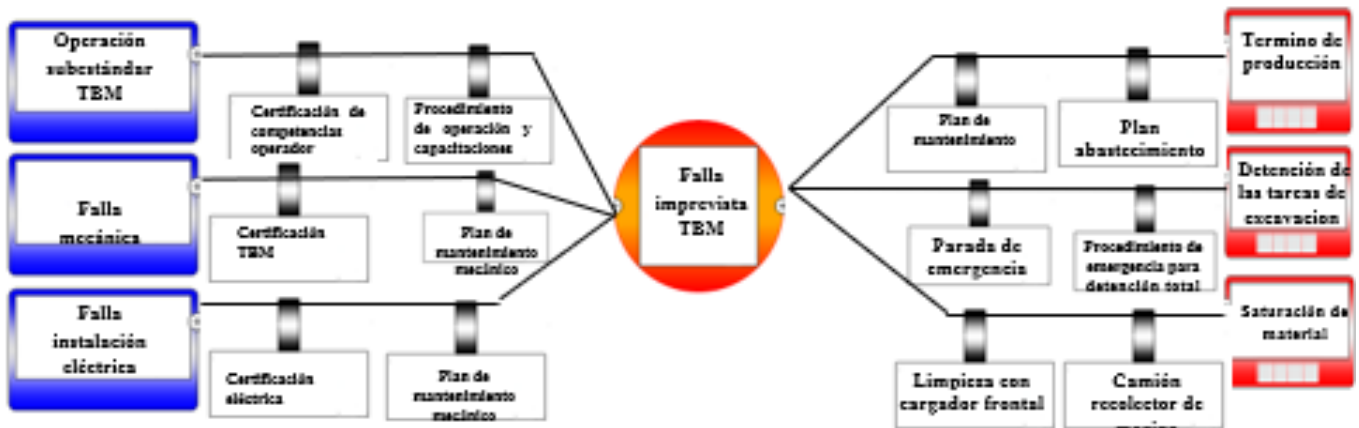


Diagrama 6 Visión panorámica Bow Tie

Para el análisis el diagrama BowTie es necesario desagregar sus componentes, entender la relación secuencial de las distintas barreras preventivas y de mitigación.

Analizando el diagrama y la secuencia lógica de las fallas, identificamos (de izquierda a derecha) a la operación subestándar de la TBM, una falla técnica de la TBM, falla técnica de la instalación eléctrica como causas, es decir, condiciones o acciones con el potencial de provocar una mala excavación. Siguiendo en el análisis hacia la izquierda del diagrama, encontramos las barreras preventivas, como se definen en el diagrama, son barreras no físicas constituidas por los controles administrativos y los estándares autoimpuestos por la organización, como son los procedimientos de trabajo, la certificación de competencias y la implementación de una disciplina operacional eficaz para disminuir al mínimo el factor del error humano. En el centro del diagrama se ubica la falla imprevista de TBM como Top event en la terminología del BowTie, es decir, es la manifestación de las causas mencionadas el inicio del análisis. Una vez ocurrido el Top event o el accidente, se deberían activar las barreras de mitigación para la contención del Top event y así evitar efectos “catastróficos” que para este análisis sería una mala excavación en el caso de que fallaran todas las barreras de mitigación. Por último, en el lado derecho del diagrama se identifican las posibles consecuencias más favorables por el área superior, hasta el peor de los escenarios en la parte inferior.



El desarrollo de diagramas BowTie se enmarca en la implementación de sistemas de gestión de los riesgos organizacionales, si bien estas metodologías también son aplicables al área de riesgos financieros, sus orígenes se remontan a la investigación de accidentes.

El diagrama BowTie permite identificar las causas, consecuencias y barreras necesarias para el control de riesgos organizacionales. Los resultados del BowTie son insumos esenciales para la implementación de la mejora continua dentro del sistema de gestión de riesgos de la organización para lograr un estado aceptable de riesgo para el desarrollo del proceso de la organización.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a la fundamentación realizada en la introducción de este trabajo, el principal motivo de esta investigación es analizar los riesgos asociados a la excavación minera con TBM, dentro de las mineras de Chile.

Por otra parte, se identificaron barreras de detección como el circuito cerrado de televisión que puede optimizarse por medio de la implementación de procedimientos de respuesta ante la detección de una pérdida de material desde el acopio de marina y/o desde las cintas transportadoras a lo largo de su recorrido.

Si bien las causas identificadas se relacionan directamente con la excavación minera, no se puede atribuir que solo la marina desencadene una pérdida de material dentro de las mineras. Una vez se explota el mineral, afectan directamente con el medio ambiente que impactan el suelo, el agua y el aire, así como se puede resaltar alteraciones como drenaje ácido, contaminación hídrica, por lo que se recomienda para futuras investigaciones, realizar un posible estudio de trazabilidad para la explotación minera y así describir el comportamiento. También cabe destacar que al cierre de estudio, no se encontró información que le atribuyan un grado de toxicidad de la minería para el medio ambiente así como para el ser humano, sin embargo las comunidades afectadas aluden al impacto turístico que genera la explotación minera.



