



**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE GUANAJUATO**

**“DESARROLLO DE ESTUDIO DE TIEMPOS COMO
MÉTODO ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE
LA MINA LUCERO”**

TESIS

Presenta:

Pedro Araujo Ramírez

Con la asesoría de:

M.A. Claudia Rivera Domínguez

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
GUANAJUATO**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE GUANAJUATO**

INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANTEPROYECTO DE TITULACIÓN

BAJO LA OPCIÓN NO. I. "TESIS".

**Desarrollo de estudio de tiempos como método análisis
del proceso de extracción de la Mina Lucero**

Presenta:

Pedro Araujo Ramírez

Guanajuato, Gto. 05 de marzo de 2021

Agradecimientos

A mis padres por apoyarme durante el transcurso de mi carrera.

A mis abuelos por brindarme apoyo económico.

A mi esposa y mi hija, por todo su amor y apoyo brindado y por ser mi razón
para salir adelante.

A mis amigos, por acompañarme y apoyarme cada día dentro y fuera del aula
de clase.

A mis profesores, por transmitirme sus conocimientos y confianza.

Resumen

El presente estudio se realizó en la Unidad Minera de Bolañitos planteando como objetivo el desarrollo de estudio de tiempos como método de análisis del proceso de extracción de la Mina Lucero para la detección de oportunidades de mejora. Se emplean dos técnicas diferentes: estudio de tiempos con cronómetro para el proceso de acarreo y estudio de tiempos empleando un cursograma para el proceso de barrenación. Con los resultados obtenidos, se logra determinar por qué el incumplimiento del plan de producción mediante un análisis de causa raíz, determinando que el proceso de acarreo es afectado por cuatro demoras principales: Tiempos de espera para iniciar el recorrido, Disponibilidad de los Scooptram, Tiempos de espera para ingresar a interior mina y Tiempos de traslado y espera al no haber mineral disponible. Dentro de estas causas, la mayor deficiencia es representada por el tiempo muerto generado en el cargado de los camiones abarcando un promedio del 50% del tiempo ciclo. En el proceso de barrenación con máquina de pierna, se determinó que el elemento denominado "Post-turno" es el más incidente, representando el 40% de los tiempos muertos durante el turno.

Por último, se logró concluir que la mano de obra no es la principal causa por la cual no se cumple el plan de producción y con la información cualitativa recolectada durante el desarrollo de este estudio, permitirá a la gerencia crear estrategias que mitiguen los tiempos muertos, optimizando el proceso de extracción.

Índice

Agradecimientos	3
Resumen.....	4
Índice de tablas.	7
Índice de figuras	8
Introducción.....	11
Capítulo 1. Generalidades del proyecto.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 justificación.....	14
1.3 Viabilidad.....	15
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo general.....	16
1.4.2 Objetivos específicos.....	16
Capítulo 2. Marco teórico.....	16
2.1 Fundamento teórico.....	16
2.2 Antecedentes.....	46
Capítulo 3. Metodología.....	48

3.1 Materiales y métodos.....	48
Estudio de tiempos del proceso de acarreo.....	48
Estudio de tiempos del proceso de barrenación con máquina de pierna...	56
Diagrama por qué por qué. Proceso de acarreo de mineral.	63
Diagrama de Pareto.....	64
Capítulo 4. Discusión y análisis de resultados.	66
4.1 Resultados.....	66
Tiempo estándar.....	66
Velocidad promedio de recorrido.	69
Diagrama de Pareto. Causas de demoras.....	70
Diagrama ¿por qué, por qué?. Análisis de demoras.....	72
Estudio de tiempos de ciclo largo. Barrenación con máquina de pierna...	76
Sección 3x3	77
Estudio de tiempos de ciclo largo.	79
Tiempos muertos. Análisis general.....	93
4.2 Importancia o trascendencia.....	93
Conclusiones y recomendaciones.....	94

Recomendaciones.....	95
Proceso de acarreo de mineral.....	96
Proceso de barrenación con máquina de pierna.....	98
Datos de la empresa o institución.....	100
A) Marco contextual.....	100
B) Organigrama.....	101
C) Misión.....	103
ANEXOS.....	104
Anexo A. Instrumentos de Recogida de datos.....	104
Anexo B. Glosario de términos.....	109
Bibliografía.....	113

Índice de tablas.

Tabla 1. Tabla Westinghouse para la selección de muestras a tomar.....	53
Tabla 2. Número de muestras a cronometrar, elementos propios.....	53
Tabla 3. Número de muestras a cronometrar, elementos comunes.....	54

Tabla 4. Tiempos Suplementarios.....	62
Tabla 5. Tiempo estandar por stock.....	66
Tabla 6. Velocidad promedio de recorrido.	69
Tabla 7. Tiempo estándar por tipo de barreno.	76
Tabla 8. Resumen general por muestra.....	79
Tabla 9. Clasificación de tiempos por muestras.....	80
Tabla 10. Resumen general por muestra.....	83
Tabla 11. Clasificación de tiempos por muestras.....	84
Tabla 12. Resumen general por muestra.....	85
Tabla 13. Clasificación de tiempos por muestras.....	87
Tabla 14. Resumen general por muestra.....	88
Tabla 15. Clasificación de tiempos por muestras.....	89
Tabla 16. Resumen general por muestra.....	91
Tabla 17. Clasificación de tiempos por muestras.....	91

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Pareto.....	31
Figura 2. La minería en el hogar	34

Figura 3. Portal de Mina Lucero.	35
Figura 4. Métodos de minado subterráneo.	37
Figura 5. Método de explotación por Corte y Relleno.	38
Figura 6. Proceso productivo minero.	40
Figura 7. Máquina de pierna neumática.	42
Figura 8. Broca de botones.	43
Figura 9. Barra cónica de barrenación.	44
Figura 10. Cargador de bajo perfil "Scooptram".	44
Figura 11. Función Stat.	65
Figura 12. Asignación de atributos.	66
Figura 13. Demoras presentes en el acarreo.	71
Figura 14. Análisis de causa-raíz de demoras en el acarreo.	72
Figura 15. Plantilla de barrenación a sección 3x3.	77
Figura 16. Plantilla de barrenación a sección 2.5x2.5.	78
Figura 17. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.	82
Figura 18. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.	85
Figura 19. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.	88

Figura 20. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.....	90
Figura 21. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.....	92
Figura 22. Análisis general de tiempo muerto.....	93
Figura 23. Propuestas de mejora.....	97
Figura 24. Propiedad de Endeavour Silver.....	101
Figura 25. Departamentos de Unidad Bolañitos.....	102
Figura 26. Instrumento de recogida de datos para el proceso de acarreo, elementos comunes.....	105
Figura 27. Instrumento de recogida de datos para el proceso de acarreo, elementos únicos.....	106
Figura 28. Instrumento de recogida de datos para barrenos con máquina de pierna.....	107
Figura 29. Cursograma de proceso de barrenación con máquina de pierna. .	108

Introducción.

La minería engloba al conjunto de actividades que se llevan a cabo para obtener recursos de un yacimiento mineral. Dentro de las actividades que conlleva la explotación de mineral se encuentra la planeación de la producción, la cual se basa en los recursos o yacimientos minerales económicos disponibles.

La minería, al igual que otras disciplinas se auxilian de técnicas o herramientas para llevar a cabo los procesos de una manera óptima, por ello, no es novedoso que la ingeniería industrial se vea involucrada dentro de este giro aportando principalmente a la operación los estudios de tiempo. El método de estudio de tiempos se utiliza para establecer un tiempo estándar de operación, lo que permite crear un pronóstico, detectar áreas de mejora, modificar la metodología de un proceso, optimizar la distribución de un área de trabajo, etc. La toma de tiempos con cronómetro comienza con la selección de la muestra, la cual se obtiene de acuerdo con la ocurrencia y duración del proceso a lo largo del año, basado en la tabla Westinghouse. Posterior a esto, se cronometra el proceso y se realizan los cálculos de tiempo básico, suplementos o tolerancias y el tiempo estándar. Al realizar los estudios mencionados, se genera información relevante para la planeación de la producción en periodos subsecuentes y para la corrección y/o control de variables que afectan al cumplimiento de la producción.

Una vez obtenida la información con el estudio de tiempos, es analizada mediante un diagrama ¿Por qué, por qué?, el cual, se utiliza para identificar la causa – raíz de un fenómeno. De la misma manera, se utilizan diagramas de

Pareto para identificar prioridades y causas, ya que se ordenan según la importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso.

El proyecto adopta un diseño transversal correlacional causal, Hernández Sampieri et al., nos mencionan que estos diseños describen relaciones entre dos o más variables en un momento determinado, en este caso, el proceso de extracción depende de la barrenación para crear los orificios donde será colocado el explosivo, de la voladura para tumbar el mineral, del rezagado y cargado a través del acarreo para trasladar el mineral a planta de beneficio y continuar con el proceso de recuperación de valores, creando un ciclo de minado durante un periodo de tiempo.

La muestra se determina con el método muestral no probabilístico por conveniencia seleccionando únicamente las unidades de volteo pobladas al acarreo de mineral. Por otra parte, para la toma de datos de barrenación con máquina de pierna, se determina la muestra por parte del superintendente del departamento de mina, adoptando, el método ya mencionado.

Después de determinar e identificar las unidades que serían un medio para la toma de tiempos, se determina el número de muestras consideradas, dicha muestra es basada en la tabla Westinghouse.

Por último, se presentan las propuestas que podrían asegurar el cumplimiento de la producción y la solución a las áreas de oportunidad encontradas durante el estudio.

Capítulo 1. Generalidades del proyecto.

1.1 Planteamiento del problema.

La producción de la Mina Lucero no ha sido la suficiente para cumplir con el plan mensual, mencionando un histórico del año 2019 donde únicamente se cumplió con la producción en tres meses, En enero se logró un cumplimiento del 107.2%, en febrero: 82.3%, en marzo: 61%, Abril: 59%, mayo: 43%, junio: 40%, julio: 36%, agosto: 74.8%, septiembre: 62.9%, octubre: 88%, noviembre: 119% y diciembre: 194.9%. Este déficit está relacionado principalmente con la operación, ya que se han observado deficiencias en los tiempos de la preparación de los rebajes (ciclo de minado), envolviendo así la seguridad industrial, geología, planeación e ingeniería y mantenimiento. Asimismo la superintendencia del departamento de mina ha concluido que el atraso se deriva de las condiciones actuales de la infraestructura y el desarrollo de la misma y que el plan no considera dichas condiciones, por otra parte, la gerencia de la unidad consideró viable la realización de este proyecto para recolectar información que funcione como referencia para futuras planeaciones según los tiempos obtenidos en los diversos subprocesos o actividades y para detectar la causa raíz de los principales factores que afectan al cumplimiento de la producción, para que de este modo, puedan llevarse a cabo las estrategias necesarias y planteadas para eliminar o disminuir estas deficiencias.

1.2 justificación.

La industria minera se desenvuelve en un ambiente de factores que presentan un amplio dinamismo y por lo tanto son difíciles de controlar, obteniendo una mayor incertidumbre en los procesos. Debido a la importancia que la mina Lucero representa para la Unidad Bolañitos puesto que el departamento de geología, conjunto con el laboratorio de ensayos han demostrado que la ley del mineral se encuentra en su mayoría por encima del Cut Off¹. Con el desarrollo del proyecto planteado por el departamento de mina se generará un impacto técnico y económico por lo que es necesario encontrar la causa – raíz a los problemas que actualmente afectan al cumplimiento del plan de desarrollo ya que existe un atraso en el mismo, por lo tanto, no se logra cumplir el plan de producción, sumando a esto, aspectos técnicos como la calidad de la barrenación y la modificación del ciclo de minado; El ciclo de minado puede variar según las necesidades de la obra. Actualmente, el departamento de Seguridad e Higiene Industrial ha detectado condiciones fuera de los estándares, por lo que ha detenido dichas obras, ocasionando uno de los factores que generan el atraso. Lo anterior genera un impacto económico, ya que el atraso representa un aumento en tiempo muerto y sobretodo los re trabajos que se generan al no llevar un control en las obras, a su vez, aumentando los gastos relativos al acero, explosivo, horas hombre y servicios como energía eléctrica y agua. Las paradas no planificadas ocasionadas

¹ Es la concentración mínima que debe tener un elemento en un yacimiento para ser económicamente explotable, es decir, la concentración que hace posible pagar los costes de su extracción, su tratamiento y su comercialización.

- Más información en: [Ley de corte \(cut off\) \(Minería\)](https://glosarios.servidor-alicante.com) © <https://glosarios.servidor-alicante.com>

por el mantenimiento correctivo generan un aumento de los costos y atraso al no contar con el equipo necesario para la tarea planeada por el departamento de mina.

De optar por alguna de las recomendaciones planteadas, las empresas contratistas se verán involucradas en las acciones que se llevarán a cabo debido a que se adaptarían a los cambios necesarios de la estrategia que deba implementarse.

1.3 Viabilidad.

Dentro de la viabilidad técnica es posible realizar el estudio de tiempos dentro de la unidad minera, ya que no se requiere de tecnología avanzada o considerada como inaccesible por cuestiones económicas. El cronómetro es la principal herramienta, por lo tanto, el proyecto cumple con lo necesario para cubrir el aspecto técnico. La mina Lucero se encuentra ubicada a 40 minutos del centro de la ciudad, por ello la necesidad de usar un medio de transporte, por lo tanto, la compañía minera ofreció el servicio para la realización de proyecto.

