



## **REPORTE FINAL PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA: YESICA AMAIRANI CASILLAS FERNÁNDEZ

CARRERA: INGIENERIA INDUSTRIAL MIXTA

***ELABORACIÓN DE HOJAS DE TRABAJO ESTANDARIZADAS, APLICÁNDOLA EN EL ÁREA  
DE CANTERAS EN LA EMPRESA TRANSPORTES HIDRO HIDALGUENSES, S.A DE C.V.***

TRANSPORTES HIDRO HIDALGUENSES S.A DE C.V



Nombre del asesor externo

Ing. Ismael Pozo Avendaño

Nombre del asesor Interno

Mtro. Benito Rodríguez Cabrera

Fecha (07 diciembre 2024)

## Tabla de contenido

5.- Introducción .....	5
6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente. ....	7
7. Problemas a resolver, priorizándolos. ....	10
8. Justificación .....	11
9. Objetivos (General y Específicos).....	12
<b>CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
10. Marco Teórico (fundamentos teóricos). ....	13
<b>CAPÍTULO 4: DESARROLLO</b> .....	<b>23</b>
11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas. ....	23
Cronograma de actividades.....	24
Análisis de procesos actuales en la cantera .....	24
Revisión de normativa y estándares de seguridad .....	24
Desarrollo del primer borrador de la HOE .....	24
Revisión con personal de seguridad .....	24
Ajustes y mejoras.....	24
Aprobación final de la HOE .....	24
Metodología implementada.....	41
<b>CAPÍTULO 5: RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
12. Resultados.....	42
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</b> .....	<b>48</b>
13. Conclusiones del Proyecto .....	48
<b>CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS</b> .....	<b>49</b>
14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas. ....	49
<b>CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN</b> .....	<b>51</b>
15. Fuentes de información .....	51

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Banco primario de extracción de piedra caliza yacimiento cantera ranchito. Tomado del recorrido realizado de la empresa CYCNA empresa de Tepezalá, Aguascalientes y sus anexos. ....	17
Ilustración 2 Diagrama Ishikawa cantera el ranchito .....	42
Ilustración 3 AMEF .....	43
Ilustración 4 HOE de perforación .....	44
Ilustración 5 HOE de explotación de materia prima .....	45
Ilustración 6 HOE de carga de materia prima .....	46
Ilustración 7 HOE de acarreo de materia prima .....	47

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas y entidades que han sido parte fundamental de mi proceso durante estas residencias profesionales.

En primer lugar, a mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor fuente de fortaleza. Gracias por siempre estar a mi lado, por darme fuerzas y por ser mi ejemplo de perseverancia. Sin tu amor y dedicación, este proceso no hubiera sido posible.

A mis hijos, quienes con su alegría y comprensión me han motivado día a día. Gracias por su paciencia, por entender los momentos difíciles y por su apoyo inquebrantable. Ustedes son la razón por la que sigo adelante y me esfuerzo cada día más.

Un agradecimiento muy especial al mtro. Benito Rodríguez Cabrera, quien fue parte fundamental de mi formación profesional. Su guía, conocimiento y apoyo han sido claves en el desarrollo de mi proyecto. Gracias por compartir su experiencia y por brindarme la oportunidad de aprender de usted.

Finalmente, quiero agradecer a Transportes Hidro Hidalguenses por permitirme realizar mi proyecto en la empresa en la que laboro. Agradezco la oportunidad de haber podido aplicar mis conocimientos en un entorno real, lo que me permitió crecer profesionalmente y contribuir a la mejora de los procesos en la empresa.

A todos, gracias por su apoyo, por su confianza y por estar siempre presentes durante este importante proceso en mi vida profesional.

## ***CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO***

### ***5.- Introducción***

Actualmente en Transportes Hidro Hidalguenses enfrentan desafíos sin precedentes que requieren una mejora constante y una revisión crítica de los métodos y enfoques de las actividades que se realizan en cantera Ranchito. La forma en que se concibe el aprendizaje y la enseñanza ha evolucionado, impulsada por la tecnología y las necesidades cambiantes de la sociedad. Dentro de este contexto, las "Hojas de Operación Estándar" (HOE) surgen como una herramienta esencial para mejorar la calidad, permitiendo una evaluación más dinámica y formativa del proceso de aprendizaje. Este documento propone explorar la importancia de las HOE como un recurso estratégico que no solo facilita la evaluación, sino que también promueve la autogestión del aprendizaje y el desarrollo integral de los operadores.

A lo largo de este proyecto, se examinó los principios fundamentales que sustentan las HOE, así como su aplicación práctica en diferentes contextos operativos. En primer lugar, se proporcionó un marco teórico que respalde la implementación de estas herramientas, abordando su impacto en el proceso de enseñanza y/o aprendizaje. Se presentarán ejemplos concretos de su uso en campo de diversas disciplinas, resaltando las mejores prácticas y los resultados obtenidos. Posteriormente, se detalló la metodología utilizada para recopilar datos y evaluar la efectividad de las HOE, seguido de un análisis de los resultados y su implicación en la práctica operativa. Finalmente, se ofreció recomendaciones y estrategias para la integración efectiva de las HOE en los entornos operativos.

Este documento de implementación invita al operador a reflexionar sobre la evolución de la evaluación en la operación y a considerar cómo las HOE pueden transformar no solo la manera en que evaluamos, sino también cómo aprendemos.

## ***6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.***

Transportes Hidro Hidalguenses S.A. de C.V., es una empresa filial de Cooperativa Juárez S.C.L., y se funda debido a la necesidad de prestar el servicio a CYCNA en primer término y a clientes locales de agregados para la construcción en Arroyo Hondo, Tepezalá, Aguascalientes, iniciando operación en el año 1998.

En el año 2000 se inicia la prestación del servicio de explotación y acarreo de materiales a la trituradora primaria del cliente, actividad que a la fecha se sigue desempeñando, sin desatender la trituración de agregados los cuales se venden a diferentes empresas dentro de la región.

### **Misión de la empresa**

En Transportes Hidro Hidalguenses, S.A de C.V., nuestra misión es proveer un excelente servicio en la explotación de yacimientos y transporte público de carga para la industria, mediante el control y estandarización de nuestros procesos, aplicando la mejora continua con el fin de satisfacer las expectativas de nuestros clientes anticipándolos a sus necesidades.

### **Visión de la empresa**

Posicionarnos como la empresa líder en la prestación de servicio de explotación de yacimientos y transporte público de carga para industria en el ámbito nacional y regional, esto por medio de una total satisfacción del cliente.

### **Política integral**

En Transportes Hidro Hidalguenses, S.A. de C.V., estamos comprometidos a controlar los procesos relacionados con la explotación de yacimientos ,carga y acarreo de materia prima, para asegurar el cumplimiento de los requisitos de nuestros clientes y los legales aplicables, considerando el contexto de la organización, necesidades y expectativas de las partes interesadas, previniendo la contaminación del medio ambiente, asegurando la

integridad física del personal y mejorando continuamente en nuestro Sistema de Gestión Integral.

## Organigrama

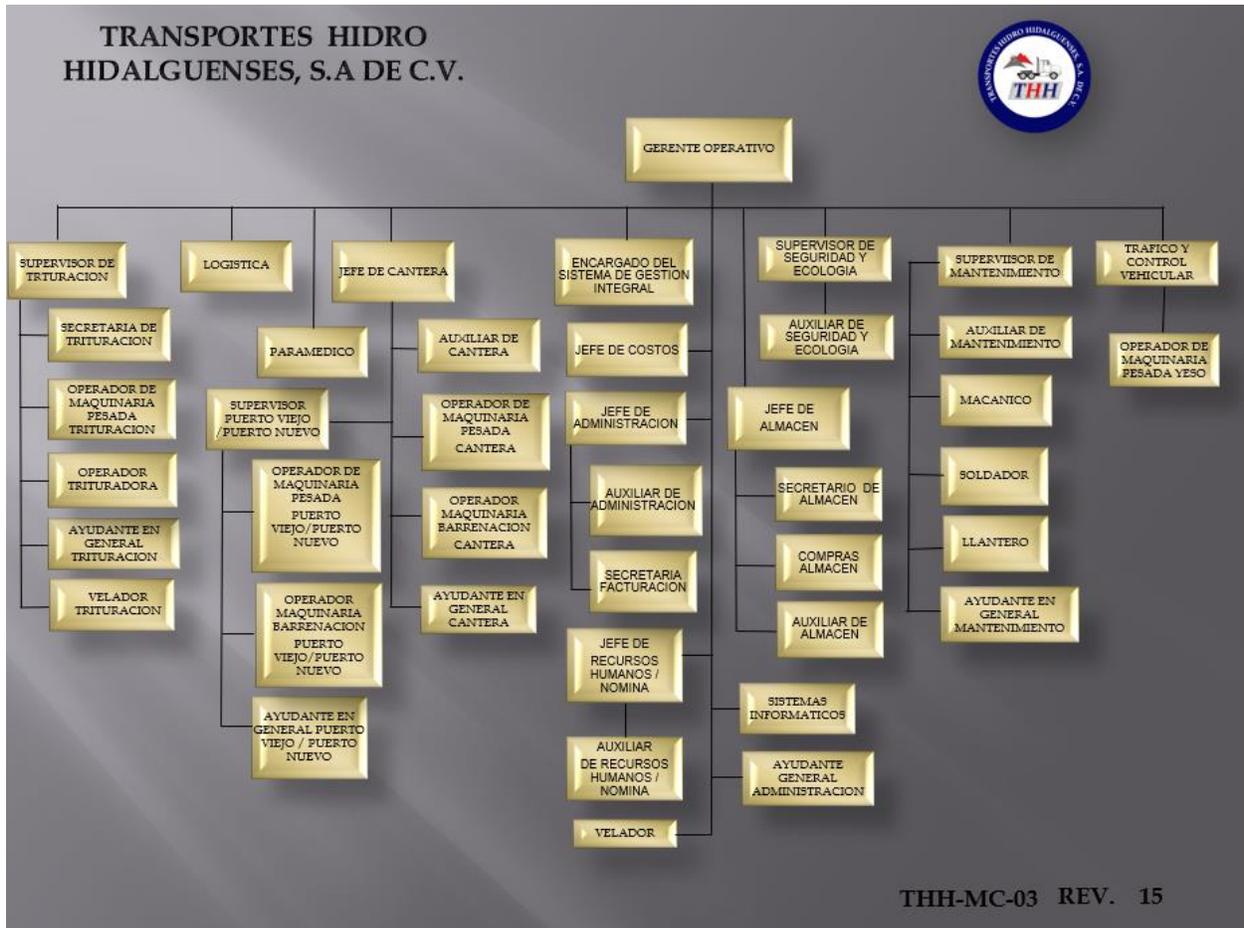


Ilustración 1. Organigrama de Transportes Hidro Hidalgoenses. S.A de C.V

## CYCNA

Cementos y Concretos Nacionales, S.A. de C.V., es una empresa del Grupo Cruz Azul, se encuentra ubicada en el municipio de Tepezalá en el Estado de Aguascalientes, cuenta con una capacidad instalada de producción de 2 000 000 millones anuales de toneladas de Clinker, así contribuye a la presencia de la marca Cruz Azul en la región Centro – Occidente - Norte del País.