Estimación económica simple

| PARTIDA | DESCRIPCIÓN | UNID | P.UNITARIO | CANT | TOTAL |
|---------|-----------------------------|------|------------|------|---------------|
| 1 | Instalación de Faena | | | | |
| 1.1 | Movilización | GL | 15.000.000 | 1 | \$ 15.000.000 |
| 1.2 | Desmovilización | GL | 15.000.000 | 1 | \$ 15.000.000 |

| | | | | | |
|-----|--|----|---------------|---|------------------|
| 2 | Equipo de trabajo Especialistas | | | | |
| 2.1 | Dotacion de Trabajo 100 personas | GL | 1.000.000.000 | 1 | \$ 1.000.000.000 |

| | | | | | |
|-----|-------------------------------|----|-------------|---|----------------|
| 3 | Equipos y herramientas | | | | |
| 3.1 | Equipos y herramientas | GI | 150.000.000 | 1 | \$ 150.000.000 |

| | | | | | |
|-----|----------------------|----|-------------|---|----------------|
| 4 | EPP | | | | |
| 4.1 | EPP Personal y apoyo | GI | 100.000.000 | 1 | \$ 100.000.000 |

| | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|-------------------------|
| SUB-TOTAL | | | | | \$ 1.480.000.000 |
|------------------|--|--|--|--|-------------------------|

| | | | | | |
|-----|--------------------------------------|----|-------------|---|----------------|
| 5 | Gastos Generales y Utilidades | | | | |
| 5.1 | GG | GL | 200.000.000 | 1 | \$ 200.000.000 |
| 5.2 | Utilidad | % | 15% | | |

| | |
|-------------------|-------------------------|
| TOTAL NETO | \$ 1.480.000.000 |
|-------------------|-------------------------|

| | |
|-------------------------------------|----------------------|
| Gastos operacionales anuales | \$123.300.300 |
|-------------------------------------|----------------------|

Figura 15 Estimación económica simple – Elaboración propia

CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrolló un análisis de riesgos en el proceso de excavación minera de túneles con TBM, donde se identificaron las causas que pueden desencadenar la pérdida de material durante la operación de la TBM, dicha identificación de causas se llevó a cabo por medio de la aplicación conjunta de las metodologías Árbol de Fallos, Árbol de eventos y BowTie. Estas tres técnicas tienen en común que son metodologías gráficas que facilitan el análisis y entendimiento de los modos de falla que desencadenan en un evento mayor (excavación minera), pudiéndose además relacionar con eventos catastróficos que han sucedido a lo largo de los años en el rubro de la minería, situación que afecta a los pueblos cercanos del área minera.

En el proceso de excavación minera se analizaron específicamente las actividades que involucraban directamente la manipulación de marina.

Para la etapa de aplicación de las tres metodologías utilizadas fue necesario analizar el proceso de explotación desde el retiro de marina hacia las tolvas que a su vez transfieren el mineral a una correa transportadora que lo conduce hasta su almacenamiento en tierra.



Se identificaron los peligros asociados al proceso en apoyo de matriz de riesgos y análisis Bow tie donde se hace referencia al problema inicial junto con sus causas y consecuencias.

Para finalizar, la manipulación de marina dentro de la minería constituye una actividad crítica, tanto por los impactos ambientales como por la responsabilidad del área. La responsabilidad socio-ambiental de las organizaciones cada vez toma más fuerza, debido a consideraciones legales o el rol fiscalizador de las comunidades, factor preponderante para un desarrollo seguro de inversiones a cualquier nivel. Es ahí donde recae la importancia de una evaluación de riesgos eficaz de las organizaciones.

BIBLIOGRAFIA

- [1] E. construcción, «Tuneles con TBM en Chile,» *EMB*, p. 6, Diciembre 2015.
- [2] C. E. R. Toro, Artist, *Desafíos Geomecánicos para el uso de TBM en minería de Chile*. [Art]. Universidad de Chile facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería en minas, 2016.
- [3] C. S. L. Sepulveda, Artist, *Análisis de riesgo en el proceso constructivo de tuneles construidos con TBM*. [Art]. Universidad de Chile facultad de ciencias físicas y matemáticas, departamento de ingeniería civil, 2021.
- [4] J. C. G. Torralbo, «Fueyo Editores,» 01 Agosto 2017. [En línea].
- [5] Miteco, «Análisis de riesgo,» Miteco.
- [6] E. e. d. excelencia, «Escuela europea de excelencia,» [En línea]. Available: <https://www.escuelaeuropeaexcelencia.com/2016/07/gestion-de-riesgos-identificacion-analisis/>. [Último acceso: 28 diciembre 2021].



ANEXOS

Anexo 1: Matriz de riesgos STRABAG

| Código: 1000-010-011 Rev: 11 | | Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos. | | | | | | | | | | STRABAG | | | | | | | |
|--|---------------------------------|---|----------------------------|--|---------------------|---|------------------|-----------------|---|-------------------------------|---|--------------|----------------------------------|-------------------------------|---|----------------|---|----|---|
| Área: Ingeniería y Construcción | | | | Proceso: Puesta en marcha y operación TBM | | | | VOLVER A INDICE | | | | | | | | | | | |
| Nº | Tarea | Identificación de Peligros | | Licitación/Exclusividad/SLI/SL | Daño o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Cuerpo Legal Aplicable | | | | |
| | | Tipo Tarea | Identificación de Peligros | | | Riesgo | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | | Exposición (E) | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | | | | Exposición (E) | | | |
| 1.1 | Comprobar depósitos de líquidos | NR | D-I | Golpeado por | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-003, punto 5- "Generalidades", 6- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | Art. 184 del Código del Trabajo, Art. 68 de la Ley 16.744, Art. 21 D.S.40, RICHIS |
| | | | | No usar elementos de protección personal. | L | Inflación cutánea, dermatitis por contacto con sustancias | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de gestión de sustancias peligrosas OSM-PCD-004, punto 7.1.3 "Rotulación e identificación de sustancias peligrosas", punto 7.1.3.1 "Uso de sustancias peligrosas". Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-003, punto 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | L | Caída dentro nivel | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSS-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. | CICA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | |
| | | | | No usar sistema de protección contra caídas. | L | Caída de altura (Sobre 1,8) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSS-PCD-003, punto 7.1 "Trabajos en altura", punto 7.1.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de banderas de protección", Anexo 2 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 3 "líneas de vida", Anexo 4 "Protección de vientos", Anexo 5 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de levante". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | L | Caída al mismo nivel | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-003, punto 5- "Generalidades", 6- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos según HSS-RIT-077 Item 81, Art 103 DS 58MINERAL "De la iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CICA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento según el acuerdo a Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSS-PLN-001. | CA | |
| | | | | No bloquear energías | L | Atropamiento | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de asociación y bloqueo de energías HSS-PCD-017, punto 7.3.3 "Proceso de secuencia". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |
| | | | | Contacto con energía eléctrica | L | Muerte, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de asociación y bloqueo de energías HSS-PCD-017, punto 7.3.3 "Proceso de secuencia". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |
| | | | | Contacto con líquidos calientes | L | Quemaduras de diferentes grados | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-003, punto 5- "Generalidades", 6- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |
| No usar elemento de protección personal. | L | Golpeado por | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-003, punto 5- "Generalidades", 6- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | | |

| Código: 1000-010-011 Rev: 11 | | Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos. | | | | | | | | | | STRABAG | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------------|--|---------------------|---|------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------|---|--------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------|--|----|---|
| Área: Ingeniería y Construcción | | | | Proceso: Puesta en marcha y operación TBM | | | | VOLVER A INDICE | | | | | | | | | | | |
| Nº | Tarea | Identificación de Peligros | | Licitación/Exclusividad/SLI/SL | Daño o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Cuerpo Legal Aplicable | | | | |
| | | Tipo Tarea | Identificación de Peligros | | | Riesgo | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | | Exposición (E) | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | | | | Exposición (E) | | | |
| 1.2 | Llenar bombas con líquido hidráulico | NR | D-I | Contacto con Sustancias Peligrosas | L | Inflación cutánea, dermatitis por contacto con sustancias | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de gestión de sustancias peligrosas OSM-PCD-004, punto 7.1.3 "Rotulación e identificación de sustancias peligrosas", punto 7.1.3.1 "Uso de sustancias peligrosas". Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-003, punto 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | Art. 184 del Código del Trabajo, Art. 68 de la Ley 16.744, Art. 21 D.S.40, RICHIS |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | L | Caída dentro nivel | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSS-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. | CICA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | |
| | | | | No usar sistema de protección contra caídas. | L | Caída de altura (Sobre 1,8) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSS-PCD-003, punto 7.1 "Trabajos en altura", punto 7.1.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de banderas de protección", Anexo 2 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 3 "líneas de vida", Anexo 4 "Protección de vientos", Anexo 5 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de levante". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | L | Caída al mismo nivel | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-003, punto 5- "Generalidades", 6- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos según HSS-RIT-077 Item 81, Art 103 DS 58MINERAL "De la iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CICA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento según el acuerdo a Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industria HSS-PLN-001. | CA | |
| | | | | No bloquear energías | L | Atropamiento | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de asociación y bloqueo de energías HSS-PCD-017, punto 7.3.3 "Proceso de secuencia". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |
| | | | | Contacto con energía eléctrica | L | Muerte, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de asociación y bloqueo de energías HSS-PCD-017, punto 7.3.3 "Proceso de secuencia". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |
| | | | | Golpeado por | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-003, punto 5- "Generalidades", 6- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | |



Código: 100-001-011
Rev.: 11

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción | Proceso: Puesta en marcha y operación TBM

VOLVER A INICIO

| Nº | Tarea | Tipo Tarea | | Peligro | Riesgo | Letalidad (L) o Infecciosidad (I) o Afectación (A) | Detalle o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Jerarquización de Peligros | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Jerarquización de Peligros | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Jerarquización de Peligros | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | | | |
|-----|---|---------------------------------|---|--|-----------------------------|--|--|------------------------------|--------------|---|---|---|--------------|--|----------------------------------|-------------------------------|--|---|----------------------------------|---|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------|--|
| | | Numero (N) de Trabajadores (NT) | Personal Directivo (D) o Indirectivo (DI) | | | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Inicial (MII) (P x G x NT) | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Residual (MIR) (P x G x NT) | | | | | | | | | | | | | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Residual (MIR) (P x G x NT) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | Llenar circuito de gas de acumulador hidráulico | NR | DI | No usar tres puntos de apoyo. | Caida distinto nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSB-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | Art. 184 del Código de Trabajo, Art. 68 de la Ley 16.744, Art. 21 D.S. 40, RICHIS | | | | | | | | | | | |
| | | | | No usar sistema de protección contra caídas. | Caida de altura (Sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSB-PCD-009 punto 7.1 "trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura", 8.1 "Elementos de protección Personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "líneas de vida", Anexo 7 "Protección de varas", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de avance". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo a Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caida al mismo nivel | L | Contusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos según HSB-RDIT-077 Item 8.1, Art 103 DS 84/MINSA, "De la Iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo a Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Condiciones mal acomodadas o sin placa de seguridad | Golpeado por | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSB-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva", Anexo 1 "Informe Técnico 3MF". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos según HSB-RDIT-077 Item 8.1, Art 103 DS 84/MINSA, "De la Iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| 1.4 | Revisión sistema de aire comprimido | NR | DI | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad Profesional, Hipocacusia | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSB-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva", Anexo 1 "Informe Técnico 3MF". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos según HSB-RDIT-077 Item 8.1, Art 103 DS 84/MINSA, "De la Iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caida al mismo nivel | L | Contusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos según HSB-RDIT-077 Item 8.1, Art 103 DS 84/MINSA, "De la Iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo a Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | No usar sistema de protección contra caídas. | Caida de altura (Sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSB-PCD-009 punto 7.1 "trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura", 8.1 "Elementos de protección Personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "líneas de vida", Anexo 7 "Protección de varas", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de avance". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caida distinto nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSB-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | Personal no autorizado | | | Atropamiento | L | Lesiones graves, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de adición y bloqueo de energías HSB-PCD-017, punto 7.3.7 "Proceso de secuencia". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | | |

Código: 100-001-011
Rev.: 11

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción | Proceso: Puesta en marcha y operación TBM