La viabilidad temporal se vio afectada por el periodo de receso obligatorio durante el mes de abril ocasionado por la pandemia, sin embargo, durante este periodo se trabajó en la documentación del proyecto reanudando la investigación en campo inmediatamente en el mes de mayo y cumpliendo con los requisitos establecidos con el reglamento del Instituto referentes a la duración del proyecto.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

Desarrollar un estudio de tiempos como método de análisis del proceso de extracción para detectar áreas de mejora.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Efectuar el estudio de tiempos a los procesos seleccionados alineados al proceso de extracción.
- Realizar la extensión del estudio de tiempos para la obtención de tiempos estándar.
- Determinar el número de ciclos por cronometrar basado en la metodología Westinghouse.
- Calificar, nivelar y normalizar el desempeño de los operadores para lograr una estandarización.
- Hacer público el estudio para involucrar a las partes interesadas.
- Detectar las principales áreas de oportunidad en el proceso estudiado.
- Analizar la información utilizando herramientas de control estadístico de la calidad para la generación de propuestas de mejora.

Capítulo 2. Marco teórico.

2.1 Fundamento teórico

La Ingeniería Industrial se basa en el uso de técnicas y métodos para la optimización de procesos desde artesanales hasta industriales, incrementando la productividad, eliminando o controlando desperdicios existentes en metodologías y

procesos redundantes, por ello, al igual que otras disciplinas se le considera como multi e interdisciplinaria, así lo menciona (Baca, 2014):

La práctica de la ingeniería industrial se caracteriza por ser multi e interdisciplinaria. La *multidisciplina* implica el uso de muchas o múltiples disciplinas en una sola área de estudio en este caso, en la teoría y la práctica de la ingeniería industrial. Esto significa que para entender lo que sucede al manejar flujos de información, de dinero o de materiales dentro de la empresa, siempre se puede hacer uso de una o varias disciplinas. Por otro lado, la *interdisciplina* es la interacción de diferentes disciplinas para la solución de un problema determinado. (p.20)

Al utilizar la multi o interdisciplinaria se logra obtener un panorama más amplio ya que las técnicas de cierta disciplina pueden fusionarse o complementarse con las otras y así obtener diversas alternativas para el manejo eficiente de información o procesos. Este proyecto es el ejemplo de ello, ya que se debe obtener un conocimiento sobre los procesos mineros para poder analizar las causas y planear la mejor estrategia para abordar más acertadamente la planeación de los estudios.

La productividad juega un papel importante en aquellas empresas que buscan el crecimiento e incremento de sus ganancias. Tal es el caso de la empresa “Endeavour Silver” cuyo lema: “*Focused on Growth*” significa: “*Centrado en el crecimiento*” (traducción de Linguee). “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos”. (Gutiérrez, 2014, p.21).

Según la (Secretaría de economía, 2020), el sector minero-metalúrgico en México aporta el 4% del Producto Interno Bruto nacional, Ocupa el primer lugar en la producción de plata a nivel mundial y de acuerdo con el reporte publicado por (SNL Metals & Mining, 2015) es el primer destino en inversión en exploración minera en América Latina. Por otra parte, Guanajuato fue un importante pueblo minero que tuvo su auge durante el siglo XVI con el descubrimiento de la primera mina, situada en el mineral de la Luz al igual que la “Unidad Bolañitos” y en la actualidad, es la fuente de ingreso de 2,425 familias (INEGI, 2014).

Para muchas personas las palabras minería, plata y oro, son sinónimos del estado de Guanajuato. Esto se debe principalmente al papel que ha desempeñado el distrito minero de Guanajuato como uno de los principales productores de plata en nuestro país y, por ende, en el mundo. (Secretaria de Economía, 2018).

Como se afirmó anteriormente, la minería en Guanajuato es una fuente importante para la economía mexicana, por ello, la importancia de realizar estudios que vayan en beneficio de las principales fuentes de ingreso de una región, para aumentar la productividad constantemente.

Es importante considerar, desde el punto de vista económico y practico, ciertos cambios que continuamente se llevan a cabo en los ambientes industrial y de negocios. Dichos cambios incluyen la globalización del mercado y de la manufactura, el crecimiento del sector servicios, el uso de computadoras en todas las operaciones de la empresa y la aplicación cada vez más extensa de la Internet y la web. La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. La mejora de la productividad se refiere al

aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida. (Niebel et al., 2009, p.1).

En el presente proyecto, se busca el cumplimiento del plan de desarrollo y producción a través de un incremento en la productividad desarrollando planes de acción, los cuales se obtendrán del estudio de tiempos y el análisis de la información con técnicas estadísticas y administrativas de la calidad.

Las herramientas fundamentales que generan una mejora en la productividad incluyen métodos, estudio de tiempos estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo. La ingeniería de métodos implica la utilización de la capacidad tecnológica. Debido principalmente a la ingeniería de métodos, las mejoras en la productividad nunca terminan. (Niebel et al., 2009, p.1).

El estudio o medición del trabajo, como su nombre lo indica, se enfoca a la evaluación de las técnicas para desarrollar una tarea.

Se entiende por estudio del trabajo, genéricamente, ciertas técnicas, y en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras (Oficina Internacional del Trabajo [OIT], 2000, p.9)

Al aplicar cualquier técnica incluida en el estudio de trabajo, se está desarrollando una manera de generar una mayor productividad.

Dentro de las técnicas más utilizadas para el muestreo de trabajo, se encuentra el estudio de tiempos con Cronómetro, que se enfoca en registrar tiempos y ritmos de trabajo extraídos de las etapas de una tarea.

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Un estudio de tiempos con cronómetro se lleva a cabo cuando:

- a) Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea.
- b) Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que insume una operación.
- c) Surgen demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- d) Se pretenden fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- e) Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas. (R García, 2005, p.185)

El estudio de tiempos, es la herramienta utilizada para obtener el tiempo ciclo y establecer el tiempo estándar de una operación de manera que pueda ser eficiente y a su vez cómoda para los operarios, es decir, que permita que el ritmo de trabajo sea equilibrado.

En las industrias de servicio, los clientes consideran el tiempo de ciclo para ofrecer una transacción como un parámetro de calidad. Ellos simplemente demandan una respuesta rápida. Así, cuando un esfuerzo de mejora de calidad reduce el reprocesamiento, las operaciones redundantes y otras deficiencias, ocurre simultáneamente una reducción en el tiempo de ciclo. (Gryna et al., 2007, p.18)

Un estudio de tiempos exige contar con materiales fundamentales para su realización, por lo tanto, la importancia del diseño de los formularios para la toma de tiempos, la oficina internacional del trabajo (OIT, 2000) menciona que:

Los apuntes se pueden tomar en hojas en blanco, pero hay que trazar entonces los renglones cada vez. Mucho más cómodo es emplear formularios impresos, todos del mismo formato, lo que además permite colocarlos en ficheros fáciles de consultar después, como lo exige un estudio de tiempos bien hecho. Por otra parte, los formularios impresos o policopiados prácticamente obligan a cierto método y no dejan, pues, omitir ningún dato esencial.

Ha de haber tantos modelos de formularios como empresas que hagan estudios de tiempos. La mayoría de los especialistas veteranos tienen su teoría sobre el trazado ideal. En esta obra se presentan modelos que han dado buenos resultados prácticos en los estudios de orden general.

Los principales modelos caen en dos categorías: los que se utilizan mientras se hacen las observaciones, de modo que deben tener un formato adaptado al del tablero y los que sirven después en la oficina, cuando se han reunido ya los datos, (pp 278-279).

En este caso, se utilizan los formatos que sirven después en la oficina. Existen formularios prediseñados sin embargo se decidió diseñar un formulario acorde a las demandas de las operaciones y al criterio del especialista. “Los formularios son la parte más complicada del aprendizaje de los estudios de tiempos: están diseñados para guiar al técnico en el procedimiento correcto.”, (Meyers, 2000, p.146).

Para el proceso de barrenación con máquina de pierna, se emplea el cursograma analítico.

El cursograma analítico es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda.

- Cursograma de operario: Diagrama en donde se registra lo que hace la persona que trabaja.
- Cursograma de material: Diagrama en donde se registra como se manipula o trata el material.
- Cursograma de equipo: Diagrama en donde se registra como se usa el equipo.

El cursograma analítico se establece en forma análoga al sinóptico, pero utilizando, además de los símbolos de <<operación>> e <<inspección>>, los de <<transporte>>, <<espera>> y <<almacenamiento>>. (OIT, 2000, p. 91).

Para este proyecto es utilizado el cursograma de operario, debido al interés de conocer los tiempos empleados a cada elemento presente.

Otra de las herramientas clave para el desarrollo de un estudio de tiempos es el cronometro por lo tanto hay que saber que:

Generalmente se usan dos tipos de cronómetros para el estudio de tiempos el cronometro ordinario y el cronometro con vuelta a cero. A veces se emplea el cronometro de registro fraccional de segundos u otra unidad de tiempo.

Estos cronómetros pueden tener una de las tres esferas graduadas siguientes:

- Para registrar un minuto por vuelta, a intervalos de 1/5 de segundo, con una manecilla que puede registrar 30 minutos.
- Para registrar un minuto por vuelta, con esfera graduada en 1/100 de minuto y una manecilla que puede registrar 30 minutos (cronómetro de minuto decimal).
- Para registrar 1/100 de hora por vuelta, con esfera graduada en 1/100 de hora; una manecilla registra hasta una hora en cien espacios (cronómetro de hora decimal).
- También hay cronómetros con esfera de minuto decimal y una esfera auxiliar independiente, generalmente rojo, graduada en segundos y en quintos de segundo.
- El cronómetro sin vuelta a cero se regula oprimiendo la corona: con la primera presión las agujas se ponen en movimiento; con la segunda se detiene, y con la tercera vuelven a cero. Este tipo solo se presta para el cronometraje acumulativo. (OIT, 2000, pp 273-274).

En la actualidad los cronómetros digitales son los utilizados para este tipo de estudios, además, son de mucha ayuda ya que no solo cuentan con el cronómetro ordinario y vuelta a cero, también poseen la función Split que para el ya mencionado estudio tuvo grandes aportaciones. Para este proyecto se utiliza el cronómetro digital integrado en un Smartphone.

Autores como la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) y Roberto García Criollo recomienda una metodología para realizar un estudio de tiempos, (Meyers, 2000) recomienda la siguiente, además que el analista la considera como la más clara.

1. Seleccionar el trabajo que se va a estudiar. Una vez determinada la razón para el estudio de un trabajo, el técnico de estudios de tiempos puede encontrar que hay

varias personas que realizan el mismo trabajo, la persona o personas cuyos tiempos estudiará, deben tener la antigüedad suficiente en el puesto para haber llegado a ser operadores calificados y bien capacitados.

2. Hacer acopio de la información sobre el trabajo. Una vez identificado el trabajo, el especialista debe reunir información con el propósito de comprender lo que debe llevarse a cabo.
3. Dividir el trabajo en elementos. Los elementos de los estudios de tiempos deben ser tan pequeños como sea posible, pero no menores a 0.30 min. Las razones para dividir un trabajo en elementos son las siguientes:
 - 3.1 Facilita la descripción del trabajo.
 - 3.2 Las partes del trabajo tienen ritmos diferentes. El técnico de estudios de tiempos será capaz de calificar o evaluar mejor al operador.
 - 3.3 La división del trabajo en elementos permite trasladar una parte a otro operador. Esto se conoce como *balanceo de la línea*.
 - 3.4 Los datos estándar pueden ser más precisos y de aplicación más universal con elementos más pequeños.
4. Efectuar el estudio de tiempos propiamente dicho. El estudio de tiempos continuo es la técnica más deseable para los estudios de tiempos. El cronómetro se deja en operación durante la duración del estudio y se registran los tiempos de terminación de los elementos detrás de la "R" de lectura.

Los estudios de restablecimientos rápidos le permiten al técnico leer el cronómetro y restablecerlo a cero inmediatamente para cronometrar el siguiente elemento.

Para ambos estudios de tiempos aplicados en este proyecto se utiliza el método de tiempos continuos, pero con la modalidad de cronometrado de vuelta a cero.

5. Hacer la extensión del estudio de tiempos. El método continuo tiene un paso de más en comparación con el de restablecimiento rápido, por lo que nos centraremos en el método continuo.

5.1 Reste lectura anterior de cada una de las lecturas. La lectura previa del elemento era su tiempo de terminación y el principio de este elemento. La sustracción del tiempo de inicio del tiempo de terminación nos da el tiempo del elemento.

5.2 Total/ciclos. Este punto se refiere al tiempo total de los ciclos cronometrados apropiados. Algunos ciclos pueden ser eliminados, porque incluyen algo que no refleja el tiempo elemental. Estos elementos se circulan. Los elementos circulados se suprimen para consideraciones futuras. Los ciclos son el número de tiempos elementales aplicables incluidos en el tiempo total.

5.3 Tiempo promedio. El tiempo promedio es el resultado de dividir el tiempo total entre el número de ciclos.

5.4 %R. La calificación porcentual se refiere en nuestra opinión a la rapidez con que se desenvuelve el operador. La calificación dividida entre 100 y multiplicada por el tiempo promedio es igual al tiempo normal.

5.5 Tiempo normal. El tiempo normal se define como el tiempo que demora un operador normal trabajando a ritmo cómodo en producir una parte.