Actualmente genera más de 350 empleos directos e indirectos de forma permanente; del total de trabajadores, el 75 por ciento es originario de la región.

## **7. Problemas a resolver, priorizándolos.**

La empresa Transportes Hidro Hidalguenses, S.A de C.V., presentó algunas cuestiones de gran interés, capacitación en una cantera a cielo abierto resultó múltiples enigmáticos operativos y de seguridad. Para resolver esta problemas, se realizaron unas hojas de operación estándar que abordaron tanto la seguridad laboral como operacional, necesarias para operar maquinaria pesada y llevar a cabo las diferentes actividades que se realizan de extracción de piedra caliza correctamente. Estas hojas de operación estándar deben ser continuas, evaluando periódicamente y ajustado según los avances y necesidades del personal. Con ello, se logrará mejorar la seguridad, la productividad y la eficiencia operativa en la cantera ranchito.

La capacitación del personal es clave, por lo que se deben desarrollar programas de formación continua. Finalmente, se implementó un sistema de monitoreo y evaluación que permitió un seguimiento eficaz de los procesos y resultados.

### **Riesgos de operación**

- Accidentes de camiones y cargadores debido a condiciones inadecuadas del terreno.
- Fallas mecánicas de los equipos de carga, como sistemas hidráulicos o frenos.

### **Riesgos con el polvo**

El polvo generado durante la carga, perforación, explotación y transporte puede afectar la salud respiratoria.

### **Riesgos de explosivos**

- Mal manejo de explosivos.
- Uso incorrecto de detonadores, lo que podría resultar en gran incidente.

### **Riesgos de caída de objetos**

Fragmentos de caliza o piedras grandes pueden caer durante las voladuras o durante las operaciones de carga.

## **8. Justificación**

La minería a cielo abierto fue una de las actividades industriales de alto impacto más relevantes, debido a su capacidad para extraer grandes cantidades de materia prima para la elaboración de cemento, como la caliza. Sin embargo, este tipo de operación conllevó una serie de riesgos inherentes que comprometieron tanto la seguridad de los trabajadores como la eficiencia de las operaciones. Entre los riesgos más comunes se incluyeron los deslizamientos de tierra, caídas de rocas, accidentes con maquinaria pesada, exposición a sustancias tóxicas y la posibilidad de explosiones. La correcta gestión y prevención de estos riesgos resultó ser crucial para garantizar un entorno de trabajo seguro y optimizar los procesos operativos.

En este contexto, la implementación de una Hoja de Operación Estándar (HOE) se presentó como una herramienta fundamental para identificar, controlar y mitigar los riesgos en la cantera El Ranchito.

La creación de una HOE, adaptada a las condiciones específicas de una cantera presenta una solución eficaz para reducir accidentes, proteger la salud de los trabajadores y minimizar los impactos negativos sobre la materia prima.

Además, la implementación de una HOE no solo mejora la seguridad, sino que también contribuyó a la eficiencia operativa. Al disminuir los accidentes, se redujeron tiempos muertos, lo que mejora la productividad general de la cantera. De igual forma, el cumplimiento de normas de seguridad a través de una HOE contribuye a la sostenibilidad de la operación y garantizó el cumplimiento de las regulaciones nacionales e internacionales en materia de seguridad y medio ambiente.

## **9. Objetivos (General y Específicos)**

### **Objetivo General**

Desarrollar e implementar un plan integral de mejora para la operación estándar de un yacimiento de mina a cielo abierto, que garantice la seguridad de los trabajadores, optimice la eficiencia operativa, contribuyendo así a la sostenibilidad y rentabilidad de la empresa de Transportes Hidro Hidalguenses.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar y mejorar las prácticas de seguridad laboral mediante la identificación de riesgos potenciales y la implementación de un programa de capacitación para trabajadores, logrando una reducción del 30% en incidentes laborales en un periodo de seis meses.
- Analizar y optimizar los métodos de extracción de minerales, estableciendo indicadores de rendimiento que permitan aumentar la eficiencia en un 15% en el primer año de implementación.
- Desarrollar un programa de capacitación continua para el personal, que incluya talleres y formaciones prácticas, con el fin de mejorar las competencias técnicas y operativas del equipo en un 40% en un año.
- Implementar un sistema de monitoreo y evaluación de las operaciones mineras que permita medir el progreso de los objetivos establecidos, garantizando la recopilación de datos y la elaboración de informes trimestrales sobre los avances y áreas de mejora.

Estos objetivos están diseñados para ser medibles y alcanzables, alineados con las actividades que realizará el residente y los resultados esperados para la empresa.

## **CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO**

### **10. Marco Teórico (fundamentos teóricos).**

Las Hojas de Operación Estándar (HOE) son documentos esenciales que describen procedimientos y prácticas operativas en una empresa, especialmente en contextos industriales como la extracción de caliza.

#### **1. Objetivo de la HOE**

Establecer estándares de operación para garantizar la eficiencia, seguridad y calidad en los procesos de extracción y procesamiento de caliza.

#### **2. Ámbito de Aplicación**

Definir qué áreas y procesos están cubiertos por la HOE (extracción, transporte, procesamiento, mantenimiento, etc.).

#### **3. Descripción del Proceso**

Extracción: Métodos utilizados (minado a cielo abierto), herramientas y maquinaria involucrada.

Transporte: Sistemas de transporte utilizados (camiones) y rutas recomendadas.

Procesamiento: Detalles sobre la trituración, clasificación y almacenamiento de la materia prima.

#### **4. Equipos y Herramientas**

Listar el equipo necesario para cada etapa del proceso, incluyendo especificaciones y requerimientos de mantenimiento.

#### **5. Procedimientos de Seguridad**

Instrucciones claras sobre el uso de equipos de protección personal (EPP), manejo de maquinaria y protocolos en caso de emergencia.

#### **6. Controles de Calidad**

Métodos para garantizar la calidad de la caliza extraída y procesada, incluyendo pruebas y criterios de aceptación.

#### **7. Registro y Documentación**

Formatos para el registro de datos operativos, resultados de pruebas de calidad y mantenimiento de equipos.

## **8. Capacitación del Personal**

Programas de formación requeridos para el personal involucrado en las operaciones, incluyendo certificaciones necesarias.

(S/f). Ecorfan.org. Recuperado el 17 de diciembre de 2024.

### **Piedra Caliza**

La caliza es una roca sedimentaria porosa de origen químico, formada mineralógicamente por carbonatos, principalmente carbonato de calcio. Cuando tiene alta proporción de carbonatos de magnesio se le conoce como dolomita. Petrográficamente tiene tres tipos de componentes: granos, matriz y cemento.

Es una roca muy importante como reservorio de petróleo, dada su gran porosidad. Tiene una gran resistencia a la meteorización, eso ha permitido que muchas esculturas y edificios de la antigüedad tallados en dichas rocas hayan llegado hasta nosotros. Sin embargo, la acción del agua de lluvia y los ríos provoca la disolución de la caliza, creando un tipo de meteorización característica denominada kárstica.

La roca caliza es un componente importante del cemento gris usado en las construcciones modernas y también puede ser usada como componente principal, junto con áridos, para fabricar el antiguo mortero de cal, pasta grasa para creación de estucos o lechadas para "enjalbegar" (pintar) superficies, así como otros muchos usos por ejemplo en industria farmacéutica o peletera. Se encuentra dentro de la clasificación de recursos naturales (RN) entre los recursos no renovables (minerales) y dentro de esta clasificación, en los no metálicos, como el salitre, el yeso y el azufre.

El proceso de extracción de piedra caliza se rige bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-023-stps-2012, Minas subterráneas y minas a cielo abierto – Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Aunque el procedimiento de extracción de piedra caliza se ha realizado desde hace 24 años dentro de esta empresa, se han tenido que aplicar diferentes técnicas que les permite incrementar su producción.

Dado que el cemento es de las mayores extracciones mineras en la entidad, con más de 40 cementeras en el Estado; el procesamiento y exportación de éste destaca en gran medida entre las industrias. El estado ha sido de los que principalmente reciben inversión extranjera directa en el sector minero; con empresas canadienses, estadounidenses, europeas y mexicanas encabezando los desembolsos. Sánchez, P. (2022, enero 12). *Piedra Caliza*. (s/f). Weebly.com. Recuperado el 17 de diciembre de 2024, de <https://procesosmineros.weebly.com/piedra-caliza.html>

### **ETAPAS GENERALES DEL PROCESO**

La mina trabaja en varios tipos de bancos, es tipo escalón alto donde los trabajos de barrenación se realizan en alturas de hasta 12 mts de altura, a este banco se le nombra “banco primario”, y el segundo banco inferior o bajo, llamado “banco secundario” donde los trabajos de extracción se realizan de manera controlada y secuencial.

Un banco de cantera caliza generalmente se encuentra en grandes formaciones geológicas, donde la caliza está presente en capas o bancos. Estas canteras pueden estar a cielo abierto, y en ellas se emplean técnicas de minería como el volado (explosiones controladas) para fragmentar la roca, la cual es luego transportada a plantas de procesamiento.

### **MÉTODO DE EXTRACCIÓN**

El proceso inicia con la barrenación del banco de caliza de acuerdo al plan de mina. Se realizan las perforaciones para cargarlas con explosivo. Una vez que todos los barrenos están cargados se realiza una voladura (dinamitar cerro). Con el bulldozer se empujan las piedras que no hayan caído con la detonación y vuelve a comenzar el proceso de perforación. El material resultante es la materia prima para el proceso de trituración.

En esta parte del proceso las actividades son llevadas a cabo por 2 operarios: un perforista y un ayudante. Se usan maquinas perforadoras (Epiroc) neumáticas con un peso aproximado de 20 a 50 Tn, conectadas a un compresor (Kaeser) tiene un flujo de aire aproximado de 23.5 m, con una presión hasta 145 psi, motor equipado diésel ecológico, peso aproximado es de 3,500 kg, es compacto y está diseñado para facilitar

su transporte. El proceso se realiza en el talud del banco primario; es decir, en la cara frontal del cerro a 12 mts de altura aproximadamente; dada la naturaleza de la zona, estas actividades son de alto riesgo. El proceso consta de varios ascensos a pie, por el contorno del cerro a través de una vereda escarpada de unos 50 a 80 cm. De ancho, por donde se transporta la maquinaria.

Una vez que el material llega al lugar de trabajo, se comienza con las labores de perforación, dependiendo de la profundidad del barreno que requiera el cliente; un barreno corto se realiza mediante maquinaria perforadora neumática, los operadores requieren contar con su equipo personal de seguridad.

Cuando los barrenos ya tienen la profundidad adecuada, son cargados con material explosivo como (ANFO, emulsiones explosivas, iniciadores y tiempos), y cuando esta tarea es llevada a cabo se programa con tecnología más avanzada para el efecto explosivo; es aquí cuando uno de los ascensos en vertical con mayor grado de peligro se hace presente; por esta razón los ayudantes a voladura deben estar a 100 metros a la redonda mínimo, ya que podría causar pérdidas fatales.