VOLVER A INICIO

| Nº | Tarea | Tipo Tarea | | Peligro | Riesgo | Letalidad (L) o Infecciosidad (I) o Afectación (A) | Detalle o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Jerarquización de Peligros | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Jerarquización de Peligros | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Jerarquización de Peligros | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | | | |
|--------|--------------------|---------------------------------|---|--|-------------------------------------|--|--|------------------------------|--------------|---|---------------------------|---|--------------|--|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------|--|
| | | Numero (N) de Trabajadores (NT) | Personal Directivo (D) o Indirectivo (DI) | | | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Inicial (MII) (P x G x NT) | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Residual (MIR) (P x G x NT) | | | | | | | | | | | | | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Residual (MIR) (P x G x NT) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.5 | Pruebas eléctricas | R | DI | Participando en la puesta en marcha | Contacto con energía eléctrica | L | Muerte, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de adición y bloqueo de energías HSB-PCD-017, punto 7.3.7 "Proceso de secuencia". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | No usar elementos de protección personal. | Golpeado por | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caida distinto nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSB-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | No usar sistema de protección contra caídas. | Caida de altura (Sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSB-PCD-009 punto 7.1 "trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura", 8.1 "Elementos de protección Personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "líneas de vida", Anexo 7 "Protección de varas", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de avance". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caida al mismo nivel | L | Contusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos según HSB-RDIT-077 Item 8.1, Art 103 DS 84/MINSA, "De la Iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo a Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA | | | | | | | | | | | | |
| Act. 2 | EXCAVACION con TBM | | | No bloquear energías | Atropamiento | L | Lesiones graves, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de adición y bloqueo de energías HSB-PCD-017, punto 7.3.7 "Proceso de secuencia", 7.3.8 "Ausencia del propietario de la tarea". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | No usar elementos de protección personal. | Golpeado por | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Acción deficiente de flechas hidráulicas | Proyección de sustancias peligrosas | L | Irritación cutánea, Dermatitis por contacto con sustancias | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de EPP. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Chequeo de control de aceite y presión de flechas hidráulicas de forma periódica. | CIVCA | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad Profesional, Hipocacusia | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSB-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva", Anexo 1 "Informe Técnico 3MF". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos según HSB-RDIT-077 Item 8.1, Art 103 DS 84/MINSA, "De la Iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento del personal. | CA | | | | | | | | | | | | |



Código: 100-007-001
Rev: 11

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción | Proceso: Puesta en marcha y operación, ISM

VOLVER A ÍNDICE

| Nº | Tarea | Identificación de Peligros | | Tipo de Evento | Riesgo | Definición del Peligro | Definición del Dato o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Control | | Código Legal Aplicado | | | |
|-----|--|----------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------|------------------------|--|------------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------|--|--------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------|--|----------------|---|----------------|
| | | Número (D) de Identificación (D) | Descripción (D) de Identificación (D) | | | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Riesgo Inicial (M) | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Riesgo Residual (M) | | Definición del Programa de Control (P) | Evaluación (E) | | Evaluación (E) | Definición del Programa de Control (P) | Evaluación (E) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | Perforaciones exploratorias e inyección de macizo rocoso | R | D-I | Área de trabajo con jolín en suspensión, sobre límites permitibles | Exposición a Polvo | E | Enfermedad profesional (Silicosis) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a sílice HSS-PLAN-012, punto 11- "Programa de protección respiratoria". Anexo 3 "Informe de evaluación N° ETP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a polvo sílice verificados. Trabajadores exuestos a polvo sílice con vigilancia epidemiológica. Uso de respirador con filtro de acuerdo al contaminante. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | Art. 184 del Trabajo, Art. 68 de la Ley 16.744, Art. 21 D.S.40, RICHIS. | |
| | | | | Levantar más de 20 kg. de forma manual. | Traumatismo musculoesquelético | L | Lumbago u otras afecciones | 8 | 4 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar para el manejo manual de carga HSS-EST-006. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con cumplimiento de requisitos legales HSS-ROT-077 ítem 101 al 105 Ley 20.001 Ministerio de trabajo y previsión social. | CIVCA | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSS-PLAN-001. | CA | | |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caída distinto nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSS-EST-102 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | | |
| | | | | No usar sistema de protección contra caídas. | Caída de altura (Sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSS-PCD-005, punto 7.1 "Trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura, 8.1 "Elementos de protección Personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de levante". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caída al mismo nivel | L | Contusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos legales HSS-ROT-077 ítem 81, Art. 103 D.S 584MINAL, "De la iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSS-PLAN-001. | CA | | |
| 2.2 | Extracción marma desde la frente hacia Back Up's | R | D-I | Área de trabajo con ruido, sobre límites permitibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad Profesional, Hipoacusia | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSS-PLAN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva". Anexo 1 "Informe Técnico MAF". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a ruido verificados. Trabajadores exuestos a ruido sobre los límites de acción con vigilancia epidemiológica. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | Art. 68 de la Ley 16.744, Art. 21 D.S.40, RICHIS. | |
| | | | | No usar sistema de protección contra caídas. | Caída de altura (Sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores. | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSS-PCD-005, punto 7.1 "Trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura, 8.1 "Elementos de protección Personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de levante". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caída al mismo nivel | L | Contusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos legales HSS-ROT-077 ítem 81, Art. 103 D.S 584MINAL, "De la iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSS-PLAN-001. | CA | | |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caída distinto nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSS-EST-102 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | | |
| | | | | Sistema sonoro que indica movimientos sin funcionar. | Atrapamiento | L | Lesiones graves, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer tipo de alarmas y sus indicaciones en caso de falla. Realizar partes móviles y sellarizar puntos de atrapamiento. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| 2.3 | Área de TBM con movimientos de cilindros horizontales | R | D-I | No usar sistema de protección contra caídas. | Caída de altura (Sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSS-PCD-005, punto 7.1 "Trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura, 8.1 "Elementos de protección Personal para trabajos en altura, 8.1 "Elementos de protección Personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de levante". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | Art. 184 del Trabajo, Art. 68 de la Ley 16.744, Art. 21 D.S.40, RICHIS. | |



Código: 1006-001-013
Rev: 13

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción | Proceso: Puesta en marcha y operación TBM