6. Determinar el número de ciclos por cronometrar. Prácticamente en todo el trabajo de estudio de tiempos se propone una precisión de $\pm 5\%$ con un nivel de confianza del 95%. (Meyers, 2000, pp 148-157)

(García, 2000) Menciona algunas de las técnicas para elegir el número de ciclos a cronometrar:

6.1 Fórmulas estadísticas.

6.2 Ábaco de Liffson.

6.3 Tabla Westinghouse.

6.4 Criterio de la General Electric (p. 204)

El número de ciclos por cronometrar se determina con la tabla Westinghouse en el estudio de tiempos aplicado al acarreo.

7. Calificar, nivelar y normalizar el desempeño del operador. Es el proceso de ajustar el tiempo que tarda un operador, al que le correspondería a un operador normal.

La calificación del operador comprende cuatro factores:

7.1 Destreza.

7.2 Consistencia.

7.3 Condiciones de trabajo.

7.4 Esfuerzo (el más importante).

8. Aplicar tolerancias. Se agregan tolerancias al estudio de tiempos para hacer práctico el estándar de tiempo. $Tiempo\ normal\ total + Tolerancias = Tiempo\ estándar.$

Las tolerancias se clasifican en tres categorías.

8.1 Personales. Es aquel tiempo que se concede a un empleado para cuestiones personales.

8.2 Por fatiga. Es el tiempo que se concede a un empleado para que se recupere del cansancio.

8.3 Retrasos. Se consideran inevitables, porque están fuera del control del operador. (Meyers, 2000, pp 157-158)

Para el caso del proceso de barrenación con máquina de pierna se utilizaron los suplementos. Los tiempos suplementarios forman parte de las tolerancias y es un tiempo agregado para las necesidades personales de los trabajadores, también son tiempos asignados por la compañía o el analista según las condiciones en el área de trabajo.

Un suplemento es el tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea.

Suplementos que pueden concederse.

Tres son los suplementos que pueden concederse en un estudio de tiempos.

1. Suplementos por retrasos personales.
2. Suplementos por retrasos por fatiga (descanso).
3. Suplementos por retrasos especiales, incluye:
 - a. Demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes.
 - b. Demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión.
 - c. Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitiva. (García, 2005, p.225).

Una vez Calculado el tiempo estándar se verifican los resultados de una manera coherente.

9. Verificar la lógica. Una vez hechas las extensiones del estudio de tiempos se verifica la lógica de dos maneras:

9.1 El tiempo promedio debe parecerse a los tiempos elementales

9.2 Durante su estudio, usted cronometró un número específico de componentes en tiempo determinado, por ejemplo, 10 ciclos en 7.5 minutos (7.5 fue la última lectura de la décima columna). El tiempo promedio debe ser alrededor de 0.75 minutos para cada uno.

10. Publicar el estándar de tiempos. Se requieren tres cifras para comunicar un estándar de tiempo:

10.1 Minutos decimales.

10.2 Horas por unidad.

10.3 Piezas por hora. (Meyers, 2000, pp 158-159)

Para el estudio de tiempos se sigue esta metodología, la cual será plasmada en el capítulo “Desarrollo del proyecto”.

Ya obtenidos los resultados del estudio de tiempos se analiza la información, en este caso y como ya se mencionó, se utilizan las herramientas de Control de calidad.

El Control de calidad se refiere a la realización de cualquier actividad con una eficacia considerable a un coste – beneficio óptimo, satisfaciendo las necesidades del interesado. “El control de calidad consiste en el desarrollo, diseño, producción, comercialización y prestación del servicio de productos y servicios con una eficacia del coste y una utilidad óptimas, y que los clientes compraran con satisfacción”, (Ishikawa, 1994, p.2)

La mina Lucero produce mineral; Oro y Plata y su cliente interno principal, (por así decirlo), es el departamento de planta, pero durante el proceso de extracción, sus clientes son los departamentos de planeación ya que tiene que cumplir con el plan de producción, el departamento de geología porque de producir según las recomendaciones geológicas, el departamento de Seguridad e higiene Industrial porque debe de trabajar según las normas y estándares establecidos. “El proceso de control implica observar el desempeño actual, compararlo con algún estándar y luego tomar medidas si el desempeño observado es significativamente diferente al estándar” (Gryna et al., 2007, p.171).

Para asegurar el cumplimiento de calidad, existen diversas herramientas, estadísticas y administrativas para detectar y solucionar problemas.

Estas herramientas son las denominadas «Siete Herramientas del Control de la Calidad» o herramientas estadísticas básicas, y abarcan la hoja de recogida de datos, el histograma, el diagrama de Pareto, el diagrama de espina, la estratificación, el diagrama de correlación y los gráficos de control. En general, estas herramientas pueden ser utilizadas para detectar y solucionar la inmensa mayoría de los problemas que surgen en la organización. (Camisón et al., 2011, p.1225)

Es importante mencionar que para este estudio únicamente se utiliza el diagrama de Pareto y el diagrama ¿por qué, por qué?, este último tiene el mismo objetivo que el diagrama de espina de pescado; llegar a la raíz de un problema.

El diagrama de Pareto permite identificar las causas que tienen más peso en un efecto, es decir, qué aspectos afectan más a un problema. El “diagrama de Pareto, el cual es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son

los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas” (Gutiérrez y Vara, 2018, p.179).

Cuando se dicta un problema, se plantean hipótesis que quizá no estén del todo acertadas, por ello la importancia del diagrama de Pareto, pues nos orientan a realizar estrategias para el control de dichas causas. El principio de este diagrama se basa en la Ley 80-20, la cual menciona que el 20% de las causas generan el 80% de los efectos.

La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den “palos de ciego” y se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde estos tengan mayor impacto.

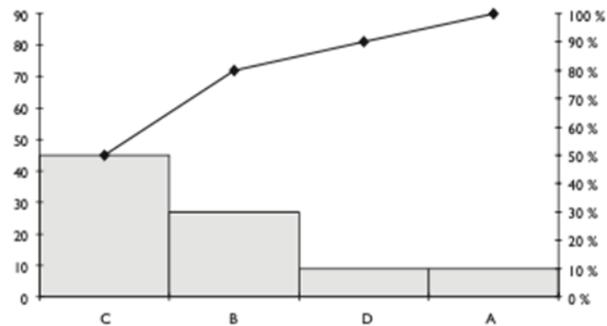
La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado *principio de Pareto*, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total. (Gutiérrez y Vara, 2018, p.179).

Varios Autores coinciden en la metodología para la realización de un Diagrama de Pareto, pero el análisis dependerá de la profundidad que la recogida de datos permita. Galgano (Como se citó en Camisón et al, 2011), menciona que la construcción del diagrama consta de las siguientes etapas; ver figura 1:

1. Decidir cómo clasificar los datos. Después de determinar lo que se va a analizar, se debe elegir el cómo se van a clasificar los datos, es decir, por proceso, turno, operador, etc.
2. Determinar el tiempo de recogida de datos. Se decide cuándo y durante cuánto tiempo se recogerán los datos.

3. Obtener los datos y ordenarlos. En esta etapa se ordenan los datos, se recomienda hacer el uso de tablas para mayor facilidad, anotando el atributo con su frecuencia.

Tipo de defecto	Frecuencia	%	Acum. %
C	45	50	50
B	27	30	80
D	9	10	90
A	9	10	100
Total	90	100	



4. Dibujar los ejes de coordenadas. Se colocan en el eje vertical la escala de medida de las frecuencias o coste y en el eje horizontal las causas ordenadas decrecientemente según la medida considerada.
5. Dibujar el diagrama. Es la representación gráfica de los datos recogidos.
6. Construir una línea de frecuencia acumulada. Consiste en trazar a la derecha una línea de porcentajes.
7. Análisis de Pareto. Se realiza la conclusión del principio 80-20, determinando las causas más triviales. (pp 183-184).

Es importante mencionar que no siempre se obtendrá de una manera exacta la ley de 80-20, aquí el criterio del analista para considerar las causas más triviales según su experiencia al recoger los datos.

Otra de las herramientas de la calidad utilizadas en este proyecto es el diagrama ¿Por qué, por qué? Que consiste en preguntar (máximo 5 iteraciones) el ¿por qué? sucede o se presenta cierto atributo, con el objetivo de llegar a la raíz del problema.

Los Cinco Por Qué es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema. Durante esta fase, los miembros del equipo pueden sentir que tienen suficientes respuestas a sus preguntas. Esto podría resultar en la falla de un equipo en identificar las causas principales más probables del problema debido a que el equipo ha fallado en buscar con suficiente profundidad. La técnica requiere que el equipo pregunte “Por Qué” al menos cinco veces, o trabaje a través de cinco niveles de detalle. Una vez que sea difícil para el equipo responder al “Por Qué”, la causa más probable habrá sido identificada. (Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000).

La sociedad Latinoamericana para la calidad propone la siguiente metodología para la elaboración de este diagrama:

1. Realizar una sesión de Lluvia de Ideas normalmente utilizando el modelo del Diagrama de Causa y Efecto.
2. Una vez que las causas probables hayan sido identificadas, empezar a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”

3. Continuar preguntando Por Qué al menos cinco veces. Esto reta al equipo a buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
4. Habrá ocasiones en las que se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando Por Qué para poder obtener las causas principales.
5. Durante este tiempo se debe tener cuidado de NO empezar a preguntar “Quien”. Se debe recordar que el equipo está interesado en el Proceso y no en las personas involucradas. (Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000).

Una vez terminado el diagrama, se plantean las estrategias para la resolución de la causa – raíz de los problemas encontrados.

Ahora es momento de adentrarnos a la teoría correspondiente para entender el desarrollo de este proyecto, por lo tanto, abordaremos el tema de “minería”.

La minería es uno de los sectores mundiales más importantes para la humanidad, pues de ella se desprenden un sinnúmero de materiales que nos rodean día a día, tales como medicamentos, componentes electrónicos, materiales para la construcción, combustibles, Joyería etc; ver Figura 2:



Figura 2. La minería en el hogar

Ahora bien, es necesario definir el término “minería” para comprender aún mejor el lenguaje que durante el desarrollo de este proyecto se utilizará.

La minería es una actividad económica que se conoce como primaria ya que los minerales se extraen directamente de la Tierra, sin estar procesados previamente por el hombre, esto consiste en la extracción de diferentes tipos de minerales presentes en o cerca de la superficie de la Tierra. Los minerales son componentes esenciales para la producción de los diferentes materiales que utilizamos las personas en nuestra vida cotidiana. La minería incluye una serie de actividades durante todo su proceso, que van desde el descubrimiento, la exploración, hasta la explotación del yacimiento (roca en donde se encuentra el mineral), el beneficio (extracción de los minerales), la transformación (o elaboración de otros materiales por medio de minerales), y finalmente el cierre de la mina.

En la Tierra existe una gran cantidad de recursos naturales que se encuentran de diferentes formas, los hay sólidos como por ejemplo el oro y el níquel, los hay líquidos como el mercurio y el petróleo, quebradizos como el yeso y la cal, y gaseosos como el gas natural. Se presentan acumulados en lugares denominados yacimientos minerales, los cuales pueden encontrarse expuestos en la superficie de la Tierra al aire libre, ocultos debajo de la superficie, o en el subsuelo a diferentes profundidades, es por esto que la minería se divide en cuatro tipos, que dependen de la forma y características del yacimiento: Primeramente tenemos las minas a cielo abierto o minería superficial, en la cual entran la mayoría de las minas del mundo, que son excavaciones en la superficie del terreno al aire libre. En segundo lugar, se tienen a las minas subterráneas que se componen de galerías o túneles a profundidades por debajo de la superficie del terreno. El siguiente tipo de minería es la recuperación de minerales por medio de pozos de perforación en el subsuelo, y por último tenemos la minería submarina o por dragado, por debajo de lagos o mares. (Monreal & Hernández, 2015, pp 11-12).

Acorde con el texto anterior, es necesario recalcar que el proceso de extracción de mineral en una mina subterránea se divide en las diversas etapas, que naturalmente,



Figura 3. Portal de Mina Lucero.

requieren de una preparación siguiendo de una manera precisa las técnicas de extracción y, sobre todo, de seguridad, esto para obtener un resultado óptimo y con la menor pérdida de insumos y eventos de seguridad como accidentes e incidentes. En nuestro caso nos enfocaremos en los procesos de minería subterránea debido a que la Mina Lucero es de este tipo; El socavón o portal es el acceso a la rampa principal de una mina subterránea, ver figura 3.

Existen diversos métodos para la explotación subterránea de mineral, “En la selección de un método de explotación minera subterránea es necesario considerar la influencia de varios factores y, en el análisis final, minimizar o eliminar aquellos de menor importancia e influencia con objeto de satisfacer los requerimientos prioritarios” (López,1994, p.22), Ver figura 4.