Con este método de extracción, no es posible proyectar el nivel de roca obtenido, ni datos exactos en cuanto a la productividad, debido a la diversidad de los factores que influyen en el banco primario, como tal se podrá proyectar rocas grandes, medianas y pequeñas. Sánchez, P. (2022, enero 12). Aguascalientes, el pequeño gigante minero. *Mining México*. <https://miningmexico.com/aguascalientes-pequeno-gigante-minero/>



*Ilustración 1 Banco primario de extracción de piedra caliza yacimiento cantera ranchito. Tomado del recorrido realizado de la empresa CYCNA empresa de Tepezalá, Aguascalientes y sus anexos.*

### **MÉTODO DE BARRENACIÓN**

La barrenación de caliza es el proceso de perforación de barrenos para extraer piedra caliza mediante voladuras controladas. Para ello, se utiliza una máquina perforadora llamada epiroc, que está conectada a un compresor.

Una máquina perforadora Epiroc es un equipo de perforación de rocas que fabrica la empresa Epiroc, líder en la industria de la minería, la ingeniería civil y los recursos naturales. Epiroc ofrece una amplia variedad de máquinas perforadoras para diferentes aplicaciones, como: Perforación de producción en minería subterránea, Perforación para la construcción, Perforación en canteras, Perforación de exploración, Perforación en la industria de rocas dimensionales.

Dentro de este método, los ascensos y descensos, son eliminados por completo con esta forma de trabajo, dado que las operaciones se realizan a nivel de piso a una altura de 12mts como máximo; los traslados se aminoran, y la exposición del operario con el material explosivo y a situaciones extremas, se reducen considerablemente.

Las actividades son llevadas a cabo por un jefe de pobladores, un perforista, un ayudante de poblador.

El operario coloca la máquina en el lugar marcado para barrenar, la sitúa en el punto exacto y la inicia, perforando el suelo de manera autónoma. Una vez realizado el barreno. La perforación de los barrenos se elabora mediante un Epiroc, es una máquina perforadora conectada a un compresor; el riesgo principal al que se exponen los operarios, es el uso de herramientas de poder, la altura del banco se determinó por el tipo de maquinaria utilizada para el proceso, un epiroc con una barrena de 12 mts de largo y 3” de diámetro, por lo tanto, la altura del banco será de 12 metros. Una plantilla de tresbolillo, que es con la que se obtiene una fracturación de roca más uniforme, se establece a través de los cálculos realizados con las siguientes dimensiones:

de Madrid, E. T. S. D. E. I. D. E. M. (s/f). *PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS EN MINERÍA*. Upm.es. Recuperado el 17 de diciembre de 2024, de [https://oa.upm.es/21848/8/20131007\\_PERFORACION\\_Y\\_VOLADURA.pdf](https://oa.upm.es/21848/8/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA.pdf)

*Tabla 1 Dimensiones de plantilla*

<b><i>Bordo: 3 mts</i></b>
<b><i>Diámetro del barreno: 3”</i></b>
<b><i>Subbarrenación: 0.75 mts</i></b>
<b><i>Espaciamiento entre barrenos: 3.5 mts</i></b>
<b><i>Taco: 2 mts</i></b>

## **ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLAS POTENCIALES**

El análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), es actualmente la técnica más utilizada para el análisis de riesgos. Este sigue siendo una parte esencial dentro de las organizaciones. AMEF es un método efectivo para diseñar y producir análisis de riesgo, el cual permite examinar los procesos de diseño y fabricación, e identificar oportunidades para las deficiencias y defectos que pueden conducir a la insatisfacción del cliente, o afectación a la calidad y productividad.

El algoritmo del AMEF fue desarrollado en el ejército de los Estados Unidos de Norteamérica por los ingenieros de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), a raíz de un procedimiento militar (MIL-P-1629) titulado como “Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticidad”. Este procedimiento fue elaborado el 9 de noviembre de 1949, y era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad, y determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal, o de los equipos.

En 1988, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie, llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió el área automotriz QS 9000.

Chrysler Corporation, Ford Motor Company y General Motors Corporation, enriquecieron esta metodología en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores, teniendo que emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP) que necesariamente debe incluir al AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control. En diciembre de 1992, el Grupo Acción Automotriz Industrial (AIAG), termina el manual de referencia, y en febrero de 1993 junto con la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC), registraron las normas de AMEF para su implementación en la industria. Estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J-1739. Actualmente el AMEF se ha

popularizado en todas las empresas automotrices americanas, y ha empezado a ser utilizado en diversas áreas de una gran variedad de empresas a nivel mundial.

*AMEF.* (2022, abril 21). Datalyzer; Datalyzer International bv. <https://datalyzer.com/es/saber/que-es-amef/>

### **Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Procesos**

El AMEF de procesos, en ocasiones referido como AMEFP, soporta el desarrollo de procesos de manufactura en la reducción del riesgo de las fallas.

Identificando y evaluando las funciones y requerimientos del proceso. Identificando y evaluando modos de fallas potenciales relacionadas con el proceso.

Permitiendo el establecimiento de un sistema de prioridades para acciones correctivas, preventivas y controles.

El AMEFP debiera iniciar con el desarrollo de información para entender las operaciones del proceso productivo. Un diagrama de flujo del proceso, es una entrada primaria para un AMEFP. El diagrama de flujo del proceso, es usado como una herramienta para ayudar a establecer el alcance del análisis durante el diseño de un proceso.

*AMEF Análisis del Modo y Efecto de Falla.* (2012, octubre 31). SPC Consulting Group | Expertos en capacitación y consultoría para la mejora continua y gestión de la calidad; SPC Consulting Group. <https://spcgroup.com.mx/amef-analisis-del-modo-y-efecto-de-falla/>

## Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto o de espina de pescado, es una herramienta utilizada para detectar y visualizar los orígenes de un problema. Este diagrama desarrollado por el ingeniero japonés Kaoru Ishikawa en 1943 ayuda a solucionar incidencias que afectan a la eficiencia, calidad o cualquier otro aspecto crítico de un sistema de almacenamiento, equipo de manejo o proceso logístico. Mecalux. (s/f). *Diagrama de Ishikawa y su aplicación en logística*. Com.mx. Recuperado el 17 de diciembre de 2024, de <https://www.mecalux.com.mx/blog/diagrama-de-ishikawa>

*Tabla 2 Pasos a seguir del proceso de extracción de piedra caliza.*



Tabla 3 Símbolos de referencia del diagrama de flujo

PROCESO/ACTIVIDAD	ACTIVIDAD	SIMBOLOGIA
BARRENACIÓN	OPERACIÓN	
VOLADURA	DEMORA/INSPECCIÓN	
EXTRACCIÓN DE PIEDRA CALIZA	TRANSPORTE	
TOLVA DE AGREGADOS	ALMACENAMIENTO	

Tabla 4 Elaboración propia

Diagrama 1		Fecha: Agosto de 2024				
Producto piedra caliza		RG:				
	EXTRACCIÓN DE PIEDRA CALIZA	Resumen				
		Observador		Actual	Propuesto	
		Actividad	Operación		160	
			Transporte		120	
			Demora/inspección		25	
Combinada			25			
Total	Tiempo (min)		330			
Descripción	Tiempo (min)	Actividad				Observaciones
Limpieza del área	60					Poco personal para la actividad
Transporte del epiroc	15					Traslado lento de la maquinaria
Posicionamiento del epiroc	2					
Perforación	25					Por cada barreno
Inspección de barreno	5					Visual
Retiro de epiroc	5					Traslado lento de la maquinaria
Transporte de material explosivo	70					Se trae de polvorin y se realiza recorrido al llegar al yacimiento
Carga de explosivo	60					Realización de carga de explosivo
Programar voladura	25					
Resguardo del personal y maquina	20					
Explotación	6					
Carga de piedra caliza	7					Min por tracto camión
Traslado a tolva	30					Min por tracto camión
<b>TOTAL</b>	<b>330</b>	<b>160</b>	<b>120</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	

Un diagrama de proceso de una cantera de caliza muestra todas las etapas clave involucradas en la extracción, procesamiento y transporte de la caliza.

Se identifica el tiempo tardío de cada una de las operaciones que se realiza en la cantera el ranchito y se especifica cual es la actividad que se realiza en cada una de ellas (operación, transporte, demoras, inspección y actividades combinadas.)

## **CAPÍTULO 4: DESARROLLO**

### ***11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.***

El presente documento detalla la implementación de las hojas de operación estándar en una empresa del ramo minero, que realiza la extracción de materia prima para la elaboración de cemento cruz azul, ejecutada el último semestre del año. El proyecto se estructuró en 4 fases principales; diagnóstico inicial, optimización del proceso, implementación de las HOE, capacitaciones y mejora continua, evolución y ajuste. La iniciativa fue diseñada para mejorar la eficiencia operativa, reducir riesgos y establecer una cultura de mejora continua en la organización, involucrando activamente a todo el personal desde operadores de maquinaria hasta supervisores.

**Cronograma de actividades**

Actividades por Quincena	Ag o- 1a	Ago -2a	Sep t- 1a	Sep t- 2a	Oct - 1a	Oct- 2a	Nov - 1a	No v. - 2a	Dic -1a
Análisis de procesos actuales en la cantera									
Revisión de normativa y estándares de seguridad Identificación de pasos clave en la operación									
Desarrollo del primer borrador de la HOE Revisión interna del borrador de la HOE									
Revisión con personal de seguridad									
Ajustes y mejoras									
Aprobación final de la HOE Entrenamiento al personal sobre la HOE Implementación de la HOE en la operación									

### ***Evaluación del estado actual de la planta***

El proyecto, liderado por el residente, inició el proceso con una evaluación exhaustiva del estado actual de la planta de extracción de materia prima. Esta evaluación se llevó a cabo mediante una serie de recorridos programados a lo largo de un mes, durante los cuales se utilizaron check list prediseñadas para documentar sistemáticamente las condiciones existentes en cada área de trabajo.

### ***Metodología de observación***

Se implementó un enfoque de observación directa estructurada, donde cada operador fue monitoreado en las áreas específicas, que operan. Los observadores fueron instruidos para registrar los aspectos inseguros y la desorganización, recopilando información cualitativa sobre los desafíos diarios y las ineficiencias percibidas en el flujo de trabajo.

### ***Análisis de datos históricos***

Paralelamente a la observación directa, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los registros históricos de producción, ya que no se opera de manera eficaz.

### ***Establecimiento del sistema de clasificación***

El equipo de proyecto, en colaboración con los líderes de departamento, desarrolló un sistema de clasificación integral para definir objetivamente los objetos necesarios e innecesarios dentro del entorno de producción.

El equipo de ingeniería industrial propuso un análisis detallado del flujo de trabajo existente utilizando descripción de procesos.

### ***Optimización propuesta en el proceso***

Basándose en los datos recopilados, los operadores propusieron ideas optimizadas para el flujo de producción de cada actividad que realizan. Esta propuesta involucró a operarios, supervisores y personal de mantenimiento para incorporar su conocimiento práctico en el nuevo flujo de trabajo.