VOLVER A ÍNDICE

| Nº | Tarea | Tipo Tarea Recurrente (R) / No Recurrente (NR) | Identificación de Peligros | | Letras o Símbolos de Peligros | Detalle o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | |
|-----|-----------------|---|----------------------------|--|-------------------------------------|------------------------|---|--------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|----|
| | | | Peligro | Riesgo | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Riesgo Inicial (PMI) | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Riesgo Residual (PMR) | | | | | | |
| 2.4 | Mapas del túnel | R | D-I | Área de trabajo con polvo en suspensión, sobre límites permisibles | Exposición a Polvo | E | Enfermedad profesional (Silicosis) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a polvo HSS-PLN-012, punto 11- "Programa de protección respiratoria", Anexo 3 "Informe de evaluación N° 079". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a polvo silíceo identificados. Trabajadores expuestos a polvo silíceo con vigilancia epidemiológica. Uso de respirador con filtro de acuerdo al contaminante. Personal con competencias acreditadas. Uso de supresores de polvo en caídas de corte. | CICAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad profesional, Hipoacusia | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSS-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva", Anexo 1 "Informe Técnico 3M". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a ruido identificados. Trabajadores expuestos a ruido sobre los niveles de acción con vigilancia epidemiológica. Personal con competencias acreditadas. | CICAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Acople deficiente de flexibles hidráulicos | Proyección de sustancias peligrosas | L | Inflamación cutánea, dermatitis por contacto con sustancias | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Chequear correcto acople y prensado de flexibles hidráulicos de forma periódica. | CICA | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caída distinto nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSS-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. | CICA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA |
| | | | | No usar elementos de protección contra caídas. | Caída de altura (sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores. | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSS-PCO-001, punto 7 "Trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal para trabajos en altura", 8 "Elementos de protección personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "Línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de elevación". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | No usar elementos de protección personal. | Golpeado por o contra | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-005, punto 6 "Elementos de protección personal", punto 6.1 "Requisitos de EPP", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "Línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de elevación". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caída al mismo nivel | L | Contusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSS-EST-005, punto 6 "Elementos de protección personal", punto 6.1 "Requisitos de EPP", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "Línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 8 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de elevación". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CICAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSS-PLN-011. | CA |
| | | | | Ingresar a sectores sin autorización | Atrapamiento | L | Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimientos de operación de TBM 889 y 887. Conocer sistemas de monitoreo que indiquen movimientos de la TBM. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Posicionarse bajo área sin fortalecer | Aplastamiento por caída de rocas | L | Lesiones graves, contusiones | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento DAB-PCO-002 Fortificación, pértiga, malta y shotcrete. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |

Código: 1006-001-013
Rev: 13

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción | Proceso: Puesta en marcha y operación TBM

VOLVER A ÍNDICE

| Nº | Tarea | Tipo Tarea Recurrente (R) / No Recurrente (NR) | Identificación de Peligros | | Letras o Símbolos de Peligros | Detalle o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | |
|-----|------------------------------|---|----------------------------|--|-------------------------------------|------------------------|---|--------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|----|
| | | | Peligro | Riesgo | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Riesgo Inicial (PMI) | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Riesgo Residual (PMR) | | | | | | |
| 3.1 | Perforación de cajas y techo | R | D-I | Área de trabajo con polvo en suspensión, sobre límites permisibles | Exposición a Polvo | E | Enfermedad profesional (Silicosis) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a polvo HSS-PLN-012, punto 11- "Programa de protección respiratoria", Anexo 3 "Informe de evaluación N° 079". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a polvo silíceo identificados. Trabajadores expuestos a polvo silíceo con vigilancia epidemiológica. Uso de respirador con filtro de acuerdo al contaminante. Personal con competencias acreditadas. Uso de supresores de polvo en caídas de corte. | CICAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad profesional, Hipoacusia | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSS-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva", Anexo 1 "Informe Técnico 3M". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a ruido identificados. Trabajadores expuestos a ruido sobre los niveles de acción con vigilancia epidemiológica. Personal con competencias acreditadas. | CICAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Ingresar a sectores sin autorización | Atrapamiento | L | Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimientos de operación de TBM 889 y 887. Conocer sistemas de monitoreo que indiquen movimientos de la TBM. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Acoplamiento de conductores en mal estado. | Contacto con energía eléctrica | L | Muerte, Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Chequear periódicamente el estado de la aislación de los conductores eléctricos. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. | CICA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Levantar más de 50 kg de forma manual. | Traumatismos musculoesqueléticos | L | Lumbago u otras similares | 8 | 4 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar para el manejo manual de carga HSS-EST-006. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. Cumplimiento de requisitos legales HSS-ROU-017 Item 8.1, Art 103 D.S. 04/2016, "De la iluminación", "Mantenimiento orden y aseo en los sectores de trabajo". | CICA | 1 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSS-PLN-001. | CA |
| | | | | Flexibles hidráulicos en mal estado. | Proyección de sustancias peligrosas | L | Inflamación cutánea, dermatitis por contacto con sustancias | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Lista de chequeo de equipos previo a ser utilizados. Mantenimiento a días de equipos. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Uso de protección ocular permanente. | CICAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Área de trabajo con polvo en suspensión, sobre límites permisibles | Exposición a Polvo | E | Enfermedad profesional (Silicosis) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a polvo HSS-PLN-012, punto 11- "Programa de protección respiratoria", Anexo 3 "Informe de evaluación N° 079". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a polvo silíceo identificados. Trabajadores expuestos a polvo silíceo con vigilancia epidemiológica. Uso de respirador con filtro de acuerdo al contaminante. Personal con competencias acreditadas. | CICAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad profesional, Hipoacusia | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSS-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva", Anexo 1 "Informe Técnico 3M". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a ruido identificados. Trabajadores expuestos a ruido sobre los niveles de acción con vigilancia epidemiológica. Personal con competencias acreditadas. | CICAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caída distinto nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSS-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charra de seguridad diaria. | CICA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de superiores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA |



Código: ISS-007-001
Rev: 11

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción

Proceso: Puesta en marcha y operación TBM

VOLVER A ÍNDICE

| Nº | Tarea | Identificación de Peligros | | Peligro | Riesgo | Letalidad o Infecciosidad El Nivel | Daño o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Jerarquización Medidas de Control | Cuerpo Legal Aplicable | | | | | |
|----|--|-----------------------------|---------------------------|---|--|---------------------------------------|---|------------------------------|--|--|---------------------------|--|---|---|--|--------------------------------------|---------------------------|---|---|--|--|----|
| | | Rutina (P) No Rutina (R) | Normal (D) No Normal (DI) | | | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Inicial (P x G x T) (P x G x T) (P x G x T) | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Residual (P x G x T) (P x G x T) (P x G x T) | | | | | | | | |
| 14 | Instalación de malta | R | DI | Levantar más de 50 kg de forma manual. | Trastornos musculoesqueléticos | L | Lumbago u otras similares | 8 | 4 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar para el manejo manual de carga HSB-EST-006. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. Cumplimiento de requisitos legales HSB-RDT-077 Item 101 a 105 Ley 20.001 Ministerio de trabajo y previsión social. | CIUCA | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA | Art. 184 del Código del Trabajo, Art. 68 de la Ley 16.744, Art. 21 D.S.40, RICHS | | |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caída dentro nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSB-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | | | |
| | | | | No usar sistema de protección contra caídas. | Caída de altura (Sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores. | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSB-PCC-009, punto 7.1 "trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura", 8.1 "Elementos de protección personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 9 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de levante". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caída al mismo nivel | L | Contusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos legales HSB-RDT-077 Item 81, Art. 103 DS 54MINISAL "De la Iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIUCA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA | | | |
| | | | | No usar elementos de protección personal. | Contacto con elementos punzantes / cortantes / corchales | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | | |
| | | | | | Golpeado por o contra | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | | |
| | | | | | Instalar malta con la TBM funcionando | | Atrapamiento | L | Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimientos de operación de TBM 889 y 887. Conocer sistemas sonoros luminosos que indiquen movimientos de la TBM. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. Esta tarea se debe efectuar con la TBM detenida. | CA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caída dentro nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSB-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | | CA | |
| | No usar sistema de protección contra caídas. | Caída de altura (Sobre 1.8) | L | Muertes, Contusiones, lesiones traumáticas mayores. | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento para trabajos en altura y protección contra caídas HSB-PCC-009, punto 7.1 "trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura", 8.1 "Elementos de protección personal para trabajos en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 9 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de levante". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | | | | | |

Código: ISS-007-001
Rev: 11

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción

Proceso: Puesta en marcha y operación TBM

VOLVER A ÍNDICE

| Nº | Tarea | Identificación de Peligros | | Peligro | Riesgo | Letalidad o Infecciosidad El Nivel | Daño o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Medidas de Control a Implementar | Jerarquización Medidas de Control | Cuerpo Legal Aplicable | | |
|---|---|----------------------------|---------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|--|--|---------------------------|---|--------------|---|--|--------------------------------------|---------------------------|---|----|
| | | Rutina (P) No Rutina (R) | Normal (D) No Normal (DI) | | | | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Inicial (P x G x T) (P x G x T) (P x G x T) | | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Impacto Residual (P x G x T) (P x G x T) (P x G x T) | | | | | |
| 3.6 | Instalación de anillos de fortificación | R | DI | Instalar anillos de fortificación con la TBM funcionando | Atrapamiento | L | Contusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimientos de operación de TBM 889 y 887. Conocer sistemas sonoros luminosos que indiquen movimientos de la TBM. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. Esta tarea se debe efectuar con la TBM detenida. | CA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | No usar elementos de protección personal. | Golpeado por o contra | L | Contusiones, lesiones leves | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caída al mismo nivel | L | Contusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de elementos de protección personal HSB-EST-005, punto 5- "Generalidades", 8- "Selección y uso de EPP", 11- "Recomendaciones", 12- "Matriz de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos legales HSB-RDT-077 Item 81, Art. 103 DS 54MINISAL "De la Iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIUCA/EPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA |
| | | | | Levantar más de 50 kg de forma manual. | Trastornos musculoesqueléticos | L | Lumbago u otras similares | 8 | 4 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar para el manejo manual de carga HSB-EST-006. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. Cumplimiento de requisitos legales HSB-RDT-077 Item 101 a 105 Ley 20.001 Ministerio de trabajo y previsión social. | CIUCA | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA |
| | | | | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles. | Exposición a Ruido | E | Enfermedad profesional, hipoacusia | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSB-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva", Anexo 1 "Informe Técnico SNT, PCC-009, punto 7.1 "trabajos en altura", punto 7.3 "Inspección de los sistemas o equipos de protección personal contra caídas en altura", Anexo 1 "Sistema de bandas de protección", Anexo 3 "Sistema personal de protección contra caídas", Anexo 5 "línea de vida", Anexo 7 "Protección de vanos", Anexo 9 "Certificación de plataformas de seguridad para equipos de levante". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a ruido identificado. Trabajadores puestos a ruido sobre los niveles de acción con vigilancia epidemiológica. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA/EPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |
| | Área de trabajo con polvo en suspensión, sobre límites permisibles. | Exposición a Polvo | E | Enfermedad profesional (Silicosis) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a sílice HSB-PLN-012, punto 11.1 "Programa de protección respiratoria", Anexo 3 "Formulario de evaluación N° STP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a polvo sílice identificado. Trabajadores puestos a polvo sílice con vigilancia epidemiológica. Uso de respirador con filtro de acuerdo al contaminante. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA/EPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | | |
| ANEXO 4 - SUMINISTRO DE MATERIALES E INSUMOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caída dentro nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSB-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA |
| | | | | Levantar más de 50 kg de forma manual. | Trastornos musculoesqueléticos | L | Lumbago u otras similares | 8 | 4 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar para el manejo manual de carga HSB-EST-006. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. Cumplimiento de requisitos legales HSB-RDT-077 Item 101 a 105 Ley 20.001 Ministerio de trabajo y previsión social. | CIUCA | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA |
| | | | | No respetar | Colisión / Choque | L | Muerte, Contusiones, lesiones traumáticas mayores. | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de tránsito interior HSB-PCC-018, punto 7- "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIUCA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento del programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA |



Código: 100-RIOT-001 Rev. 11

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción Proceso: Puesta en marcha y operación TBM

VOLVER A INICIO

Main risk matrix table with columns for identification of hazards, risk evaluation, and controls. Includes rows for transport of materials, manual work, and use of ladders.