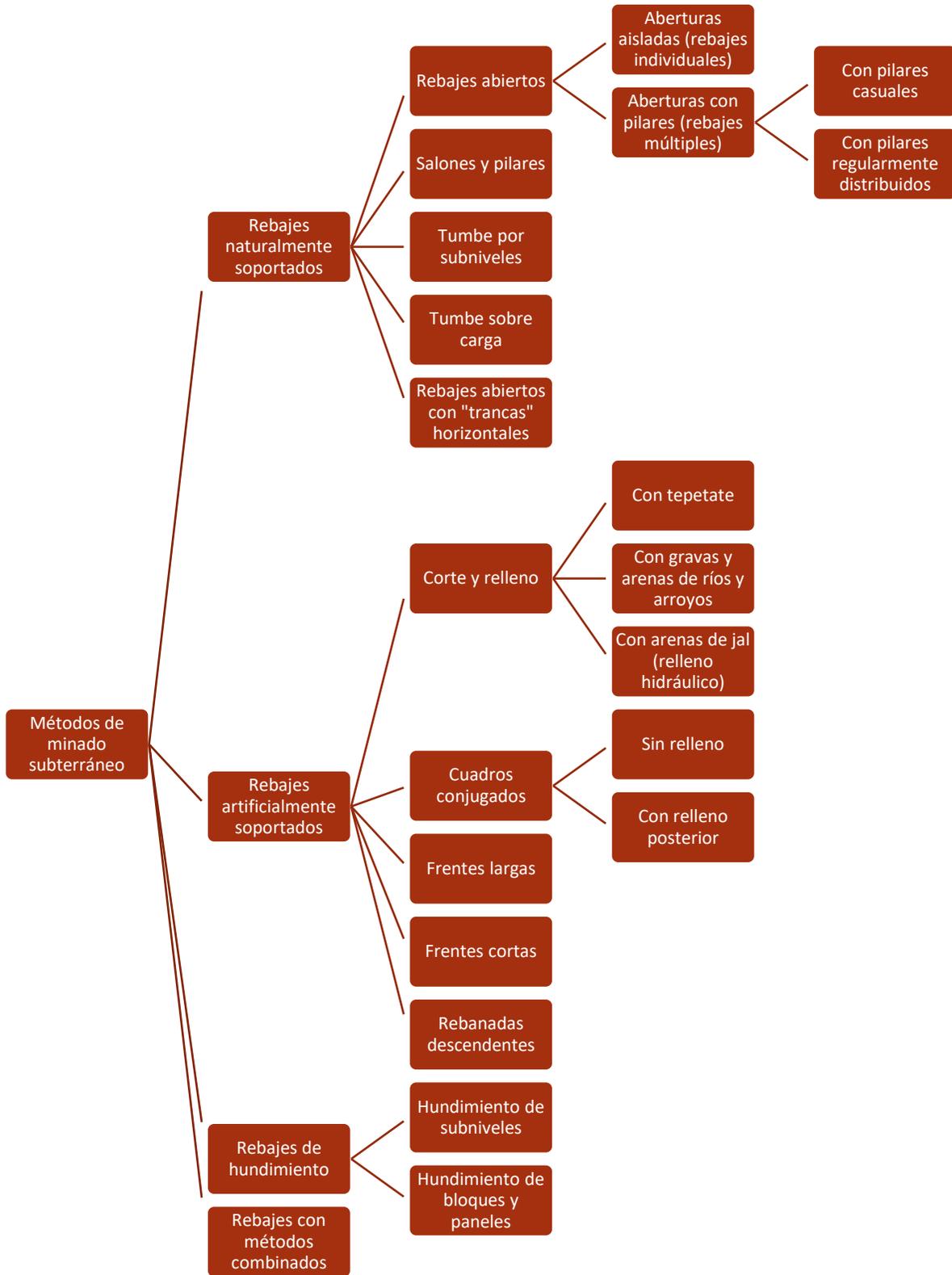


Figura 4. Métodos de minado subterráneo.

El método empleado para la explotación del mineral utilizado en la mina Lucero es el de “Corte y Relleno” con relleno de tepetate ya que es el más rentable debido a los valores y características que presenta el sistema de vetas, ver figura 5.

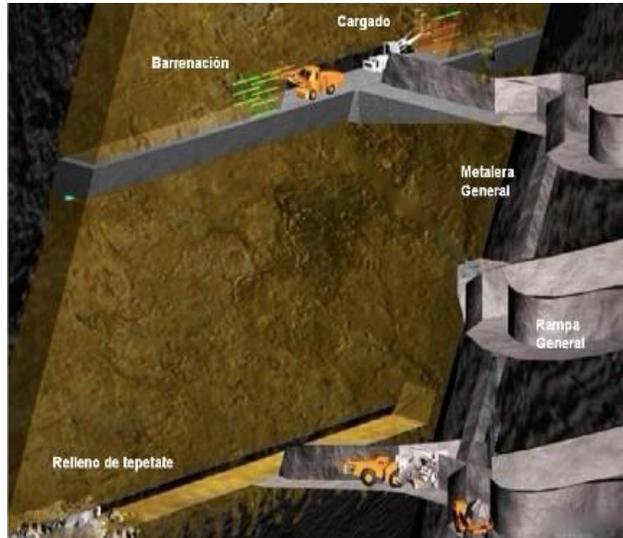


Figura 5. Método de explotación por Corte y Relleno.

Este sistema de minado en sus tres modalidades (con relleno de tepetate, con relleno de gravas y arenas de arroyos y con relleno hidráulico de jales), es el más indicado para el minado de vetas, mantos y en general cuerpos mineralizados cuyos ángulos de buzamiento sean mayores al de reposo del material fragmentado que contengan. (López, 1994, p.42).

El método de corte y relleno comienza con la preparación del rebaje que implica el desarrollo de frentes y contrapozos, fortificación, anclaje de las tablas y cielo. Una vez que se ha delimitado la longitud del rebaje, se tumba el mineral del cielo, se extrae y después se rellena el hueco formado con tepetate para alcanzar la altura para el siguiente corte.

Para la aplicación de este método, primero se prepara el rebaje delimitando la zona de explotación por medio de dos niveles y dos contrapozos: a esta operación se le denomina *bloqueo del rebaje*. Las dimensiones del rebaje o área de explotación se definen de acuerdo con el tipo de yacimiento, consistencia de las tablas y del mineral, calidad y ley de los valores, posición de los respaldos, tipo y disponibilidad del equipo de minado que a usar.

Una vez que el rebaje ha sido delimitado, se procede a ejecutar las obras de preparación que consisten fundamentalmente en el cuele de un subnivel de 3 a 5 m por encima del nivel inferior, dependiendo de tamaño del rebaje; el cuele de las tolvas de extracción y si las dimensiones del rebaje lo requieren, del cuele de uno o más contrapozos a partir de un subnivel de preparación hasta el nivel superior.

Una vez concluidas las obras de preparación, se inician los trabajos de explotación propiamente dichos, para lo cual se harán cortes ascendentes a todo lo largo y ancho del rebaje, iniciando a partir de los contrapozos extremos o intermedios.

Después de realizados los cortes de cabeza, se procede a efectuar la extracción del mineral quebrado producto de tales cortes. Una vez que el mineral se ha extraído, se procede a rellenar con material estéril el hueco que ocupó aquel, para proporcionar un nuevo piso de operación y continuar con otro corte de cabeza. (López, 1994, p.43)

Las actividades del proceso productivo minero deben realizarse de una manera coordinada y en conjunto con los todos los departamentos. El departamento de mina se encarga de las actividades que responden a la pregunta ¿Cómo producir? Y de una manera general son las siguientes: Desarrollo, Tumbes, Voladura, Extracción y Transporte. En la Figura 6, se muestran las principales responsabilidades del departamento de mina, en nuestro caso sólo nos enfocaremos en la perforación y el acarreo.

La perforación en una mina subterránea consiste en crear orificios donde es colocado el explosivo que posteriormente fragmentará la roca, esto permite avanzar en un sentido horizontal (conocido como barrenación de desarrollo o cuele) o tumbar el mineral en un sentido vertical (conocido como corte vertical o semivertical). Existen

obras de avance como los contrapozos empleando la barrenación vertical o

semivertical. “La técnica de perforación y

voladura se basa en la ejecución de

perforaciones en la roca, donde

posteriormente se colocaran explosivos

que, mediante su detonación, transmiten la

energía necesaria para la fragmentación del

macizo rocoso a explotar” (Bernaola et al.,

2013, p.5).

Las obras de desarrollo permiten conocer el potencial de la veta o yacimiento

y a partir de ahí, tomar una decisión en

beneficio de la compañía. Por ejemplo, en

la mina Lucero se muestrea cada disparo,

una vez obtenidos los resultados, el departamento de geología decide si continuar o no

con el desarrollo. Las obras de desarrollo “son los trabajos necesarios que por medio de

obras mineras conducen a probar que un yacimiento mineral es costeable en su

extracción; y en función de las zonas costeables encontradas, prepararlo para la

explotación minera”, (López, 2003, p.64).

Cómo ya se mencionó, existen diversas obras de desarrollo, las cuáles (López, 2003), nos detalla cada una de ellas:

- Contrapozos: Los contrapozos en una mina son obras sensiblemente verticales que forman las comunicaciones entre los diferentes niveles. Se usan como paso de

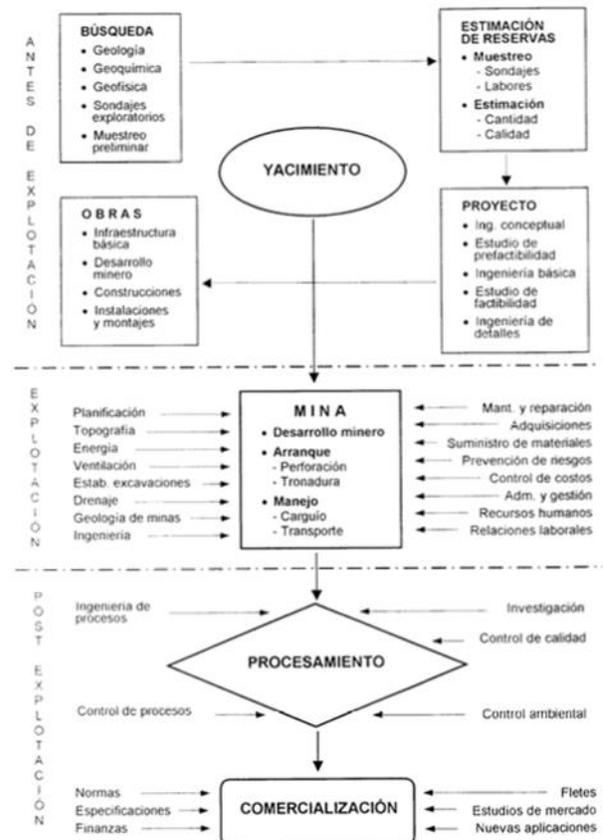


Figura 6. Proceso productivo minero.

mineral; como camino para el tránsito del personal; como conductos de ventilación y como parte integral de la obra de tumba (por ejemplo, en tumba por subniveles).

- Rampas: El uso de rampas como obras de transporte se está haciendo muy común; la tendencia general hoy en día en las operaciones mecanizadas es la de cambiar gradualmente al uso de equipos sin vía. Muchas rampas tienen la misma función que los contrapozos: conectar los diferentes niveles de la mina. Normalmente la pendiente de las rampas varía entre el 7 y el 12%, lo que hace posible el desplazamiento fácil y rápido de máquinas autopropulsadas sobre ruedas de goma.
- Frentes y niveles: Las frentes en una mina se emplean para diversos fines, tales como: obras de acceso, de desarrollo para el sistema de minado, de exploración, de ventilación y acarreo horizontal, etc. Las secciones de este tipo de obras pueden variar entre 4 y 20 m, dependiendo del tamaño de los equipos que por ellas vayan a circular y de la consistencia de la roca.

Las secciones más pequeñas (de 4 a 6 m²) se barrenan con perforadoras ligeras de pierna neumática. En las secciones de tipo medio se pueden emplear las perforadoras de brazos hidráulicos rotatorios con perforadoras ligeras. Los equipos de brazos hidráulicos pesados (jumbos) son adecuados para las secciones mayores, aunque no existe una regla general a este respecto. (pp 67-73)

Existen diversos métodos de barrenación subterránea, en la mina Lucero se utiliza la máquina perforadora neumática para desarrollo y tumbe; ver figura 7, el Jumbo (propiedad del contratista) para desarrollo únicamente y el Raptor (wagon-drill) para tumbe en barrenación larga. Para nuestro

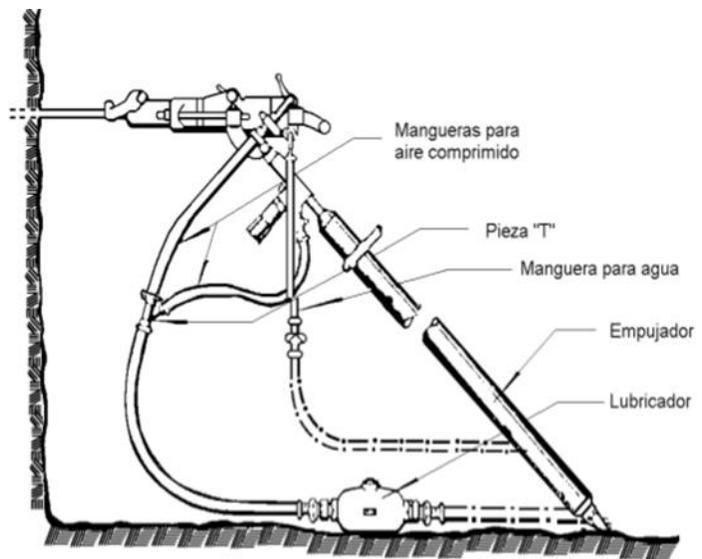


Figura 7. Máquina de pierna neumática.

estudio de caso sólo nos enfocaremos en la máquina de pierna. “En las operaciones mineras subterráneas y superficiales, el uso de las perforadoras neumáticas (en sus diferentes tipos), es el método más generalizado para ejecutar las barrenaciones”. (López, 2003, p.73).