### ***Fase de implementación de HOE***

- **Análisis de procesos actuales:** Revisión de las operaciones actuales en la cantera para identificar áreas críticas que deben ser incluidas en la HOE.
- **Revisión de normativa y estándares de seguridad:** Asegurarse de que todos los procedimientos de seguridad estén alineados con las normativas locales y mejores prácticas.
- **Identificación de pasos clave en la operación:** Documentar cada paso importante en el proceso de extracción, desde la perforación hasta el transporte de caliza.
- **Desarrollo del primer borrador de la HOE:** Elaborar el documento inicial que defina claramente los procedimientos estándar para cada operación.
- **Revisión interna del borrador:** Evaluación por parte del equipo técnico para asegurar que todos los procesos estén bien definidos y detallados.
- **Revisión con personal de seguridad:** Asegurar que los procedimientos estén alineados con las normativas de seguridad laboral.
- **Ajustes y mejoras:** Realizar cambios según las sugerencias de los revisores para mejorar la HOE.
- **Aprobación final:** Obtener la validación y firma final de los responsables para la implementación.
- **Entrenamiento al personal:** Capacitar a todo el personal en la implementación de la HOE para garantizar su correcta aplicación.
- **Implementación de la HOE en la operación:** Ejecutar la HOE en las operaciones diarias de la cantera, asegurando que todos los empleados sigan los procedimientos estándar.
- **Monitoreo y ajustes post-implementación:** Supervisar la implementación y realizar ajustes según sea necesario.
- **Evaluación continua:** Revisiones periódicas de la HOE para asegurar que se mantenga efectiva y actualizada con los cambios en los procesos o normativas.

### ***Capacitaciones del personal***

- Se diseñó y ejecutó un programa de capacitación integral sobre la HOE

- Se llevaron a cabo sesiones de capacitación interactivas, verbales y practicas; simulando escenarios reales.
- Se implementaron un sistema de evaluación al aplicar el conocimiento de la HOE por parte de los operadores.

### ***Implementación de sistemas de sugerencia y mejoras continuas***

#### ***Control de Riesgos***

- **Inspección de equipos:** Realizar inspecciones periódicas para identificar posibles fallas.
- **Capacitación continua:** Capacitar a los operadores y personal en el uso correcto de los equipos, normas de seguridad y procedimientos de emergencia.
- **Mantenimiento preventivo:** Asegurar que los equipos de carga, perforación y transporte estén en condiciones óptimas para operar, reduciendo riesgos de accidentes mecánicos.
- **Control de polvo:** Usar sistemas de riego, rociadores de agua o barreras físicas para reducir la acumulación de polvo en las áreas de cantera de carga y transporte.
- **Monitoreo de la vibración:** Utilizar sistemas de monitoreo de vibración para asegurar que los niveles de vibración no sean perjudiciales para los operadores o el equipo.

#### **Protocolos de Emergencia**

**Evacuación en caso de emergencia:** Un plan claro que incluya rutas de evacuación, puntos de reunión y procedimientos para el caso de un incidente o accidente.

#### **Procedimientos ante explosión accidental:**

- Evacuación inmediata del área.
- Notificación a los servicios de emergencia.
- Procedimientos para el control de incendios, si es necesario.

#### ***Medidas Específicas para Prevenir Accidentes***

Estas medidas son esenciales para prevenir accidentes específicos relacionados con las características de las operaciones de minería y carga de piedra caliza.

### **Monitoreo y Auditoría de Seguridad**

Auditorías de seguridad regulares para verificar el cumplimiento de las normas y procedimientos.

### **Revisión de incidentes y accidentes:**

Análisis de cualquier incidente para identificar las causas y mejorar las medidas de prevención.

### **Actualización de procedimientos:**

Continuamente revisar y actualizar las normas de seguridad en función de nuevos riesgos identificados, avances tecnológicos o cambios normativos para una mejora continua.

*Tabla 5 Normas y medidas, elaboración propia*

ÁREA	NORMAS Y MEDIDAS
EPP	Casco, gafas, guantes, botas, chaleco reflejante, mascara antipolvo, ropa de trabajo.
SEÑALIZACIÓN	Señales de advertencia, zona de acceso restringido, áreas de voladura, rutas de evacuación, marcas de seguridad alrededor de equipos.
GESTIÓN DE RIESGOS	Inspección de equipos, capacitación continua, mantenimiento preventivo, control de polvo, monitoreo de vibraciones.
PROTOCOLOS DE EMERGENCIA	Evacuación, primeros auxilios, respuesta ante explosiones, accidentes mecánicos, ambulancia en sitio.
CONTROL DE POLVO	Uso de agua, ventilación, mascarillas para operadores expuestos.
MANEJO DE EXPLOSIVOS	Almacenamiento seguro, uso y manipulación controlada por personal capacitado, señalización y barreras de seguridad.
VIBRACIÓN Y RUIDO	Monitoreo de vibraciones y ruido.

El uso de un Diagrama de Ishikawa en una cantera de caliza permite abordar problemas operativos y de seguridad desde sus raíces, mejorando la productividad, reduciendo riesgos, y garantizando el cumplimiento de normativas legales y ambientales.

**Seguridad en el trabajo:** Se llevo a cabo procedimientos estrictos para prevenir accidentes, controlar explosivos y usar equipos de protección personal (EPP).

**Eficiencia operativa:** Se optimizo los procesos de perforación, voladura y carga, manteniendo la maquinaria en buen estado y entrenando adecuadamente a los operadores.

**Impacto ambiental y sostenibilidad:** Se ejecuto residuos, controlar el polvo, restaurar las áreas explotadas y cumplir con regulaciones ambientales.

**Condiciones de trabajo:** Se redujo la exposición al polvo y garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable.

**Cumplimiento normativo:** Se tiene la certeza que todas las operaciones cumplan con las normativas locales de seguridad, medio ambiente.

Cada una de estas áreas tuvo procedimientos claros, responsables asignados y medidas de control para garantizar que las operaciones se realicen de manera segura, eficiente y conforme a los estándares establecidos con la norma NOM-023-STPS.

## ***PERFORACIÓN***

La perforación de yacimientos es una técnica en la minería y la explotación de recursos naturales que consiste en realizar agujeros o pozos en la corteza terrestre con el fin de obtener información sobre las características geológicas del yacimiento, extraer muestras de caliza.

Unidades (compresor Kaeser M235 es una máquina portátil, tiene una capacidad de entrega de aire comprimido de aproximadamente 23,5 m<sup>3</sup>/min (2350 l/min), lo que lo convierte en una opción muy eficaz para alimentar sistemas de perforación.

Máquina perforadora Epiroc; Perforación de 3 a 12 metros de profundidad, según la determinación que nos del cliente en la plantilla ya diseñada.

## **EXPLOTACIÓN**

Una vez perforados los agujeros (barrenos), se inicia con carga de explosivos que se detonan para fracturar la piedra caliza. La voladura crea fragmentos de material que pueden ser manejados y transportados de manera más fácil por un cargador frontal.

**Explosivos de voladura:** Son compuestos químicos utilizados para generar la energía necesaria para fragmentar la piedra caliza.

Los más comunes incluyen:

- **ANFO (Nitrato de amonio y fuel oil):** Es uno de los explosivos más utilizados debido a su bajo costo y alta eficiencia en voladuras de roca.
- **Emulsiones explosivas:** Combinación de agua, nitrato de amonio y fuel oil, utilizadas para operaciones más seguras y controladas.
- **Cargadores de explosivos:** Una vez perforados los agujeros, se cargan con los explosivos seleccionados. Este proceso puede ser manual o automatizado, y se realiza con cuidado para evitar la detonación accidental.
- **Detonadores:** Se colocan en los agujeros los sistemas de iniciación, como detonadores eléctricos, no eléctricos o electrónicos, que controlan la detonación de los explosivos.

### **Detonación**

- **Secuencia de detonación:** Los detonadores se conectan a través de cables electrónicos, y se programa una secuencia para asegurar que los explosivos se detonen de manera controlada, evitando que la piedra caliza se fracture de forma incontrolada o que se generen daños en las infraestructuras cercanas.

### **Post-voladura**

- **Evaluación de la fragmentación:** Se analiza el tamaño y la distribución de los fragmentos de roca de caliza resultantes de la voladura. El objetivo es lograr fragmentos lo suficientemente pequeños para facilitar su carga y transporte.
- **Control de vibraciones y gases:** Se monitorean las vibraciones sísmicas y los niveles de gases tóxicos para garantizar que no se excedan los límites de seguridad.

## MAQUINARIA Y EQUIPOS

Tabla 6 Maquinaria y equipos

EQUIPO	CAPACIDAD DE CARGA	POTENCIA	NEUMATICOS	PESO OPERATIVO (KG)
Caterpillar 972L	22.5 toneladas	242 hp (180 kw)	20.5r25	22,000 kg
Kenworth	40 toneladas	480 hp	24.5	40,000 kg
Kaeser M235		145 PSI	2182 x 1770 pulgadas de ancho y alto	3,230 kg
Epiroc		35-5 BAR	orugas	2,700kg

### Procedimiento de operación

#### Operación de Cargadores Frontales:

##### Posicionamiento del Cargador:

El cargador debe acercarse a los bancos de piedra caliza ya fragmentado, posicionándose de manera eficiente para realizar la carga sin que interfiera con las operaciones de otros equipos.

##### Carga del Material:

Utilizando su pala frontal, el cargador recoge el material (caliza) y lo carga en los camiones de acarreo (Kenworth de 3 ejes).

Se debe procurar no sobrecargar la pala para evitar daños en los neumáticos o el sistema hidráulico del equipo y el de los tractos camiones, para facilitar la operación de los camiones.

Es importante mantener una altura de carga adecuada y evitar derrames del material.

**Control del Material:**

Durante la carga, el operador debe asegurarse de que el material esté bien distribuido en el cubo para una carga equilibrada y evitar desgastes innecesarios.

**Condiciones de seguridad****Operación de los Camiones de Acarreo**

Una vez que ha sido cargado la materia prima (caliza) por el cargador frontal, los camiones de acarreo transportan la caliza hasta el punto de acopio que son las trituradoras.

**Posicionamiento de los Camiones:**

Los camiones deben estar alineados adecuadamente con el cargador para facilitar una carga eficiente.

**Carga y Transporte**

**Cargar el Camión:** El camión debe ser cargado cuidadosamente con la cantidad correcta de material. Es importante asegurarse de que el material esté bien distribuido en el camión para evitar desplazamientos o desequilibrios durante el transporte.

**Transporte del Material:**

El camión de acarreo se desplaza desde el área de extracción hacia el punto de acopio o la planta de procesamiento.

Durante el transporte, los camiones deben seguir rutas establecidas, evitando áreas con riesgo de deslizamientos o bloqueos.

Es fundamental monitorear los niveles de combustible y otros parámetros del camión para asegurar que la operación sea continua y sin interrupciones.