Código: 100-RIOT-001 Rev. 11

Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.



Área: Ingeniería y Construcción Proceso: Puesta en marcha y operación TBM

VOLVER A INICIO

Main risk matrix table with columns for identification of hazards, risk evaluation, and controls. Includes rows for manual work, use of ladders, and deficient lighting.

Área: Ingeniería y Construcción | Proceso: Puesta en marcha y operación, TBM

[VOLVER A ÍNDICE](#)

| Nº | Tarea | Identificación de Peligros | | Lugar y Situación | Daño o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Controles | | Medidas de Control a Implementar | Jerarquización de Peligros, Consecuencias y Riesgos | EPP's Específicos de Protección Personal | Cuerpo Legal Aplicable | | | |
|-----|--|----------------------------|---------|--|----------------------------|------------------------------|--|--------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------|---|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|--|---|-------------------------------|--|----------------------------|
| | | Tipo Tarea | Peligro | | | Riesgo | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | | Magnitud del Riesgo Inicial (P x G) | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Riesgo Residual (P x G) | Jerarquización de Peligros | | | | | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Jerarquización de Peligros |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.1 | Transporte de materiales con Camión Multipropósito | R | D-I | Procedimiento de tránsito interior túnel. | Atrapelo | L | Muerte, Confusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar procedimiento de tránsito interior túnel HSB-PCD-018, punto 7- "Metodología". Punto 0 "De estar". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | Art. 184 del Código del Trabajo, Art. 58 de la Ley 16.744, Art.21 D.S.40, R.OHS. | |
| | | | | Ductos de combustible en mal estado. | Incendio | L | Desde lesiones leves a graves, incluida la muerte. | 4 | 8 | 32 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Aplicar procedimiento de mantenimiento de equipos "MANPCO-001", punto 7- "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CA | 4 | 4 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad Profesional, Hipoacusis | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSB-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva". Anexo 1 "Informe Técnico 3M". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a ruido identificados. Trabajadores expuestos a ruido sobre los niveles de acción con vigilancia epidemiológica. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Área de trabajo con polvo en suspensión, sobre límites permisibles | Exposición a Polvo | E | Enfermedad profesional (Silicosis) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a sílice HSB-PLN-012, punto 11- "Programa de protección respiratoria". Anexo 3 "Informe de evaluación N° 579". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a polvo sílice identificados. Trabajadores expuestos a polvo sílice con vigilancia epidemiológica. Uso de respirador con filtro de acuerdo al contaminante. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Ventilación deficiente | Exposición a gases tóxicos | L | Muerte por intoxicación, mareos, pérdida de conciencia. | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Aplicar procedimiento de medición de gases en túneles HSB-PCD-005", punto 7- "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| 4.2 | Uso de grúas y Flyer para transporte de materiales | R | D-I | Exponer extremidades a zonas de atrapamiento. | Atrapamiento | L | Muerte, lesiones graves, Confusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. No exponer extremidades entre elementos de zaje y la carga. Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA | 1 | 8 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | Art. 184 del Código del Trabajo, Art. 58 de la Ley 16.744, Art.21 D.S.40, R.OHS. | |
| | | | | Posicionarse bajo carga suspendida. | Aplastamiento | L | Muerte, Confusiones, lesiones traumáticas mayores | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar Procedimiento General de zaje ECW-PCD-003, punto 7 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Personal con competencias acreditadas. | CIVCA/SE | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad Profesional, Hipoacusis | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSB-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva". Anexo 1 "Informe Técnico 3M". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a ruido identificados. Trabajadores expuestos a ruido sobre los niveles de acción con vigilancia epidemiológica. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Área de trabajo con polvo en suspensión, sobre límites permisibles | Exposición a Polvo | E | Enfermedad profesional (Silicosis) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a sílice HSB-PLN-012, punto 11- "Programa de protección respiratoria". Anexo 3 "Informe de evaluación N° 579". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a polvo sílice identificados. Trabajadores expuestos a polvo sílice con vigilancia epidemiológica. Uso de respirador con filtro de acuerdo al contaminante. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | No usar tres puntos de apoyo. | Caída dentro nivel | L | Lesiones traumáticas mayores | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSB-EST-002 punto 6 "Metodología". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. | CIVCA | 1 | 4 | 4 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. | CA | | |