La máquina de pierna neumática puede utilizarse en desarrollo y tumbe, ya que debido a sus características permite manipularse de manera horizontal, semivertical y vertical.

Las máquinas neumáticas para perforación en roca, ya sea para usos en minería o en construcción, trabajan a base de aire comprimido, pero además de la entrada de aire, tienen una entrada para agua, la cual, al momento de accionar los mandos, se inyecta a la máquina a través de un conducto que existe a todo lo largo de la barrena y que la deposita en el fondo del barreno, con lo que se evita la proliferación de polvos dañinos para el sistema respiratorio de los operadores. (López, 2003, p.180).

La máquina de pierna neumática, también conocida como máquina de barrenación para usos múltiples debido a su versatilidad, trabaja en forma ascendente que descendente o de frente. Esta máquina está constituida por una pistola común con un sistema de montaje sobre una pierna neumática o empujador de apoyo, que posee un cilindro con vástago y una articulación superior. Estas máquinas, debido a su uso múltiple y a su versatilidad en las operaciones mineras subterráneas, han sustituido con ventaja a las antiguas máquinas perforadoras. (López, 2003, pp 176-177).



Figura 8. Broca de botones.

Parte importante del proceso de barrenación con máquina se pierna son las barras y brocas de perforación. Existen diferentes tipos de barras, según su forma, según su tipo y según el tamaño. En la mina Lucero se utilizan brocas cambiables de botones de tungsteno de 1 ½ pulgadas de ancho para la máquina de pierna; ver figura 8, acero hexagonal de 3, 4, 6 y 8 pies de longitud; ver figura 9.

Parte esencial del proceso de barrenación y de su economía, es la barra de perforar o elemento cortante que es lo que sufre mayor desgaste. El tipo de barra que más se utiliza en la mayoría de los equipos de barrenación es la de sección hexagonal. Las longitudes varían desde 2 hasta 20 pies, aunque los tamaños más comunes de acero hexagonal son de 4, 6, y 8 pies. Cabe indicar que, en la manufactura estándar de barras de perforación, a medida que crece la longitud l , disminuye el diámetro d ; lo cual tiene como objeto el evitar que la broca quede atrapada o atorada dentro del barreno.

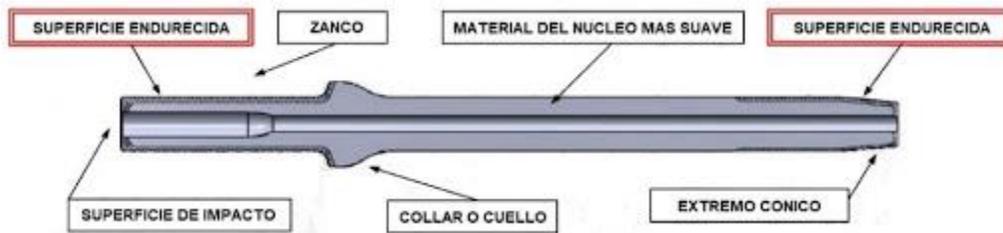


Figura 9. Barra cónica de barrenación.

Por lo que respecta a la broca o elemento cortante de la barra, puede ser de tipo integral o de tipo cambiable o acoplable. Cuando son cambiables, el acoplamiento se hace por medio de rosca contraria al movimiento de rotación de la maquina o bien por medio de fricción en un acoplamiento cónico. Las brocas cambiables poseen diversos diseños en el elemento cortante, los cuales pueden ser del mismo acero de la broca o estar formados por "pastillas" de aceros especiales, entre los cuales los más usados son las aleaciones de carbó-tungsteno y acero-manganeso. (López, 2003, p.180).

Después del proceso de barrenación, se continua con el proceso de extracción de mineral con el rezagado, que consiste en limpiar las obras de desarrollo y producción con maquinaria denominada "Scooptram"; ver figura 10, donde el mineral o estéril es cargado, transportado y vaciado en camiones volteo de 7m³ (en el caso de la mina Lucero) para ser llevada al Patio de "Stock Pile" y posteriormente a la planta de beneficio.



Figura 10. Cargador de bajo perfil "Scooptram".

El transporte en la minería, es el traslado de cualquier material minero desde su lugar de carga, hasta el punto final o lugar de descarga.

El transporte consiste en el accionamiento, las instalaciones, mecanismos y disposiciones necesarias para desplazar los materiales mineros desde el punto de carga hasta su lugar de descarga o su destino final. Las funciones que debe realizar el transporte son las siguientes:

- Mover el mineral arrancado, materia prima que es el fundamento de la mina que se explota.
- Mover el estéril que se produce como consecuencia de la explotación del yacimiento.
- Mover el material necesario para realizar las labores mineras: madera, cuadros, etc.
- Mover la maquinaria y útiles necesarios para efectuar el arranque con garantías.
- Mover el relleno si el post taller lo requiere.
- Mover el material de aprovechamiento de huecos.
- Mover al personal necesario para cumplir todas las labores necesarias en la mina.
- Accionar todas las instalaciones que sean capaces de efectuar esos movimientos y desplazamientos. Un factor muy importante incluye el mantenimiento de dichas instalaciones para garantizar su funcionamiento con el mínimo número de averías que ocasionen paradas. (Mendo, s. f., p.1).

Existen diversos métodos de acarreo en una mina subterránea, el más común es el acarreo discontinuo sobre ruedas, y es sobre el cual se aplicó el estudio de tiempos en la mina "Rampa Lucero".

Cada vez más los carriles son un obstáculo y se tiende a la minería sin vías (tracklessmining), a utilizar el transporte rodado sobre neumáticos, o vehículos de tipo FSV.

Los vehículos de tipo FSV se clasifican en:

- Vehículos para transporte de personal: son jardineras para uso de personal dotadas de asientos.
- Vehículos para el transporte del material: se dedican únicamente al transporte de material, normalmente de material muy determinado como los elementos de entibación.
- Vehículos para transporte de mineral: el primer vehículo que cabe mencionar son las palas de perfil bajo. Pero, además, en este grupo se tiene el shuttle car o camión lanzadera, el volquete minero, el camión articulado o vehículos más especiales como el camión de tipo kiruna. (Mendo, s. f., p.4)

2.2 Antecedentes.

Se han desarrollado estudios de diversos autores interesados en mejorar la productividad a través de estudios de tiempos aplicados en el acarreo de mineral y/o material estéril y medición del trabajo aplicado a los trabajadores del sector minero:

En la Compañía Minera Autlán ubicada en Puebla, Se utilizó el estudio de tiempos y movimientos para detectar áreas de oportunidad en cuanto a los trabajadores de la empresa, "El estudio de tiempos y movimientos del personal de producción de la Compañía Minera Autlán se dio como respuesta a la necesidad de establecer nuevos

métodos de trabajo” (Rodríguez, 2015). De la misma manera, en la Compañía Minera del Cubo ubicada en Guanajuato, se realizó un estudio de tiempos y una simulación del proceso de acarreo con la finalidad de “proponer estrategias que vayan en función de optimizar el proceso antes mencionado” (Araujo y Tovar, 2018). Por otra parte, se han efectuado trabajos de grado sobre la implementación de control estadístico de la calidad y la mejora en la industria minera, donde se genera una propuesta de un “sistema de control de calidad a través del control estadístico de procesos en el área de Ensaye por Vía Húmeda, para la técnica de Absorción atómica” (Andrade, 2015). Del mismo modo, (Escobar, 2017) utiliza un estudio de tiempos y movimientos en el proceso de acarreo como “método empleado para iniciar con la identificación de áreas de oportunidad para mejorar el proceso”. Se han realizado publicaciones en diversos idiomas donde se busca la optimización de procesos mineros como (Abubakary & Greberg, 2018) quienes publican un artículo en inglés teniendo como objetivo “evaluar el efecto de aumentar el número de camiones en el rendimiento total de la mina”. Así mismo, es publicado un artículo de la Escuela de Ciencias Mineras de Pretoria, South África donde:

Se ha utilizado un enfoque de optimización de la flota de carga y transporte para identificar las oportunidades de mejora operativa. El estudio combina los resultados de una revisión de la literatura, estudios de tiempo en el sitio y análisis de datos estadísticos para determinar las mejores combinaciones de flota de carga y camión para aumentar la producción. (Pasch & Uludag, 2018)

Para concluir con este capítulo, se recomienda a los lectores e interesados en los temas mencionados en este apartado, recurrir a los autores ya citados, ya que, al

realizar la revisión de la literatura, mostraron ser los más objetivos y los extractos tomados de sus obras se adaptan perfectamente para el desarrollo de este proyecto.

Capítulo 3. Metodología.

3.1 Materiales y métodos.

Para ingresar primeramente a la unidad se requirió aprobar un curso de inducción y pruebas de alcoholemia y antidoping. Posteriormente, conocer a detalle los procesos a evaluar en interior mina, en el caso del estudio de tiempos aplicado al acarreo se realizó un recorrido a los rebajes y stocks de los cuales se requirió el estudio. Para la toma de tiempos de ciclo largo únicamente se observó el proceso de barrenación con máquina de pierna, los lugares no requirieron un conocimiento previo.

Estudio de tiempos del proceso de acarreo.

Procedimientos.

Siguiendo la metodología propuesta por Meyers, se enlistan los procedimientos para cada paso.

1. Seleccionar el trabajo que se va a estudiar:

El encargado de seleccionar el trabajo es el superintendente del departamento interesado, es este caso, el gerente general de la Unidad Bolañitos asignó el estudio de tiempos al proceso de acarreo de la mina Lucero, por lo tanto, el departamento de Mina quedó como responsable del proyecto. Posteriormente, se asignó al superintendente del departamento como asesor del analista. Una vez asignado lo anterior, se determina

que el desarrollo del proyecto únicamente se efectuaría a los camiones asignados a extraer el mineral de interior mina al patio de stock pile.

2. Recolectar información relevante sobre el trabajo:

Previo al estudio de tiempos se realizó recorrido al interior de la mina con una duración de 3 días, en los cuales mediante la observación directa se registraron datos cualitativos, como: condiciones de los camiones y de la ruta, detalles de método de cargado y acarreo y la destreza de los conductores de camión. Se determinó que se utiliza la técnica Lifo para el cargado de los camiones, esto quiere decir que el último camión en llegar (Last In), es el primero en salir (First Out). Los rebajes considerados para el estudio fueron los siguientes:

- Rebaje 2241.
- Rebaje 2188.
- Rebaje 2166.
- Rebaje 2146.
- Rebaje 2144.
- Rebaje 2135.
- Rebaje 2122.
- Rebaje 2104.
- Rebaje 2056.

3. Dividir el trabajo en elementos:

Después de haber recopilado información se dividió el proceso en elementos comunes y elementos propios quedando los siguientes:

Elementos comunes:

3.1 Traslado de Bypass 29240 a bocamina.

3.2 Traslado de bocamina a patio stock pile.

3.3 Descarga.

3.4 Traslado de patio stock pile a bocamina.

3.5 Traslado de bocamina a Bypass 29240.

Elementos propios:

3.6 Cargado. Se considera el cargado como un elemento propio porque el tiempo cronometrado va en función de la distancia del stock a donde es cargado el camión.

3.7 Demora por carga. De la misma manera se considera como elemento propio porque cada stock posee características que alteran el tiempo ciclo del elemento.

3.8 Traslado de stock a Bypass 29240. Se considera como elemento propio ya que las distancias de los stocks al Bypass 29240 son diferentes.

3.9 Traslado de Bypass 29240 a stock. Aplica las mismas consideraciones que el elemento anterior.

4. Efectuar el estudio:

Por cuestiones de comodidad, se utilizó una libreta “de tránsito” para las anotaciones de lecturas de tiempo y datos cualitativos del estudio de tiempos. En esta etapa, también se diseñó el formato para el estudio de tiempos.

4.1 El estudio inició una vez que los camiones de volteo avanzaron de Bocamina hacia el Bypass 29240, dejando en operación el cronómetro. Únicamente en el primer viaje se comienza en este elemento, posteriormente inicia la lectura en Patio stock pile.

4.2 Se registra el tiempo transcurrido una vez que el volteo recorra cada elemento establecido en el punto 3.

4.3 Se registran los elementos extraños (paradas no planificadas o demoras) que interrumpen el ciclo de cada elemento y se anota su causa.

4.4 Una vez que termina la vuelta en el elemento Descarga, se detiene el cronómetro. El siguiente viaje comenzará desde este elemento, siguiendo el mismo procedimiento del punto 4.1.

4.5 Al final del turno, se vacían los datos en el formato de estudio de tiempos diseñado en Excel, (Véase anexo A). Este formato se diseñó con fórmulas para su automatización.

5. Extensión del estudio de tiempos:

Debido a que las muestras se representan en minutos y segundos, se hizo la conversión a minutos para que las sumatorias se dieran en una sola unidad.

5.1 Ciclos: Se calculó utilizando la fórmula "CONTARA", tiene como función contar las celdas no vacías de un rango. Por lo tanto, se arrastra la selección desde el inicio del espacio destinado para vaciar las lecturas tomadas hasta el final de la misma.

5.2 Tiempo promedio: Es el promedio de la suma de las lecturas entre el número de ciclos.

$$\text{Tiempo Promedio} = \frac{\text{sumatoria de lecturas}}{\text{número de ciclos}}$$

5.3 Calificación: como se mencionó en el fundamento teórico, la calificación se refiere en nuestra opinión a la rapidez con que se desenvuelve el operador. La calificación otorgada fue del 100% ya que por la normativa interior no se permite circular a más de 10 km/h.