### **Descarga del Camión:**

Al llegar al punto de descarga (tolva), el camión es descargado mediante un sistema hidráulico que eleva la caja del camión. En caso de volquete, el material se descarga por volcado.

Se deben seguir las normas de seguridad al operar los sistemas de descarga, para evitar accidentes.

### **Controles y monitoreo**

La seguridad en las operaciones de minería y carga de materiales como la caliza en mina a cielo abierto es crucial para prevenir accidentes, proteger la salud de los trabajadores y garantizar la eficiencia operativa. Se detallan las normas de seguridad que deben cumplirse en cada etapa de la operación, incluyendo el uso de Equipos de Protección Personal (EPP), señalización, gestión de riesgos y protocolos de emergencia, junto con medidas específicas para la prevención de accidentes como el control de polvo, el manejo de explosivos y el cumplimiento de límites de vibración y ruido.

### **Normas de Seguridad Generales**

Las normas de seguridad generales deben estar alineadas con las regulaciones locales e internacionales y deben ser comprendidas y aplicadas por todo el personal de la operación.

### **Equipos de Protección Personal (EPP):**

El uso de EPP adecuado es obligatorio para todos los trabajadores que participen en las operaciones de carga, transporte y manejo de materiales. Los EPP mínimos incluyen:

**Casco de seguridad:** Protege contra golpes y caídas de objetos.

**Gafas de seguridad:** Para proteger los ojos de fragmentos voladores, polvo y productos químicos.

**Protección auditiva:** Tapones o auriculares para proteger contra niveles altos de ruido generados por los equipos (cargadores, camiones, voladuras, etc.).

**Guantes de seguridad:** Para proteger las manos de cortes, abrasiones y otros riesgos.

Botas de seguridad con puntera de acero: Para proteger los pies de caídas de objetos pesados y otros peligros.

**Chaleco reflectante:** Para garantizar la visibilidad de los trabajadores en todo momento, especialmente en áreas de alta actividad.

**Máscara antipolvo o respirador:** Para proteger las vías respiratorias del polvo generado durante la carga de material.

Ropa de trabajo resistente: Ropa adecuada para la protección contra abrasiones, cortes o sustancias químicas.

## **2. Señalización de las Zonas de Peligro**

La señalización es fundamental para prevenir accidentes y dirigir el tráfico dentro del área de trabajo.

### **Zonas de trabajo y zonas de acceso restringido:**

- Señales de advertencia (peligro, zonas de voladuras, máquinas en movimiento).
- Señales de tráfico en caminos internos para camiones, cargadores y otros vehículos.
- Señales de alerta sobre el uso de explosivos y peligros asociados (por ejemplo, área de voladura activa).
- Áreas de almacenamiento de explosivos deben estar claramente señalizadas y cercadas.

### **Zonas de voladura:**

- Señales de "Peligro - Voladura en Proceso" deben estar visibles a una distancia segura alrededor de las áreas donde se realicen las voladuras.
- Vallas de seguridad y barreras físicas deben evitar que los trabajadores se acerquen demasiado al área peligrosa.
- Rutas de evacuación:

- Rutas bien señalizadas y despejadas para permitir una evacuación rápida en caso de emergencia.

### **Líneas de seguridad:**

Marcar las áreas de seguridad alrededor de los equipos (como cargadores, camiones), para evitar el riesgo de atrapamiento o accidentes durante las maniobras.

### **Gestión de Riesgos**

La gestión de riesgos debe ser una prioridad en todas las etapas de la operación. Es importante identificar, evaluar y mitigar los riesgos potenciales

### **Identificación y Evaluación de Riesgos:**

#### **Riesgos de operación de maquinaria:**

Lesiones por atrapamiento o colisiones entre equipos.

Accidentes por vuelco de camiones y cargadores debido a condiciones inadecuadas del terreno.

Fallas mecánicas de los equipos de carga, como sistemas hidráulicos o frenos.

#### **Riesgos relacionados con el polvo:**

El polvo generado durante la carga y transporte puede afectar la salud respiratoria.

#### **Riesgos de explosivos:**

Mal manejo o almacenamiento de explosivos.

Uso incorrecto de detonadores, lo que podría resultar en accidentes graves.

#### **Riesgos de caída de objetos:**

Fragmentos de caliza o piedras grandes pueden caer durante las voladuras o durante las operaciones de carga.

#### **Control de Riesgos:**

**Inspección de equipos:** Realizar inspecciones periódicas para identificar posibles fallas o desgastes.

**Capacitación continua:** Capacitar a los operadores y personal en el uso correcto de los equipos, normas de seguridad y procedimientos de emergencia.

**Mantenimiento preventivo:** Asegurar que los equipos de carga, excavación y transporte estén en condiciones óptimas para operar, reduciendo riesgos de accidentes mecánicos.

**Control de polvo:** Usar sistemas de riego, rociadores de agua o barreras físicas para reducir la acumulación de polvo en las áreas de carga y transporte.

**Monitoreo de la vibración:** Utilizar sistemas de monitoreo de vibración para asegurar que los niveles de vibración no sean perjudiciales para los operadores o el equipo.

### **Protocolos de Emergencia**

Los protocolos de emergencia deben ser bien conocidos por todo el personal involucrado en la operación.

**Evacuación en caso de emergencia:** Un plan claro que incluya rutas de evacuación, puntos de reunión y procedimientos para el caso de un incidente o accidente.

### **Procedimientos ante explosión accidental:**

Evacuación inmediata del área.

Notificación a los servicios de emergencia.

Procedimientos para el control de incendios, si es necesario.

### **Primeros auxilios:**

Formación de los trabajadores en primeros auxilios básicos.

Tener botiquines de primeros auxilios en áreas clave de la mina y en los vehículos de trabajo.

Disposición de ambulancias o vehículos de emergencia en las cercanías de las áreas de trabajo.

### **Protocolos para accidentes mecánicos:**

Detener inmediatamente la operación si se detecta un problema mecánico en un equipo.

Informar a los supervisores y proceder con las reparaciones necesarias o el reemplazo del equipo defectuoso.

## **Medidas Específicas para Prevenir Accidentes**

Estas medidas son esenciales para prevenir accidentes específicos relacionados con las características de las operaciones de minería y carga de caliza.

### **Control de Polvo:**

Uso de agua pulverizada o nebulización en áreas de trabajo para mantener el polvo bajo control.

Riego continuo en caminos de acceso y rutas de transporte para reducir la generación de polvo.

Mantenimiento de áreas de carga con sistemas de ventilación que ayuden a disipar el polvo.

Exigencia de mascarillas o respiradores para los trabajadores expuestos a niveles elevados de polvo.

**Almacenamiento seguro:** Los explosivos deben almacenarse en áreas designadas, con acceso restringido solo a personal autorizado y capacitado.

**Uso de explosivos y detonadores:** Solo personal capacitado debe manejar los explosivos. Los detonadores deben usarse siguiendo procedimientos estrictos y bajo supervisión.

**Verificación de las voladuras:** Antes de la detonación, se debe verificar que toda el área esté libre de personal y maquinaria.

**Controles de seguridad antes de volar:** Colocar señales de advertencia y barreras de seguridad alrededor del área de voladura.

### **Cumplimiento de Límites de Vibración y Ruido:**

Monitoreo continuo de ruido y vibraciones en el área de trabajo para evitar niveles peligrosos para la salud.

Uso de barreras acústicas alrededor de las áreas de mayor ruido (como las zonas de voladura o maquinaria pesada).

Control de vibraciones mediante el uso de equipos con tecnología para mitigar las vibraciones, o limitando la exposición del operador a niveles excesivos de vibración.

## **Monitoreo y Auditoría de Seguridad**

Auditorías de seguridad regulares para verificar el cumplimiento de las normas y procedimientos.

**Revisión de incidentes y accidentes:** Análisis de cualquier incidente para identificar las causas y mejorar las medidas de prevención.

**Actualización de procedimientos:** Continuamente revisar y actualizar las normas de seguridad en función de nuevos riesgos identificados, avances tecnológicos o cambios normativos.

## **Recolección de Datos Iniciales**

- **Entrevistas y encuestas** a los trabajadores y supervisores para obtener información sobre las prácticas operativas, condiciones laborales y problemas recurrentes.
- **Revisión de registros operativos:** Análisis de informes de producción, mantenimiento de maquinaria, incidentes y accidentes, y resultados de inspecciones de seguridad.
- **Observación directa** de las operaciones en campo para identificar posibles ineficiencias, fallas de equipo y condiciones de trabajo.
- **Análisis de documentación normativa:** Revisión de los permisos, licencias y normativas ambientales y de seguridad para asegurarse de que la cantera cumple con todas las regulaciones locales, nacionales e internacionales.

## **2. Análisis de Procesos Operativos**

Una vez obtenidos los datos, se procede al análisis de los procesos operativos en la cantera. Este paso implica:

- **Mapeo de los procesos:** Identificación de cada paso involucrado en la extracción de caliza, desde la perforación hasta el transporte del material. Este mapeo ayuda a entender el flujo de trabajo y detectar áreas críticas.

- **Identificación de cuellos de botella:** Determinar si existen procesos que están limitando la eficiencia de la operación, como tiempos de inactividad en la maquinaria o falta de coordinación entre las distintas etapas de la operación.
- **Evaluación de la maquinaria y equipos:** Analizar el estado de la maquinaria utilizada, su frecuencia de mantenimiento y los costos asociados con su operación.

### 3. Evaluación de Seguridad y Salud Laboral

La seguridad en las operaciones es una prioridad, por lo que se realiza un análisis exhaustivo en esta área:

- **Inspecciones de seguridad:** Revisión de las condiciones laborales, protocolos de seguridad, uso de equipos de protección personal (EPP) y procedimientos de emergencia.
- **Análisis de incidentes y accidentes:** Evaluación de los registros de accidentes ocurridos en la cantera para identificar patrones, causas raíz y las medidas correctivas implementadas.
- **Observación de condiciones de trabajo:** Inspección de las condiciones de trabajo, como la exposición al polvo, ruido, vibraciones y otras condiciones que puedan poner en riesgo la salud de los trabajadores.

### Evaluación del Impacto Ambiental

El análisis del impacto ambiental es crucial en la evaluación, ya que las actividades mineras deben estar alineadas con la legislación ambiental.

- **Medición de emisiones:** Evaluación de la emisión de polvo y gases derivados de las voladuras y maquinaria.
- **Análisis de vibraciones y ruido:** Medición de las vibraciones y niveles de ruido generados por la perforación y las voladuras, que pueden afectar tanto a los trabajadores como al entorno circundante.

- **Control de residuos y manejo de escombros:** Inspección de la disposición y manejo de los residuos generados durante la explotación de la caliza.

## **Revisión del Cumplimiento Normativo**

La revisión del cumplimiento normativo es esencial para garantizar que la cantera opere de acuerdo con las leyes.

- **Revisión de la normativa minera:** Verificación de que las operaciones cumplan con las regulaciones relacionadas con la minería, seguridad industrial y ambientales.
- **Auditoría de permisos y licencias:** Evaluación de los permisos de extracción y las licencias ambientales, asegurándose de que la cantera esté al día con todas las regulaciones necesarias.