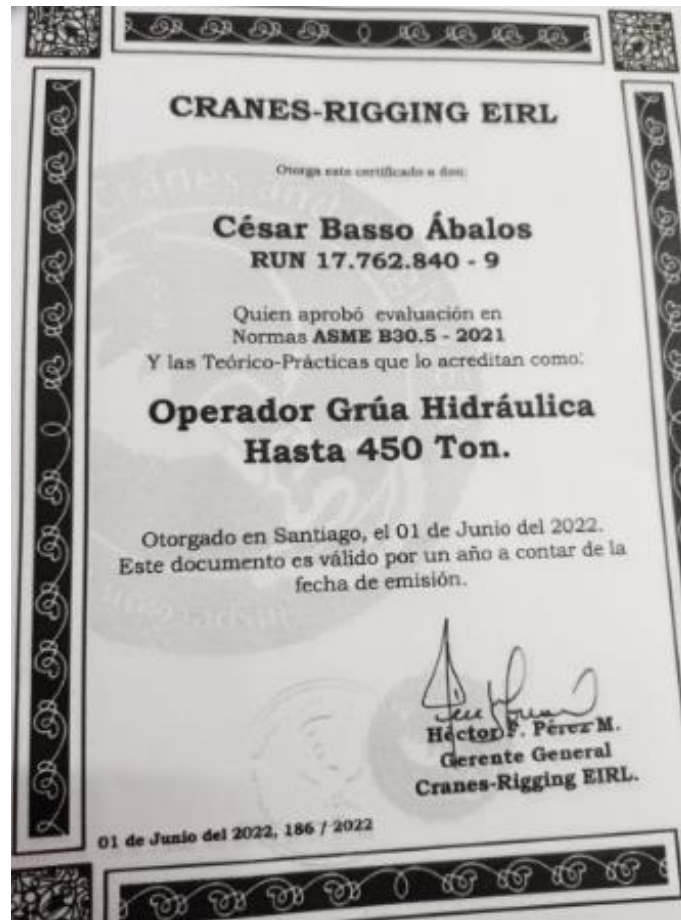
Área: Ingeniería y Construcción | Proceso: Puesta en marcha y operación, TBM

[VOLVER A ÍNDICE](#)

| Nº | Tarea | Identificación de Peligros | | Lugar y Situación | Daño o Consecuencia | Evaluación de Riesgo Inicial | | | Medidas de Control Actual | Evaluación de Riesgo Residual | | | Controles | | Medidas de Control a Implementar | Jerarquización de Peligros, Consecuencias y Riesgos | EPP's Específicos de Protección Personal | Cuerpo Legal Aplicable | | | |
|----|-------|----------------------------|---------|--|----------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------|---|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|--|--|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | Tipo Tarea | Peligro | | | Riesgo | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | | Magnitud del Riesgo Inicial (P x G) | Probabilidad (P) | Gravedad (G) | Magnitud del Riesgo Residual (P x G) | Jerarquización de Peligros | | | | | Evaluación de Riesgo Residual | Medidas de Control a Implementar | Jerarquización de Peligros |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Área de trabajo con ruido, sobre límites permisibles | Exposición a Ruido | E | Enfermedad Profesional, Hipoacusis | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a ruido HSB-PLN-013, punto 10 "Programa de protección auditiva". Anexo 1 "Informe Técnico 3M". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a ruido identificados. Trabajadores expuestos a ruido sobre los niveles de acción con vigilancia epidemiológica. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Área de trabajo con polvo en suspensión, sobre límites permisibles | Exposición a Polvo | E | Enfermedad profesional (Silicosis) | 4 | 8 | 32 | NA | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar plan de gestión de riesgo por exposición a sílice HSB-PLN-012, punto 11- "Programa de protección respiratoria". Anexo 3 "Informe de evaluación N° 579". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Puestos de trabajo con exposición a polvo sílice identificados. Trabajadores expuestos a polvo sílice con vigilancia epidemiológica. Uso de respirador con filtro de acuerdo al contaminante. Personal con competencias acreditadas. | CIVCAEPP | 2 | 8 | 16 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Cumplimiento de programa de capacitación y entrenamiento de personal. | CA | | |
| | | | | Iluminación deficiente en sector de trabajo. | Caída al mismo nivel | L | Confusiones leves, esguinces | 4 | 4 | 16 | A | Identificación de peligros y evaluación de riesgos. Conocer y aplicar estándar de uso de escalas HSB-EST-002 punto 6 "Metodología". "Recomendaciones". 8- "Selección y uso de EPP". 11- "Recomendaciones". 12- "Lista de necesidades de EPP". Realizar un AST antes del inicio de la tarea. Participar en la charla de seguridad diaria. Cumplimiento de requisitos legales HSB-RU "017 Item 31". Art.184 del Código del Trabajo, "De la iluminación". Mantener orden y aseo en los sectores de trabajo. | CIVCAEPP | 2 | 4 | 8 | A | Revisión y actualización de la matriz de riesgos. Actividades de programa de control de riesgo de supervisores y línea de mando. Revisión diaria de AST por parte de la línea de mando. Evaluaciones de cumplimiento legal de acuerdo al Plan de gestión de seguridad, salud ocupacional y seguridad industrial HSB-PLN-001. | CA | | |



Anexo 2: Certificado competencias Operador de Alta





Anexo 3: Reglamento seguridad minera

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=221064>

APRUEBA REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA

Santiago, 30 de diciembre de 2002.-.- Hoy se decreta lo que sigue:

Núm. 132.- Visto: lo dispuesto por el número 8 del artículo 2º y letra c) del artículo 9º del Decreto Ley Nº 3.525 y las facultades que me confiere el Nº 8 del artículo 32 de la Constitución Política del Estado. Y considerando que los adelantos tecnológico y la mayor exigencia ante las condiciones de nuestra industria extractiva minera, hacen necesario modernizar nuestros reglamentos,

Decreto :

Artículo primero: Introdúcense las siguientes modificaciones al Decreto Supremo Nº 72 de 1985 del Ministerio de Minería sobre Reglamento de Seguridad Minera:

1.- Incorpórese antes del artículo 1º el siguiente encabezado:

"TÍTULO I
DE LOS OBJETIVOS, CAMPO DE APLICACION Y
ATRIBUCIONES DEL SERVICIO

Capítulo Primero
Propósito y Alcances"

2.- Reemplazase el artículo 1, por el siguiente:

"Artículo 1.- El presente reglamento tiene como objetivo establecer el marco regulatorio general al que deben someterse las faenas de la Industria Extractiva Minera Nacional para:

- a) Proteger la vida e integridad física de las personas que se desempeñan en dicha Industria y de aquellas que bajo circunstancias específicas y definidas están ligadas a ella.
- b) Proteger las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones mineras, y por ende, la continuidad de sus procesos."