5.4 Tiempo Normal: el tiempo normal se calculó con la siguiente fórmula:

$$Tiempo\ normal = Tiempo\ promedio \times \frac{\% \text{ de calificación}}{100}$$

5.5 Tolerancias: las tolerancias se calcularon de la siguiente manera:

$$Tolerancias = 1 + \frac{tolerancias\ otorgadas}{turno\ en\ minutos - tolerancias\ otorgadas}$$

5.6 Tiempo estándar: el tiempo estándar se calculó de la siguiente manera:

$$Tiempo\ Estándar = tiempo\ normal \times tolerancias$$

Para calcular el tiempo estándar por lugar de cargado, únicamente se suman los elementos correspondientes.

Para todos los elementos se calcula de la misma manera el tiempo estándar con excepción del elemento “Demora por carga”, esta demora es inevitable, ya que por las dimensiones de la mina los camiones deben permanecer juntos todo el tiempo. Sería ilógico agregar tolerancia a una demora, por ello, se considera el tiempo promedio de dicha parada no planificada como parte de las tolerancias asignadas.

1. Determinación del número de ciclos a cronometrar:

Para que el estudio respetara la confiabilidad del 95% se determinó el número de ciclos a cronometrar con la tabla Westinghouse, la cual nos indica el número de ciclos mínimos por cronometrar para cumplir con un margen de error del $\pm 5\%$; ver tabla 1.

CUANDO EL TIEMPO POR CICLO ES SUPERIOR A	NÚMERO MÍNIMO DE CICLOS DEL ESTUDIO (ACTIVIDAD)		
	MÁS DE 10 000 POR AÑO	1 000 - 10 000	MENOS DE 1 000
8 horas	2	1	1
3	3	2	1
2	4	2	1
1	5	3	2
48 minutos	6	3	2
30	8	4	3
20	10	5	4
12	12	6	5
8	15	8	6
5	20	10	8
3	25	12	10
2	30	15	12
1	40	20	15
0.7	50	25	20
0.5	60	30	25
0.3	80	40	30
0.2	100	50	40
0.1	120	60	50
Menos de 0.1	140	80	60

Tabla 1. Tabla Westinghouse para la selección de muestras a tomar.

En la tabla 2 se muestra el tiempo promedio de cada elemento y su número de ciclos a cronometrar de los elementos propios, el número de muestras a cronometrar se calcula con base a la Tabla Westinghouse, según la duración y frecuencia del elemento en un proceso.

Elemento	Rebaje/stock	Tiempo promedio	Número de muestras recomendadas
Cargado	2056	4.96	8
	2104	4.00	Entre 8 y 10
	2166	2.10	12
Demora por carga	2056	9.23	Entre 5 y 6
	2104	17.74	Entre 4 y 5
	2166	18.95	Entre 4 y 5
Traslado a Bypass 29240	2056	15.51	Entre 4 y 5
	2104	17.00	Entre 4 y 5
	2166	9.28	Entre 5 y 6
Traslado a Stock	2056	14.85	Entre 4 y 5
	2104	13.07	Entre 4 y 5
	2166	8.16	Entre 5 y 6

Tabla 2. Número de muestras a cronometrar, elementos propios.

Para estos elementos se toma en cuenta el número de ciclos del estudio de menos de 1,000 por el tiempo de vida de un rebaje. En esta etapa se eliminaron los rebajes que no cumplieron con el número mínimo de muestras para realizar un estudio confiable.

Se clasificaron los elementos en elementos propios y elementos comunes para calcular el número de muestras requeridas puesto que los elementos comunes, mostraron una similitud en el número de muestras a tomar, para los elementos comunes se tomó un total de 50 muestras para cumplir con la confiabilidad del 96%, ver tabla 3. Para estos elementos se toma en cuenta el número de ciclos del estudio de más de 10,000 ya que el acarreo, independientemente de qué lugar provengan siempre tendrán estos elementos en común.

Elemento	Tiempo Promedio	Número de muestras recomendadas
Traslado Bypass 29240 a Bocamina	2.41	Entre 25 y 30
Traslado Bocamina a Stockpile	2.83	Entre 25 y 30
Traslado Stockpile a bocamina	2.28	Entre 25 y 30
Traslado Bocamina a Bypass 29240	3.12	Entre 20 y 25
Descarga	0.60	Entre 50 y 60

Tabla 3. Número de muestras a cronometrar, elementos comunes.

2. Calificar, nivelar y normalizar el desempeño del operador:

La calificación otorgada se basó en la destreza de los operadores. Se asignó el 100% ya que por la normativa interior no se permite circular a más de 10 km/h, además las condiciones de las rampas generales no se consideraron en un estado correcto.

3. Aplicar tolerancias:

Las tolerancias otorgadas se calcularon según el porcentaje que representan cada una de ellas en el turno con la siguiente fórmula:

$$Tolerancia = \frac{\textit{tiempo en minutos del retraso}}{\textit{turno en minutos}}$$

Para el caso de los elementos comunes, se asignó con un promedio de las tolerancias asignadas para los tres rebajes.

4. Revisar la lógica:

Meyers propone revisar la lógica de dos maneras:

4.1 Comparar el tiempo promedio a los tiempos elementales, deben parecerse.

Al utilizar un software nos permite automatizar cálculos, como lo fue en nuestro caso, por lo tanto, se determinó que los cálculos son correctos, únicamente se revisa que la formula funcione correctamente.

9.2 Tiempo normal total de una unidad. Al multiplicar el tiempo normal por el número de lecturas debe ser similar a la sumatoria de las lecturas por elemento.

Para nuestro caso, se comprobó con dicho método resultando un tiempo similar.

10. Hacer público el estudio.

Meyers recomienda hacer público los estándares de tiempo en las unidades ya mencionadas en el marco teórico, en este proyecto se representan los resultados de estándar de tiempo de manera que pueda transmitir información oportuna para el departamento de Mina y Planeación.

Estudio de tiempos del proceso de barrenación con máquina de pierna.

Procedimientos.

Siguiendo la metodología propuesta por Meyers, se enlistan los procedimientos para cada paso.

1. Seleccionar el trabajo que se va a estudiar:

El encargado de seleccionar el trabajo fue el superintendente del departamento interesado, en este caso, el Superintendente de la Mina Lucero asignó el estudio de tiempos al proceso barrenación con máquina de pierna. Posteriormente, fijó los elementos que requeriría para analizar las causas del atraso en desarrollo y producción y, además, deficiencias que se encontraran durante el estudio de tiempos.

2. Recolectar información relevante sobre el trabajo:

Previo al estudio de tiempos se preguntó sobre los aspectos más importantes a considerar durante el estudio. Los principales fueron los siguientes:

2.1 Plantillas de barrenación en el caso de cueles en mineral o tepetate.

2.2 Paralelismo y simetría en la plantilla de barrenación.

2.3 Movimiento de la pierna o empujador durante el corte vertical.

2.4 Paralelismo en corte vertical.

2.5 Duración promedio de las actividades desarrolladas durante el turno.

2.6 Diferenciación de las actividades de barrenación.

3. Dividir el trabajo en elementos:

Después de haber recopilado información se dividió el proceso en elementos:

3.1 Tiempo de Operaciones Productivas:

3.1.1 Actividad principal por realizar (barrenación). Barrenación de cuele, corte vertical, fortificación, pivoteo, etc.

3.1.2 Cargado de explosivo.

3.2 Tiempo de operaciones auxiliares:

3.2.1 Tiempos de preparación. Regar, amacizar, colocación de servicios y tiempos de preparación de maquinaria.

3.2.2 Orden y limpieza después de terminar la actividad principal.

3.2.3 Preparación para ingreso a mina. Tiempo transcurrido desde el término del pueblo hasta ingresar a interior mina. En este elemento se contempla la asignación de detector de gases y recepción de brocas o material necesario.

3.2.4 Traslado. Tiempo empleado para trasladarse tanto en interior mina como superficie.

3.2.5 Alimentos. Tiempo empleado para ingerir alimentos.

3.2.6 Limpieza de barrenos. Tiempo empleado para eliminar todo elemento existente en los barrenos y que influya en el cargado del explosivo.

3.2.7 Supervisión. Tiempo empleado por supervisión de mina, comisión de seguridad o seguridad industrial para dar indicaciones.

3.2.8 Rezagado. Tiempo empleado desalojar mineral o tepetate del lugar de trabajo.

3.2.9 Topografía. Tiempo necesario para que los topógrafos realicen su actividad.

3.2.10 Polvorero. Tiempo empleado para solicitar el explosivo.

3.2.11 Muestras. Tiempo empleado para recolectar muestras, ya sea de canal (directamente de la veta) o rezaga (material ya triturado por el proceso de voladura).

3.3 Tiempos muertos:

3.3.1 Inicio de pueble. Tiempo transcurrido desde las 7:00 am hasta la hora de inicio de pueble.

3.3.5 Ventilación. Tiempo empleado para la disminución de gases y polvos nocivos.

3.3.9 Jackleg. Tiempo relacionado al estado de la máquina de pierna.

3.4 Material. Tiempo relacionado a la búsqueda de material necesario para realizar la operación.

3.4.4 Ocio. Tiempo perdido por descansos o plática con compañeros.

3.4.5 Post Turno. Abarca el tiempo desde que el trabajador sale a superficie hasta las 17:00 pm.

4. Efectuar el estudio:

Por cuestiones de comodidad, se utilizó una libreta “de tránsito” para las anotaciones de lecturas de tiempo y datos cualitativos del estudio de tiempos. En esta etapa, también se diseñó el formato para el estudio de tiempos. Los tiempos tomados en este estudio se realizaron con la finalidad de identificar las causas que demoran el proceso de barrenación con máquina de pierna. Más adelante se analizará la información recolectada con un diagrama de Pareto.

4.1 El cronómetro se puso en operación a partir de las 7:00 am ya que es la hora que en teoría debía comenzar el pueblo. Posteriormente se tomó lectura de todo suceso extraño o en cada elemento ya mencionado en el punto 3.

4.2 Se registra el tiempo transcurrido de cada elemento.

4.3 El cronómetro terminó su conteo a las 5:00 pm ya que se consideró el turno de 10 horas.

4.4 Al final del turno, se vacían los datos en el formato de estudio de tiempos diseñado en Excel, (Véase anexo A). Este formato se diseñó con fórmulas para su automatización.

5. Extensión del estudio de tiempos:

Debido a que las muestras se representan en minutos y segundos, se hizo la conversión a minutos para que las sumatorias se dieran en una sola unidad.

Al igual que el estudio de tiempos aplicado al proceso de acarreo, se utilizó el Software Excel implementando fórmulas para su cálculo automático

5.1 Ciclos: Se calculó utilizando la fórmula "CONTARA", tiene como función contar las celdas no vacías de un rango. Por lo tanto, se arrastra la selección desde el inicio del espacio destinado para vaciar las lecturas tomadas hasta el final de la misma.

5.2 Tiempo promedio: Es el promedio de la suma de las lecturas entre el número de ciclos.

$$\text{Tiempo Promedio} = \frac{\text{sumatoria de lecturas}}{\text{número de ciclos}}$$

5.3 Calificación: como se mencionó en el fundamento teórico, la calificación se refiere en nuestra opinión a la rapidez con que se desenvuelve el operador. La calificación otorgada fue del 100%.

5.4 Tiempo Normal: el tiempo normal se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo promedio} \times \frac{\% \text{ de calificación}}{100}$$

5.5 Suplementos: se calcularon de la siguiente manera:

$$\text{Tolerancias} = 1 + (\text{suplementos fijos} + \text{suplementos variables})$$

5.6 Tiempo estándar: el tiempo estándar se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo Estándar} = \text{tiempo normal} \times \text{suplementos}$$

1. Determinación del número de ciclos a cronometrar:

Para que el estudio respetara la confiabilidad del 95% se determinó el número de ciclos a cronometrar con la tabla Westinghouse (ver tabla 1), eligiendo la muestra para cada uno de los elementos.

2. Calificar, nivelar y normalizar el desempeño del operador:

La calificación otorgada se basó en la habilidad de los perforistas, además, para contar con esta categoría, primero se debe de contar con la capacitación y evaluación previa y la constancia emitida por el instructor de mina.

3. Aplicar tolerancias:

Para este proceso las tolerancias aplicadas se otorgaron a manera de suplementos a los trabajadores, basándose en la (tabla 4). Los tiempos suplementarios elegidos fueron los siguientes:

3.1 Tiempos Suplementarios Fijos. Implican los tiempos de descanso y para usar el WC.

3.2 Tiempos Suplementarios Variables.

3.2.1 Trabajar de Pie. Ningún proceso en interior mina se lleva a cabo en otra posición.

3.2.2 Uso de Fuerza. La máquina de pierna tiene un peso de 45 kg. Es por eso que se utiliza el empujador hidráulico. Al instalar el equipo completo, tiene que cargarse la máquina.

3.2.3 Ruido. La máquina perforadora emite un ruido mayor a 100 dB, por ello se utilizan sordinas como EPP.

3.2.4 Tedio. Este tiempo se asocia en el proceso según la calidad de los materiales utilizados, como acero y condiciones de la máquina perforadora.