## **Análisis y Priorización de Riesgos**

Una vez identificados los problemas y áreas de mejora, se realiza un análisis de riesgos.

- **Análisis de fallas:** Aplicación de herramientas como el AMEF (Análisis Modal de Efectos y Fallas) o el FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) para identificar las posibles fallas y sus consecuencias.
- **Priorización de acciones:** Evaluación de la probabilidad e impacto de cada riesgo utilizando matrices de riesgo, para priorizar las áreas que requieren atención inmediata.

## **7. Propuesta de Mejoras y Plan de Acción**

Basándome en los resultados del análisis, se desarrollan acciones correctivas y preventivas.

- **Desarrollo de un plan de acción** que incluya medidas correctivas específicas para mejorar la productividad, seguridad y sostenibilidad.

- **Definición de objetivos claros** para cada área de mejora, como reducción de accidentes, aumento de la productividad y cumplimiento de normativas ambientales.
- **Establecimiento de un cronograma** para la implementación de las medidas y asignación de recursos necesarios.

## 8. Implementación y Monitoreo

La fase final consiste en la implementación de las mejoras propuestas y el monitoreo continuo de los resultados.

- **Capacitación del personal:** Entrenamiento en las nuevas prácticas, procedimientos y uso adecuado de los equipos de protección.
- **Monitoreo constante:** Establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs) para seguir el progreso de las mejoras, como la reducción de incidentes de seguridad, mejoras en la eficiencia de la maquinaria y el cumplimiento ambiental.

## 9. Revisión Periódica

La evaluación debe ser un proceso continuo. Se deben realizar revisiones periódicas para asegurar que las mejoras implementadas continúan siendo efectivas y que la cantera sigue cumpliendo con los estándares de seguridad, operativos y ambientales.

### Metodología implementada

La metodología implementada para evaluar el estado actual de una cantera de piedra caliza es un proceso integral que abarca desde el análisis de los procesos operativos hasta la evaluación del impacto ambiental y el cumplimiento de normativas. La metodología se centra en la recolección de datos precisos, la identificación de riesgos y la priorización de acciones correctivas, lo que permite realizar mejoras continuas en las operaciones de la cantera. Con un enfoque sistemático y estructurado, esta evaluación no solo busca mejorar la productividad, sino también garantizar un entorno de trabajo seguro y sostenible.

## CAPÍTULO 5: RESULTADOS

### 12. Resultados

## Diagrama de Ishikawa cantera el ranchito

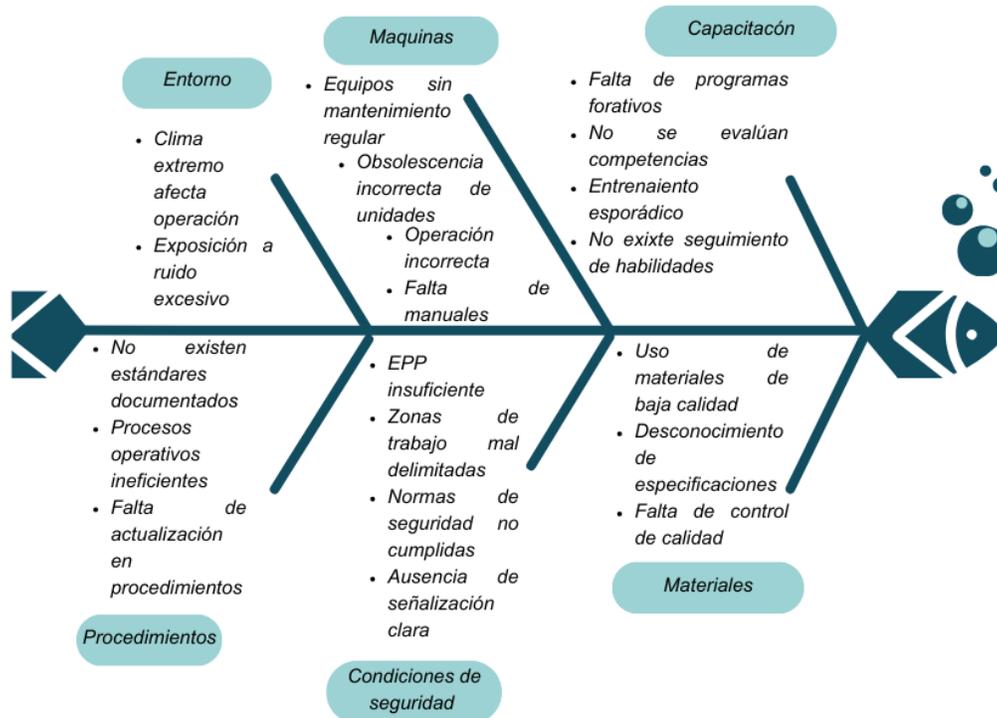


Ilustración 2 Diagrama Ishikawa cantera el ranchito

En una cantera que explota caliza, el Diagrama de Ishikawa puede ser una herramienta crucial para abordar problemas específicos como accidentes laborales, baja productividad, o fallas en el proceso de extracción o la falta de capacitación para llevar a cabo las diferentes actividades que se realizan en una mina a cielo abierto. La estructura del análisis permite identificar las raíces de estos problemas y priorizar las soluciones de capacitar al personal operativo desde un principio para reducir mantenimientos, aplicar y ejecutar la seguridad que se requiere en cada operación.

**Diseño:** AMEF EN UNA CANTERA A CIELO ABIERTO

Referencia: PEREXPOCARACA

Producto: Actividades de una cantera

Equipo AMEF: Ingeniería minera

Fecha: Octubre 2024

Revisión: 001

Proceso	Modo de Falla	Efecto del Falla	Causa del Falla
Perforación	Perforación incorrecta	Fragmentación deficiente, retrasos	Error humano, desgaste de equipos
Voladura	Proyección de fragmentos	Daños a maquinaria o lesiones	Carga excesiva o mal distribuida
Carguío y transporte	Colisión entre vehículos	Daño a equipos, riesgo de lesiones	Mala visibilidad, rutas mal señalizadas
Trituración	Obstrucción en la trituradora	Interrupción del proceso	Piedra de gran tamaño o material no clasificado
Almacenamiento	Derumbe del material	Pérdidas económicas, riesgos para el personal	Apilamiento inadecuado

Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	RPN (S x O x D)
7	5	4	140
9	3	3	81
8	4	5	160
6	5	4	120
7	3	5	105

Acción Correctiva	Responsable
Capacitar operadores; inspección de equipos	Supervisor Minero
Mejorar control de carga; usar barreras físicas	Encargado Seguridad
Instalar cámaras/sensores; señalización clara	Jefe de Transporte
Revisar clasificación del material antes del uso	Operador Planta
Mejorar diseño del almacenamiento, capacitar	Supervisor Almacén

Ilustración 3 AMEF

El AMEF aplicado en la cantera de piedra caliza ofrece una guía estratégica para la mejora continua. Identifica las áreas críticas de riesgo y asegura que los recursos se utilicen de manera eficiente y constante, contribuyendo a:

- La seguridad de los trabajadores.
- La eficiencia en la extracción y procesamiento de caliza.
- El cumplimiento de normativas ambientales y operativas.

Este enfoque permite un equilibrio entre productividad, seguridad, capacitación y sostenibilidad, consolidando la operación como más rentable y responsable.

PROCESO	1	No CONTROL	PER001					
NOMBRE DE OPERACIÓN	PERFORACIÓN	No DE PROCESO PARA CARTA DE CONTROL	1					
No DE ACTIVIDAD	1	PERIODO DE APRENDIZAJE	7 DÍAS	1	sep-24	ISMAEL POZOS	YESICA AMAIRANI CASILLAS FERNÁNDEZ	PRIMER ELABORACIÓN
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	BARRENACIÓN DE SUELO	TIEMPO ESTANDAR	1 HRA	EDICIÓN	FECHA DE REVISIÓN	REVISIÓN Y AUTORIZACIÓN	ELABORACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
No	ACTIVIDAD	PUNTO CRITICO/RAZÓN DE PUNTO CRITICO/ILUSTRACIÓN/FOTOS						
1	Marcar el área a perforar según el plano de voladura							
2	Operar la perforadora siguiendo las instrucciones del fabricante							
3	Controlar la profundidad y el diámetro de los agujeros							
4	Verificar el funcionamiento de la perforadora durante las operaciones							
MEDIDAS DE SEGURIDAD	IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDAD	MÉTODO DE CONTROL ESTADÍSTICO	PROCEDIMIENTO	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS/FRECUENCIA DE CAMBIO				
Equipos de protección personal (EPP): Casco, gafas de seguridad, protectores auditivos, chaleco reflectante, botas de seguridad, guantes.	BARRENACIÓN DE SUELO	Gráficas de Control de Shewhart: Para supervisar la variabilidad del proceso. Diagramas de Pareto: Para identificar las causas más frecuentes de variación en el proceso. Diagramas de Dispersión: Para visualizar la relación entre dos variables del proceso. Histograma: Para mostrar la distribución de las medidas del proceso.	El operario coloca la máquina en el lugar marcado para barrenar, la sitúa en el punto exacto y la inicia, perforando el suelo de manera autónoma. Una vez realizado el barreno. La perforación de los barrenos se elabora mediante un Epiroc, es una máquina perforadora conectada a un compresor; el riesgo principal al que se exponen los operarios, es el uso de herramientas de poder, la altura del banco se determinó por el tipo de maquinaria utilizada para el proceso, un epiroc con una barrena de 12 mts de largo y 3" de diámetro, por lo tanto, la altura del banco será de 12 metros.	COMPRESOR, MAQUINA PERFORADORA, MARTILLO DE 3', BROCA, TUBERIA, ACEITE ALMO, ANTICONGELANTE, ACEITE DE MOTOR				
EJEMPLOS DE ACCIDENTES	MEDIDAS CONTRA ANORMALIDADES	EJEMPLO DE DEFECTOS ANTERIORES	AJUSTES	PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE PROCESO				
1. Caídas de Rocas o Material 2. Accidentes con Maquinaria Pesada 3. Exposición a Partículas de Polvo 4. Lesiones por Manipulación de Herramientas Manuales 5. Accidentes por Desprendimiento de Suelo 6. Accidentes con Caídas de Altura 7. Accidentes por Sobreesfuerzo o Fatiga 8. Accidente por Golpe o Atrapamiento	Asegurarse de que los operarios conozcan bien las técnicas de perforación y sigan las especificaciones de diseño de los agujeros. Revisión regular de la maquinaria: Asegurar que las perforadoras estén en buenas condiciones de funcionamiento mediante mantenimiento preventivo. Monitoreo en tiempo real: Utilizar sistemas de monitoreo que permitan detectar cualquier desvío en el proceso de perforación (por ejemplo, la velocidad de penetración y la alineación de los agujeros). Ajuste de parámetros de perforación: Si se detecta una anomalía en la perforación (como una mayor resistencia), ajustar la presión, velocidad o tipo de broca.	Las medidas contra anomalías en una cantera de caliza están diseñadas para prevenir, identificar y corregir cualquier situación que se desvíe de los estándares operativos, de seguridad o de calidad. Las anomalías pueden surgir en cualquier etapa de la operación minera, desde la perforación y voladura hasta el transporte y procesamiento del material.	Ajuste en la técnica de perforación: Si la perforadora está realizando agujeros más profundos o más superficiales de lo deseado, se pueden ajustar los parámetros de la máquina, como la velocidad y la presión. Ajuste en la carga de perforación: Si la perforación no es suficientemente eficiente o rápida, ajustar el tipo de broca o cambiar el diseño de los agujeros para mejorar la penetración. Ajuste en el tipo de maquinaria: Si el equipo está desgastado o no es adecuado para el tipo de caliza, se puede cambiar a una máquina más eficiente o realizar ajustes en la configuración de la máquina actual.	El procedimiento para realizar operaciones en una cantera de caliza debe estar claramente establecido para asegurar que todas las actividades se realicen de manera eficiente, segura y conforme a las normativas legales. A continuación se presenta un procedimiento general que abarca desde la extracción de caliza hasta el manejo de la seguridad y medio ambiente				

Ilustración 4 HOE de perforación

PROCESO	1	No CONTROL	VOL001					
NOMBRE DE OPERACIÓN	EXPLOTACIÓN	Nombre de PROCESO PARA CARTA DE CONTROL	1					
No de ACTIVIDAD	1	PERIODO DE APRENDIZAJE	7 DÍAS	1	sep-24	ISMAEL POZOS	YESICA AMAIRANI CASILLAS FERNÁNDEZ	PRIMER ELABORACIÓN
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	VOLADURA	TIEMPO ESTANDAR	1 HRA	EDICIÓN	FECHA DE REVISIÓN	REVISIÓN Y AUTORIZACIÓN	ELABORACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
No	ACTIVIDAD	PUNTO CRITICO/RAZÓN DE PUNTO CRITICO/ILUSTRACIÓN/FOTOS						
1	EXPLOTACIÓN							
MEDIDAS DE SEGURIDAD	IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDAD	MÉTODO DE CONTROL ESTADÍSTICO	PROCEDIMIENTO			EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS/FRECUENCIA DE CAMBIO		
Equipos de protección personal (EPP): Casco, gafas de seguridad, protectores auditivos, chaleco reflectante, botas de seguridad, guantes.	Es un proceso esencial que permite planificar, ejecutar y controlar las actividades relacionadas con el uso de explosivos en una cantera. Este procedimiento asegura que las voladuras se realicen de forma eficiente, segura y con los resultados esperados en términos de fragmentación del material.	Fragmentación del material: Distribución del tamaño de los fragmentos tras la voladura. Consumo de explosivos por tonelada de material movido: Evaluar la eficiencia del diseño de la voladura. Rendimiento de la voladura: Relación entre el volumen extraído y los recursos utilizados.	Determinar la cantidad y tipo de explosivos a utilizar, la secuencia de detonación y las medidas de seguridad. Realizar un análisis geotécnico del terreno para asegurarse de que la voladura no afecte la estabilidad de la cantera. Preparación del área: Establecer un perímetro de seguridad en un radio de al menos 200 metros alrededor de la zona de voladura. Colocar señales de advertencia y evacuar a las personas fuera de la zona de peligro. Verificar que todos los trabajadores en la zona estén usando equipo de protección personal (EPP). Carga de explosivos: Cargar los explosivos en los agujeros perforados, siguiendo estrictamente el diseño y las recomendaciones de seguridad. Asegurar que la carga de explosivos esté correctamente sellada para evitar cualquier riesgo de fuga o detonación accidental.			Explosivos (ANFO, emulsiones): Uso: Fragmentación de roca. Frecuencia de reposición: Según el plan de voladuras y el volumen de roca a fragmentar. Sistemas de iniciación (cordón detonante, detonadores NONEL): Uso: Activación de explosivos. Frecuencia de reposición: Con cada voladura; inspección antes de cada uso.		
EJEMPLOS DE ACCIDENTES	MEDIDAS CONTRA ANORMALIDADES	EJEMPLO DE DEFECTOS ANTERIORES	AJUSTES			PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE PROCESO		
Explosión Prematura Fragmentos Voladores (Fly-Rock) Vibraciones Excesivos Explosivos Sin Detonar (Barrenos Fallidos) Daños a Infraestructura por Proyección de Energía Falla en la Comunicación Contaminación Ambiental	Planificación detallada: Desarrollar un plan de voladura con cálculos precisos sobre el uso de explosivos, ubicaciones y secuencias de detonación. Inspección previa de explosivos: Verificar que los explosivos estén en condiciones óptimas antes de ser utilizados. Monitoreo de las condiciones geológicas: Evaluar la estabilidad del terreno antes de realizar la voladura, con el fin de evitar desprendimientos o fallas geológicas inesperadas. Revisión de la seguridad: Asegurar que las áreas de trabajo y las zonas cercanas estén evacuadas y que las señales de advertencia estén claras.	Las voladuras en canteras de caliza y otras industrias mineras son operaciones de alto riesgo, donde los accidentes pueden ocurrir debido a fallos técnicos, errores humanos o condiciones inesperadas.	Ajuste en la cantidad de explosivo: Si la fragmentación no es adecuada, se pueden ajustar las cantidades de explosivos según el tipo de roca y el objetivo de la voladura. Ajuste en el patrón de perforación: En caso de que la voladura no se realice de manera eficiente, se puede modificar el patrón de perforación (número de agujeros, disposición, profundidad). Ajuste en el sistema de detonación: Si la detonación no es precisa, ajustar el sistema de iniciación o la secuencia de explosivos para mejorar el control de la voladura.			Selección de explosivos: Elegir el tipo adecuado según las características de la roca y el diseño (ANFO, emulsión, gelatinas). Preparación de la carga: Cargar cada barreno con explosivos según el diseño y el factor de carga calculado. Colocar material de retacado (arena o grava) para sellar la carga y dirigir la energía hacia la roca. Instalación del sistema de iniciación: Conectar detonadores y cordón detonante siguiendo el esquema de conexión establecido. Verificar la continuidad del circuito eléctrico o no eléctrico.		

Ilustración 5 HOE de explotación de materia prima

PROCESO	1	No CONTROL	CAR001					
NOMBRE DE OPERACIÓN	CARGA	No DE PROCESO PARA CARTA DE CONTROL	1					
No DE ACTIVIDAD	1	PERIODO DE APRENDIZAJE	7 DÍAS	1	sep-24	ISMAEL POZOS	YESICA AMAIRANI CASILLAS FERNÁNDEZ	PRIMER ELABORACIÓN
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	CARGA DE PIEDRA CALIZA	TIEMPO ESTANDAR	1 HRA	EDICIÓN	FECHA DE REVISIÓN	REVISIÓN Y AUTORIZACIÓN	ELABORACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
No	ACTIVIDAD	PUNTO CRITICO/RAZÓN DE PUNTO CRITICO/ILUSTRACIÓN/FOTOS						
1	CARGA DE PIEDRA CALIZA							
MEDIDAS DE SEGURIDAD	IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDAD	MÉTODO DE CONTROL ESTADÍSTICO	PROCEDIMIENTO			EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS/FRECUENCIA DE CAMBIO		
Equipos de protección personal (EPP): Casco, gafas de seguridad, protectores auditivos, chaleco reflectante, botas de seguridad, guantes.	CARGA DE MATERIA PRIMA	EL CONTROL ESTADÍSTICO DE UN CARGADOR EN UNA CANTERA DE CALIZA PERMITE OPTIMIZAR SU DESEMPEÑO, REDUCIR COSTOS OPERATIVOS Y MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL. ESTO IMPLICA MONITOREAR PARÁMETROS CLAVE RELACIONADOS CON LA CARGA, PRODUCTIVIDAD Y MANTENIMIENTO, APLICANDO HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA IDENTIFICAR TENDENCIAS, VARIACIONES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA.	CARGA DE MATERIA PRIMA (CALIZA) DE LA VOLADURA QUE SE EXPLOTO, MANIPULA APROXIMADAMENTE 6 CUCHARONASOS, QUE EQUIVALEN ALREDEDOR DE 33 TONELADAS POR TRACTO.			CARGADOR FRONTAL 972L		
EJEMPLOS DE ACCIDENTES	MEDIDAS CONTRA ANORMALIDADES	EJEMPLO DE DEFECTOS ANTERIORES	AJUSTES			PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE PROCESO		
FALLO EN EL SISTEMA HIDRÁULICO SOBRECALENTAMIENTO DEL MOTOR DESGASTE PREMATURO DE LOS NEUMÁTICOS ROTURA DE LOS PASADORES Y BUJES DEL BRAZO EXPLOSIÓN NO CONTROLADA CONTACTO CON CABLES DE ALTA TENSIÓN COLISIÓN ENTRE EQUIPOS PESADOS CAÍDA DESDE ALTURAS	EQUIPO DESCRIPCIÓN: LA CALIZA CARGADA SUPERA LA CAPACIDAD NOMINAL DEL CARGADOR, LO QUE PROVOCA DESGASTE PREMATURO, MAYOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y RIESGOS DE VUELCO. MEDIDAS CORRECTIVAS: IMPLEMENTAR SISTEMAS DE PESAJE A BORDO PARA CONTROLAR LA CARGA EN TIEMPO REAL. CAPACITAR A LOS OPERADORES SOBRE LOS LÍMITES DE CARGA DEL EQUIPO. SUPERVISAR REGULARMENTE LAS OPERACIONES Y REALIZAR	EL MANTENIMIENTO REGULAR Y EL MONITOREO CONSTANTE DEL CARGADOR 972 SON ESENCIALES PARA PREVENIR DEFECTOS Y MAXIMIZAR SU TIEMPO DE OPERACIÓN. LA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL, JUNTO CON UN PROGRAMA ESTRUCTURADO DE INSPECCIONES Y MANTENIMIENTO, ES CLAVE PARA REDUCIR PARADAS NO PLANIFICADAS Y GARANTIZAR LA SEGURIDAD EN LAS OPERACIONES DE CANTERA.	EL AJUSTE DE CARGA ES UN PROCESO CRUCIAL EN OPERACIONES DE VOLADURA PARA ASEGURAR QUE LA CANTIDAD DE EXPLOSIVO UTILIZADO SEA LA ADECUADA PARA OBTENER UNA FRAGMENTACIÓN ÓPTIMA, MINIMIZAR RIESGOS, Y REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO.			REQUIERE MANTENERSE EN EL BANCO DE MATERIAL PARA ASI REALIZAR LA CARGA DE MATERIA PRIMA, YA DETERMINADA LA VOLADURA Y ESPECIFICACIONES.		