4. Revisar la lógica:

Meyers propone revisar la lógica de dos maneras:

Instituto de Administración Científica de las Empresas Curso de "Técnicas de organización" Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales						
1. Suplementos Constantes			E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad) Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de -			
	Hombres	Mujeres	Kata (microcalorías/cm2/segundo)			
Suplementos por necesidades personales	5	7	16	0		
Suplementos base por fatiga	4	4	14	0		
			12	0		
			10	3		
2. Suplementos Variables			8	10		
			6	21		
			5	31		
			4	45		
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	3	64		
			2	100		
B. Suplemento por postura anormal						
Ligeramente incómoda	0	1			F. Concentración intensa	Hombres Mujeres
Incómoda (inclinado)	2	3			Trabajos de cierta precisión	0 0
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7			Trabajos de precisión o fatigosos	2 2
					Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5 5
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)						
Peso Levantado por kilogramo					G: Ruido	
2.5	0	1			Continuo	0 0
5	1	2			Intermitente y fuerte	2 2
7.5	2	3			Intermitente y muy fuerte	5 5
10	3	4			Estridente y fuerte	
12.5	4	6			H. Tensión mental	
15	5	8			Proceso bastante complejo	1 1
17.5	7	10			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4 4
20	9	13			Muy complejo	8 8
22.5	11	16				
25	13	20 (máx)			I. Monotonía	
30	17	-			Trabajo algo monótono	0 0
32.5	22	-			Trabajo bastante monótono	1 1
					Trabajo muy monótono	4 4
D. Mala iluminación					J. Tedio	
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0			Trabajo algo aburrido	0 0
Bastante por debajo	2	2			Trabajo aburrido	2 1
Absolutamente insuficiente	5	5			Trabajo muy aburrido	5 2

Tabla 4. *Tiempos Suplementarios.*

4.1 Comparar el tiempo promedio a los tiempos elementales, deben parecerse.

Al utilizar un software nos permite automatizar cálculos, como lo fue en este caso, por lo tanto, se determinó que los cálculos son correctos, únicamente se verifica que la formula no contenga errores.

9.2 Tiempo normal total de una unidad. Al multiplicar el tiempo normal por el número de lecturas debe ser similar a la sumatoria de las lecturas por elemento. Para nuestro caso, se comprobó con dicho método resultando un tiempo similar.

10. Hacer público el estudio:

Meyers recomienda hacer público los estándares de tiempo en las unidades ya mencionadas en el marco teórico, en este proyecto se representan los resultados de estándar de tiempo de manera que pueda transmitir información oportuna para el departamento de Mina y Planeación.

Diagrama por qué por qué. Proceso de acarreo de mineral.

Una vez obtenidos los resultados del estudio de tiempos, se analiza la información a través del diagrama.

Procedimientos.

1. Realizar una lluvia de ideas definiendo el efecto y seleccionando las causas potenciales. (Nivel 1). Las ideas y el borrador del diagrama se plasmaron en

un pintarrón pequeño para después vaciar la información en el software ya mencionado.

2. Colocar las causas potenciales en el nivel 2 y para cada una de ellas, preguntar ¿Por qué sucede? máximo 5 veces. Si es necesario agregar más subclases, dependerá del nivel según la causa de la cual se deriva.
3. Una vez que se llega a la causa raíz, termina el ejercicio.
4. Finalmente se redacta un análisis más detallado y un plan de mejora para solucionar las causas y subclases.

Diagrama de Pareto.

Procedimientos.

1. Identificar los datos principales, es decir, las causas que demoran el proceso de acarreo, su tiempo promedio y su frecuencia durante el estudio. El Pareto presentado representa los tiempos promedio de cada demora.
2. Se vacían los datos anteriores en la interfaz del programa “Minitab”, anotando los encabezados de la tabla en la fila que no contiene número asignado y es identificada por tener borde en la parte inferior de la celda.

3. En el menú de herramientas se identifica la pestaña “stat” y se selecciona, se despliega un menú y nuevamente se elige la opción “Quality Tools”, por último, se selecciona la opción “Pareto Chart”, ver figura 11.

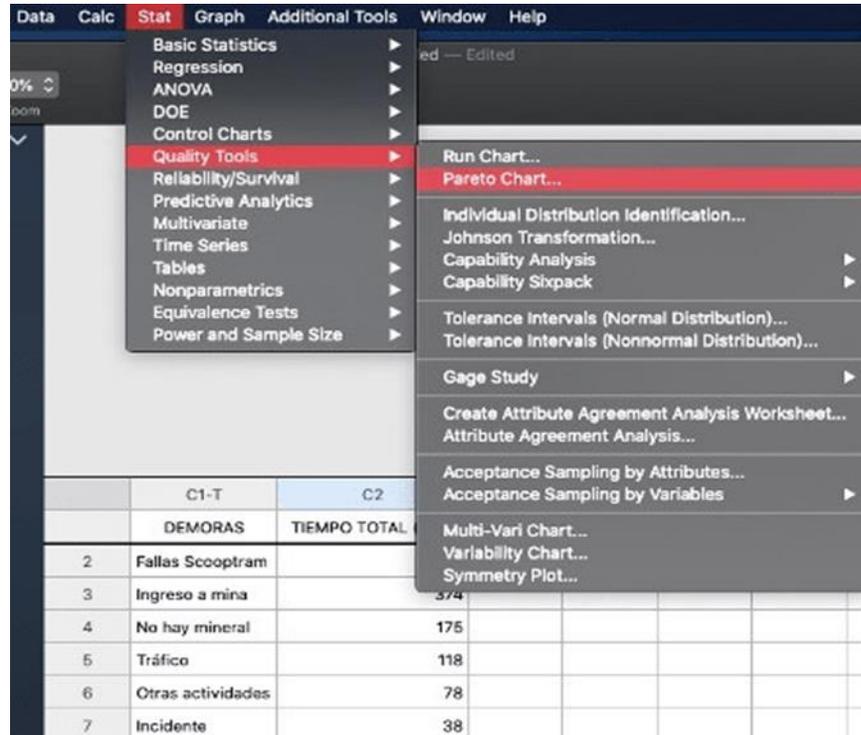


Figura 11. Función Stat.

4. Posteriormente se desplegará otra ventana (figura 12), en donde se colocarán los atributos correspondientes. En este caso se colocaron las demoras en el textbox “Defects or attribute data in:” y los tiempos en el textbox correspondiente a “Frecuencias”.

Después de presionar el botón “Ok” Automáticamente aparecerá el diagrama de Pareto generado, el cual se analizará en el apartado de Resultados.

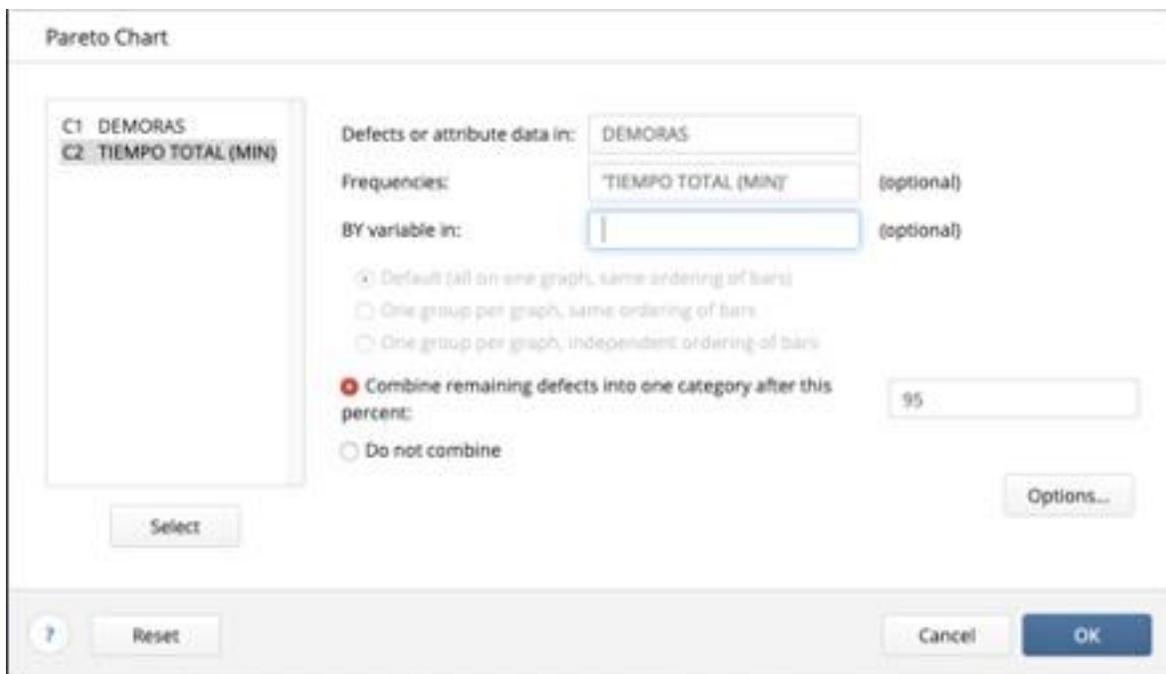


Figura 12. Asignación de atributos.

Capítulo 4. Discusión y análisis de resultados.

4.1 Resultados.

Tiempo estándar.

Los resultados que a continuación se presentan engloban a los tiempos estándar calculados, ver tabla 6, por lo tanto, al realizar la metodología señalada por el autor citado se obtiene un estudio confiable al 95%. El cálculo de las tolerancias permitió obtener un tiempo justo para los operadores de volteo y operadores de Scooptram. Durante la toma de tiempos, se recolectó información cualitativa que permitió identificar las causas presentes en el proceso de acarreo de mineral.

	Cargado	Demora de carga	Traslado stock a bypass 29240	Traslado bypass 29240 a bocamina	Traslado bocamina a stockpile	Descarga	Traslado stock pile a bocamina	Traslado bocamina a bypass	Traslado a stock	TOTAL	Distancia de stock a patio stockpile
Stock 2166	2.49	18.95	11						10.56	37.3	2.13 km
Stock 2104	4.73	17.74	22	2.84	3.34	0.7	2.69	3.68	16.91	56.9	3.06 km
Stock 2056	5.76	9.23	20.08						19.22	58.3	3.34 km

Tabla 5. Tiempo estandar por stock.

- Cargado: Se observa que el tiempo de cargado varía según el Rebaje, esto se debe a que las distancias desde donde se recolecta el mineral hasta donde se encuentra el stock o contrapozo metalero son diferentes. Es importante mencionar que en ocasiones el mineral es cargado directamente del Rebaje y no del stock, el tiempo estandarizado contempla ambas modalidades.
- Demora de carga: El tiempo por demora de carga es representado en función al elemento anterior, pero también, en función al número de camiones asignados para cada rebaje. El número máximo de camiones asignados a un mismo lugar es de 5 y el mínimo es de 1, por lo tanto, el tiempo representado contempla desde 1 a 5 camiones. Debido a la infraestructura de la mina, los operadores definieron el tipo “LIFO” (Last In, First Out) como control de carga, es decir, el último camión en llegar al stock para cargar mineral era el primero en salir, esto lo decidieron así para evitar un caos vial mayor.
- Traslado stock a bypass 29240: El bypass es una bifurcación del camino, utilizando uno para descender a los niveles y otro para ascender a superficie, por lo tanto, la distancia varía, pero como se puede observar en la tabla, los tiempos son muy similares. Los factores que afectaron a este elemento son: condiciones de la rampa, estado mecánico de la unidad, la distancia y, sobre todo, el peso de la carga de mineral transportada.
- Traslado bypass 29240 a bocamina: Este trayecto fue afectado por las mismas condiciones mencionadas en el elemento anterior, sumándose la

posibilidad de que un vehículo con sentido descendente se encuentre con el trayecto de la unidad de volteo, incrementando el tiempo estándar al existir dicha posibilidad. Este último suceso es considerado en la causa “tráfico”.

- Traslado bocamina a stock pile: Este elemento fue afectado por la entrada y salida de vehículos en la caseta de vigilancia principal, posteriormente existía la posibilidad de que el pile loader se encontrara moviendo el mineral para hacer espacio para la descarga del mismo.
- Descarga: este elemento comienza con la maniobra de reversa realizada en el patio stock pile y termina una vez que se haya enganchado la caja o volteo nuevamente.
- Traslado stock pile a bocamina: En este elemento se presentó una demora que sucede cuando los 5 camiones son asignados al mismo sitio, ya que el primer camión en descargar esperaba a que saliera el último camión de la caravana para poder ingresar a mina, si no se hiciera así, sería mayor el tiempo perdido en realizar maniobras de reversa.
- Traslado bocamina a bypass 29240: Como se mencionó en su elemento recíproco, al ser un camino de una sola vía y de un tramo aproximado de 100 metros, se dificultan las maniobras de reversa para los camiones de volteo, debido a sus dimensiones y a las condiciones de la rampa.
- Traslado a stock: Al principio del estudio se encontró la rampa de descenso en mal estado; filtraciones de agua excesivas y falta de mantenimiento por

lo que se utilizó la rampa de ascenso para descender, generando mayor tráfico.

La suma de los elementos ya mencionados representa el tiempo ciclo por vuelta.

Velocidad promedio de recorrido.

Posteriormente se calculó la velocidad promedio por Rebaje para determinar el cumplimiento de la regla de tránsito interna, la cual establece el límite a 10 km/h. Para este ejercicio son considerados los tiempos promedio de cada elemento, ver tabla 6.