Ilustración 6 HOE de carga de materia prima

No	ACTIVIDAD	PUNTO CRITICO/RAZÓN DE PUNTO CRITICO/ILUSTRACIÓN/FOTOS		
1	ACARREO DE MATERIA PRIMA CALIZA			
MEDIDAS DE SEGURIDAD	IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDAD	MÉTODO DE CONTROL ESTADÍSTICO	PROCEDIMIENTO	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS/FRECUENCIA DE CAMBIO
Equipos de protección personal (EPP): Casco, gafas de seguridad, protectores auditivos, chaleco reflectante, botas de seguridad, guantes.	Una vez extraída, la caliza es transportada hasta las plantas de procesamiento. Este acarreo se puede realizar utilizando diferentes medios de transporte, dependiendo de la distancia y el tipo de terreno	Tiempo de ciclo de transporte: Duración promedio desde la carga hasta la descarga. Capacidad de carga utilizada (%): Medir la eficiencia del uso de los camiones. Consumo de combustible por tonelada transportada: Indicador clave de costos operativos.	Se realiza el traslado de material caliza en una zona rural, transitando aproximadamente 15 kilómetros por vuelta; llegando a tolva de agregados para su destino inicial de la elaboración de cemento.	Se cuentan con 7 tracto camiones con caja de tres ejes incluida.
EJEMPLOS DE ACCIDENTES	MEDIDAS CONTRA ANORMALIDADES	EJEMPLO DE DEFECTOS ANTERIORES	AJUSTES	PROCEDIMIENTO PARA PREPARACIÓN DE PROCESO
<p><b>Extracción:</b> Desprendimiento de rocas y explosiones accidentales. Caídas de trabajadores por falta de protección o medidas de seguridad.</p> <p><b>Acarreo (Transporte):</b> Volcadura de camiones debido a malas condiciones del terreno o sobrecarga. Colisiones entre vehículos y atropellos de trabajadores.</p> <p><b>Almacenamiento:</b> Caídas de material o desmoronamiento de pilas de caliza.</p> <p><b>Maquinaria:</b> Atrapamiento en maquinaria pesada y fallas mecánicas en los equipos de acarreo.</p> <p><b>Condiciones ambientales:</b> Accidente debido a condiciones meteorológicas adversas o exposición a polvo y partículas sin protección adecuada. Falta de seguridad: Accidentes por incumplimiento de normas de seguridad o falta de capacitación. Estos accidentes pueden tener consecuencias graves para los trabajadores y la operación, por lo que es fundamental implementar medidas de seguridad, capacitación adecuada y un manejo responsable de los riesgos.</p>	<p><b>Mantenimiento de los vehículos:</b> Implementar un programa de mantenimiento preventivo para los camiones de acarreo y otros vehículos.</p> <p><b>Capacitación en manejo de equipos:</b> Asegurarse de que los conductores y operadores de maquinaria estén capacitados en el manejo seguro de los equipos.</p> <p><b>Revisión de rutas y señalización:</b> Asegurarse de que las rutas de transporte estén libres de obstáculos y correctamente señalizadas para evitar accidentes.</p> <p><b>Control de cargas:</b> Asegurarse de que los camiones no estén sobrecargados, lo que podría generar accidentes o daños al equipo.</p>	<p>Los defectos anteriores en las actividades de acarreo de caliza se refieren a fallas previas que pueden haber influido en un accidente o en una situación peligrosa en el proceso. Estos defectos pueden ser en equipos, procesos, condiciones de trabajo o falta de medidas de seguridad.</p>	<p>Realizar ajustes en los equipos, infraestructuras, procedimientos y medidas de seguridad es crucial para reducir los riesgos y prevenir accidentes en la actividad de acarreo de caliza. Estos ajustes mejoran la seguridad laboral, aumentan la eficiencia operativa y protegen tanto a los trabajadores como a los equipos.</p>	<p>El procedimiento para la preparación del proceso en la actividad de acarreo de materia prima caliza implica una serie de pasos y medidas para garantizar que todas las etapas del proceso de extracción, acarreo, y almacenamiento se realicen de forma eficiente y segura. Este procedimiento busca asegurar que todas las operaciones se efectúen conforme a las normativas, minimizando riesgos y maximizando la eficiencia.</p>

Ilustración 7 HOE de acarreo de materia prima

Objetivo Propuesto	Resultado Esperado
Elaborar hoja de operación estándar bajo la Norma "NOM-023-STPS-2012" de la Empresa "Transportes Hidro Hidalguenses" para facilitar la operación de los equipos.	Hoja de operación estándar bajo la Norma "NOM-023-STPS-2012" de la Empresa "Transportes Hidro Hidalguenses"
Implementar la Metodología AMEF, mejora continua e Ishikawa en la cantera el ranchito de Materia Prima de la Empresa "Transportes Hidro Hidalguenses"	Evidencias de cada paso de implementación del AMEF, mejora continua en la cantera el ranchito de Materia Prima de la Empresa "Transportes Hidro Hidalguenses"
Documentar los procedimientos paso por paso que se realizan en la cantera el ranchito en la Empresa "Transportes Hidro Hidalguenses"	Procesos de operación documentados: descripción detallada de procedimiento, diagrama de flujo, etc.

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES**

### **13. Conclusiones del Proyecto**

La implementación de las Hojas de Operación Estándar (HOE) en la cantera el ranchito de caliza ha demostrado ser efectiva para mejorar la seguridad laboral, optimizar la eficiencia operativa, reducir el impacto ambiental y garantizar el cumplimiento de las normativas. Los resultados más relevantes incluyen una significativa reducción en los accidentes laborales, una mejora en la productividad de los equipos, y una gestión más eficiente de los recursos materiales y humanos.

Además, la HOE contribuyó a una mejor preparación ante emergencias y a la implementación de prácticas sostenibles, lo que ayudó a minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente, como el polvo y la gestión de residuos.

Aunque la HOE ha sido exitosa en muchos aspectos, algunos factores como la variabilidad en las condiciones climáticas y geológicas de la cantera, así como la resistencia al cambio en el personal, fueron limitaciones que afectaron la plena implementación de algunos procedimientos.

### **Futuras investigaciones**

Sería valioso investigar cómo la HOE puede adaptarse a diferentes tipos de canteras, considerando sus particularidades geológicas y ambientales, y cómo el uso de nuevas tecnologías puede seguir mejorando la eficiencia operativa y la seguridad en la minería de caliza y recursos naturales.

## **CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS**

### **14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.**

1. Apliqué habilidades directivas y de ingeniería en la toma de decisiones en la cantera el ranchito de caliza, se aplicaron habilidades directivas y de ingeniería para diseñar y gestionar eficientemente los procesos de extracción, transporte y procesamiento de la caliza. Se tomaron decisiones basadas en un enfoque sistémico y sustentable, lo que permitió optimizar las operaciones y garantizar la continuidad de la producción sin comprometer el medio ambiente.
2. Diseñé e innové nuevas estructuras HOE que mejoraron la coordinación y eficiencia de los equipos operativos. Los procesos operativos fueron optimizados, para mejorar la productividad en la extracción y procesamiento de caliza, permitiendo a la mina competir eficientemente en el mercado.
3. Gestioné una visión compartida entre los equipos de trabajo, optimizando el uso de maquinaria y equipos, y garantizando que los productos de caliza fueran de la más alta calidad.
4. Apliqué métodos cuantitativos y cualitativos para analizar datos relacionados con la producción, el consumo de recursos y el rendimiento de la maquinaria. Esto permitió identificar áreas de mejora continua en el proceso de extracción métodos cuantitativos y cualitativos para la mejora continua y procesamiento de caliza, asegurando que se cumpliera con los estándares de calidad mundial.
5. Implementé planes de seguridad e higiene para garantizar un entorno laboral seguro. Se establecieron protocolos para la gestión de riesgos y la protección de los trabajadores, asegurando que las condiciones de trabajo fueran óptimas y que se cumplieran con las normativas de seguridad.
6. Gestioné sistemas integrales de calidad que permitieron mejorar los procesos operativos en la mina. Esto incluyó la implementación de controles de calidad en la extracción, el transporte y el procesamiento de caliza, asegurando que los productos finales cumplieran con los estándares internacionales.
7. Apliqué normas legales para el desarrollo de la organización para asegurar que la mina operara dentro del marco legal establecido. Se cumplieron con las regulaciones ambientales, laborales y de seguridad, lo que permitió el desarrollo sostenible de la operación.
8. Dirigí equipos de trabajo para la mejora continua de trabajo para fomentar un ambiente colaborativo y orientado a la mejora continua. Se promovieron prácticas de capacitación constante y se implementaron estrategias de liderazgo que contribuyeron al crecimiento integral de los trabajadores y la mina en general.

- 9.** Utilicé tecnologías de información y comunicación para optimizar los procesos operativos y facilitar la toma de decisiones en tiempo real. Esto permitió mejorar la gestión de recursos, el monitoreo de la producción y la comunicación interna dentro de la mina.
- 10.** Apliqué métodos para la solución de problemas en la gestión empresarial, técnicas y herramientas para resolver problemas operativos, como los retrasos en la extracción o la baja eficiencia de las máquinas. Las soluciones estratégicas implementadas ayudaron a mejorar la gestión empresarial y a mantener la competitividad de la mina en un entorno cambiante.
- 11.** En resumen, mediante la implementación de hojas de operación estándar (HOE) y la aplicación de diversas habilidades directivas y técnicas, se lograron optimizar los procesos operativos de la mina a cielo abierto en la cantera el ranchito de piedra caliza. Esto permitió aumentar la eficiencia, mejorar la seguridad laboral y garantizar un desarrollo sostenible en un contexto altamente competitivo.

## CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

### 15. Fuentes de información

#### Bibliografía

AMEF. (2022, abril 21). Datalyzer; Datalyzer International bv.

<https://datalyzer.com/es/saber/que-es-amef/>

AMEF *Análisis del Modo y Efecto de Falla*. (2012, octubre 31). SPC Consulting Group | Expertos en capacitación y consultoría para la mejora continua y gestión de la calidad; SPC Consulting Group. <https://spcgroup.com.mx/amef-analisis-del-modo-y-efecto-de-falla/>

de Madrid, E. T. S. D. E. I. D. E. M. (s/f). *PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS EN MINERÍA*. Upm.es. Recuperado el 17 de diciembre de 2024, de [https://oa.upm.es/21848/8/20131007\\_PERFORACION\\_Y\\_VOLADURA.pdf](https://oa.upm.es/21848/8/20131007_PERFORACION_Y_VOLADURA.pdf)

Mecalux. (s/f). *Diagrama de Ishikawa y su aplicación en logística*. Com.mx. Recuperado el 17 de diciembre de 2024, de <https://www.mecalux.com.mx/blog/diagrama-de-ishikawa>

*Piedra Caliza*. (s/f). Weebly.com. Recuperado el 17 de diciembre de 2024, de <https://procesosmineros.weebly.com/piedra-caliza.html>

Sánchez, P. (2022, enero 12). Aguascalientes, el pequeño gigante minero. *Mining México*. <https://miningmexico.com/aguascalientes-pequeno-gigante-minero/>

(S/f). Ecorfan.org. Recuperado el 17 de diciembre de 2024, de [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Industrial/vol2num6/Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_Industrial\\_V2\\_N6\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol2num6/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Industrial_V2_N6_1.pdf)