	Traslado stock a bypass 29240	Traslado bypass 29240 a bocamina	Traslado bocamina a stockpile	Traslado stock pile a bocamina	Traslado bocamina a bypass	Traslado a stock	TOTAL	Velocidad Promedio (km/h)	Distancia de stock a patio stockpile
Stock 2166	9.28					8.16	28.08	4.6	2.13 km
Stock 2104	17.00	2.41	2.83	2.28	3.12	13.07	40.71	4.5	3.06 km
Stock 2056	14.01					14.85	39.5	5.1	3.34 km

Tabla 6. Velocidad promedio de recorrido.

Para el cálculo de la velocidad promedio se contemplaron los tiempos promedio de traslado y utilizando la siguiente fórmula: $Velocidad = \frac{distancia (km)}{tiempo (hrs)}$.

- Stock 2166: Velocidad promedio de 4.6 Km/h.
- Stock 2104: Velocidad promedio de 4.5 Km/h.
- Stock 2056: Velocidad promedio de 5.1 Km/h.

Las velocidades obtenidas nos permiten concluir que la velocidad promedio de recorrido representa un 50% o menos de la regla establecida; por lo que se observó que las rampas son el principal obstáculo para recorrer el trayecto a una

mayor velocidad, ya que se encontraron en mal estado; sin balastrear y filtraciones de agua excesivas.

La velocidad promedio más alta pertenece al recorrido del Stock 2056, y en efecto, se comprobó que una parte del trayecto de Stock a Bypass se encontró en un estado relativamente bueno, lo que permitía a los operadores incrementar la velocidad.

Diagrama de Pareto. Causas de demoras.

Una vez concluido el estudio de tiempos, se realizó un análisis para determinar las demoras con mayor peso sobre el tiempo muerto en el proceso de acarreo y posteriormente plantear alternativas para eliminar o controlar el 20% de las causas que generan un proceso de acarreo deficiente y, por lo tanto, incumplimiento del plan de producción. Al realizar el diagrama de Pareto se determinaron las causas que tienen un mayor peso en el proceso de acarreo (figura 13), Salir de stock con el 34.9%, Fallas scooptram con el 27.3% e Ingreso a mina con 18.1%, estas tres causas representan el 80% del tiempo total, por lo tanto, se debe poner mayor

atención en ellas. A continuación se presenta un análisis detallado a través de un diagrama ¿Por qué, por qué?.

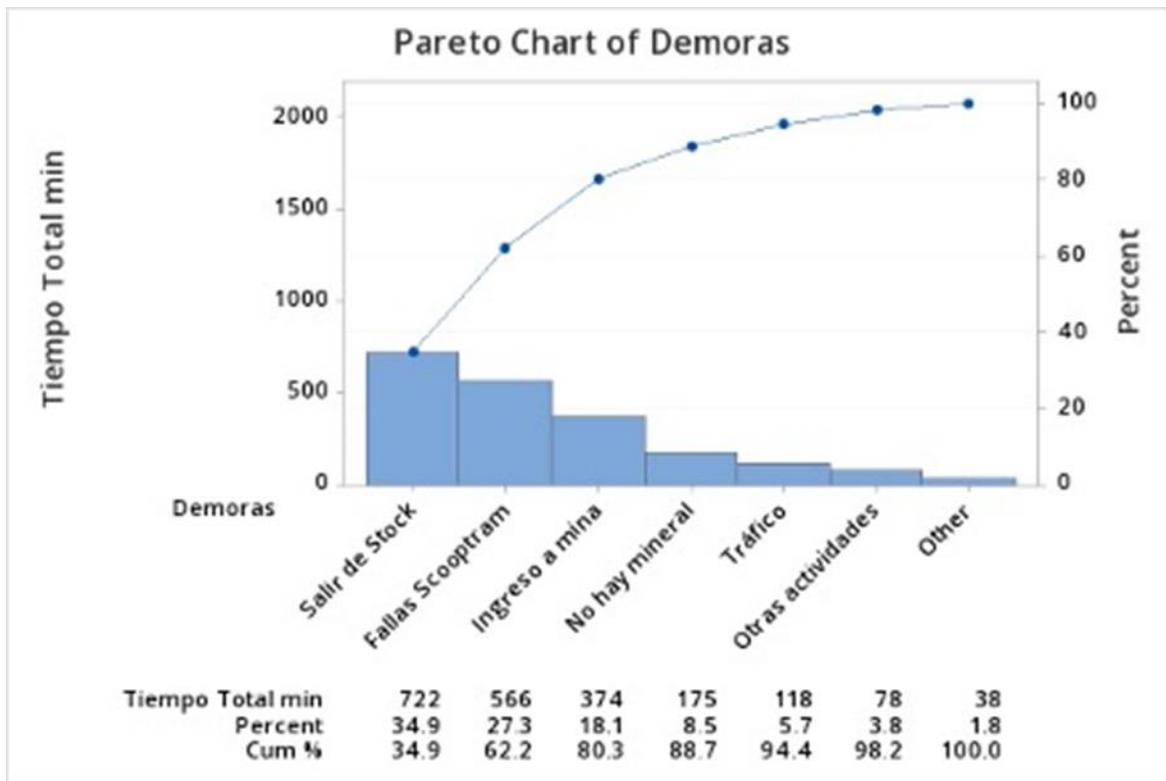


Figura 13. Demoras presentes en el acarreo.

Diagrama ¿por qué, por qué?. Análisis de demoras.

Para llegar a la causa – raíz de las demoras presentes en el proceso de acarreo de mineral, se realizó este diagrama, ver figura 14.

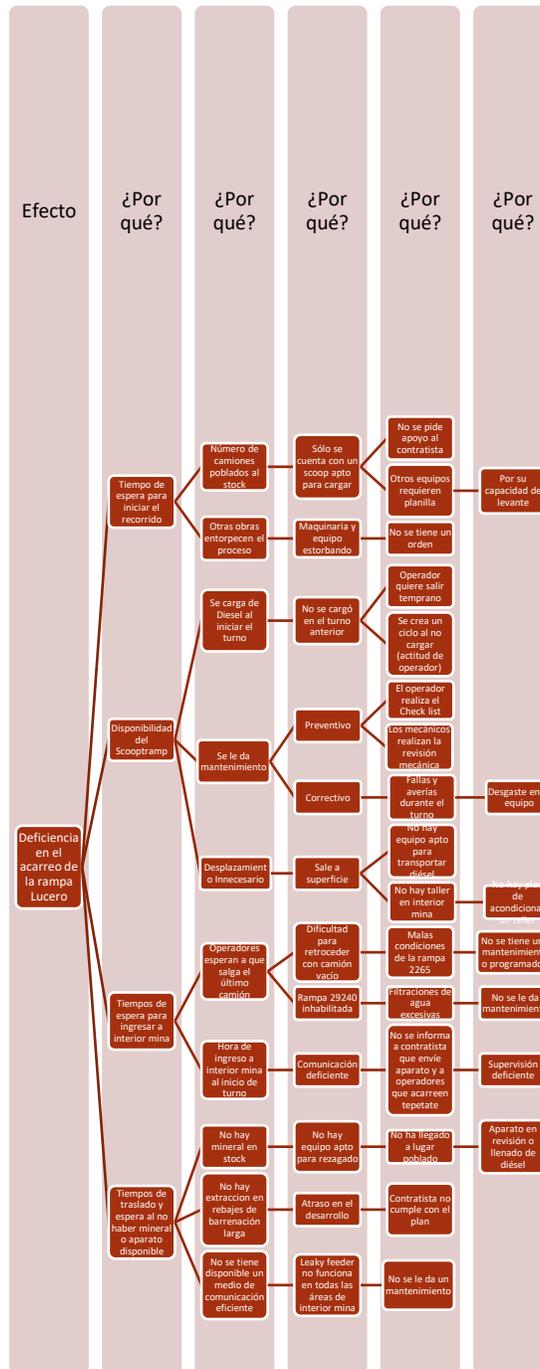


Figura 14. Análisis de causa-raíz de demoras en el acarreo.

En el análisis realizado, se observa de una manera más detallada las causas principales que demoran el proceso de acarreo:

1. Tiempo de espera para iniciar el recorrido: Se observó que esta causa depende del número de camiones poblados a un lugar determinado, a mayor número de unidades, mayor es el tiempo de espera. En este caso, todas las unidades fueron pobladas siempre al mismo lugar, debido a que la empresa, únicamente contaba con un equipo apto para cargar, los demás equipos, por su capacidad de levante, no son los indicados. La empresa contratista si contaba con un número mayor de equipos aptos para el cargado de unidades volteo, sin embargo, el supervisor de la empresa nunca tuvo la iniciativa de solicitar el apoyo.

En esta misma causa, se observó que en ocasiones se realizaban otras labores como rezagado, colocación de servicios o tránsito de maquinaria, las cuales entorpecían el cargado de las unidades de volteo.

2. Disponibilidad del Scooptram: Se observaron diversas subcausas derivadas de esta. La primera de ellas es el tiempo empleado para cargar con diésel los equipos, sin un orden o prioridad establecida y siempre al iniciar el turno, esto se realizaba así por no tener un equipo en condiciones adecuadas para distribuir el diésel en interior mina. El lugar utilizado para cargar el combustible fue el patio inmediato al portal, mismo lugar en donde eran estacionados los equipos al finalizar el turno. Entre las razones encontradas por las cuales no se abastecía con diésel a los equipos por parte de los operadores fueron: Se creaba un ciclo al quejarse que los

operadores del turno anterior no lo hacían, por lo tanto, ellos tampoco lo harían y así sucesivamente, la otra causa se atribuyó a que no se tenía un horario específico para la hora de salida, por lo tanto, si la mayoría de los trabajadores decidía irse, lo hacían.

Otro factor importante es el mantenimiento, que en el caso del mantenimiento preventivo como llenado de checklist por parte de los operadores y mecánicos es obligatorio, pero en el caso del mantenimiento correctivo, presentó elevados tiempos muertos en el equipo para cargar unidades de volteo, se observó que el equipo ya se encontraba desgastado y con arreglos mecánicos y eléctricos con una metodología incorrecta, esto con el fin de que el equipo funcionara por un tiempo más, sin importar las consecuencias a futuro.

El desplazamiento innecesario fue considerado ya que no hay razón por la cual un equipo tenga que salir a superficie, a menos que se tratase de una reparación más compleja, las razones por las que los equipos salían a superficie era para el abastecimiento de diésel y al no haber un lugar asignado para estacionar los vehículos a fin de turno.

3. Tiempos de espera para ingresar a interior mina: Se presentaron dos tiempos muertos en esta causa; los operadores de volteo, al venir en caravana esperaban a que el último camión de la misma saliera de mina, esto por las malas condiciones de la rampa ya que los camiones una vez ingresando a mina, no podían retroceder debido a las filtraciones de agua y el tramo para retroceso del camión que faltó por salir era demasiado largo (hasta el bypass 29240). La hora de ingreso a interior mina fue la segunda

causa, ya que los operadores esperaban al aparato de la empresa para bajar en caravana y no estar dentro de mina el tiempo de ocio generado, no surgió ninguna iniciativa por parte del supervisor de pedir apoyo al contratista (ya que ellos ingresaban más pronto), por lo tanto, ya se encontraban cerca de los lugares de extracción de mineral.

4. Tiempos de traslado y espera al no haber mineral o aparato disponible: Si bien, todas las demoras son causas del incumplimiento del plan de desarrollo y producción y que a su vez van de la mano, la más importante fue la carencia de mineral, porque de ella, viene el atraso en el desarrollo (frentes en mineral y rebajes listos para el corte vertical) y en la barrenación, por lo tanto, se generó un atraso en el acarreo. Como ya se mencionó, los retrasos en preparación de rebajes vienen a raíz del desarrollo del contratista y al tiempo muerto por no haber aparato para rezagar y cargar el mineral. Dichos retrasos en ocasiones fueron impredecibles debido a las condiciones ambientales como ventilación y fracturamiento de roca después de la voladura, por ello se generó atraso en el turno.

Al no haber extracción en rebajes de barrenación larga, el acarreo mostró ser ineficiente, ya que se terminaba el mineral de los rebajes minados con Corte y Relleno, siendo los rebajes de barrenación larga los que mayor tonelaje aportan al plan de producción.

Por último, se observó una deficiencia en el medio de comunicación en interior mina, por lo tanto, los supervisores y los altos mandos no se enteraban sobre las acciones correctivas que habían de realizarse

inmediatamente. Se investigó la causa a esta deficiencia concluyendo que el “Leaky Feader” no recibe mantenimiento ni actualización de las líneas para tener un mayor alcance hacia los nuevos desarrollos.

Todas las causas analizadas en conjunto crean un mayor problema para el cumplimiento del plan de desarrollo y producción tanto como a la empresa, como a la empresa contratista, en el capítulo siguiente se plantearán recomendaciones para solventar estas deficiencias.

Estudio de tiempos de ciclo largo. Barrenación con máquina de pierna.

Con el estudio de tiempos de ciclo largo se obtuvieron tiempos estándar de barrenos en cuele (desarrollo), corte vertical (producción) y anclaje (fortificación); El barreno, según el tipo de minado, tiene una pequeña variación por el cambio de barra; de 1.20 mts a 1.80 mts y de 1.80 mts a 2.4 mts, ver tabla 8.

Elemento	Tiempo estándar (min)
Barreno de 1.80 mts de longitud en cuele	4.16
Barreno de 2.40 mts de longitud en cuele	6.16
Barreno de 2.40 mts de longitud en corte vertical	5.64
Ancla Split Set de 1.80 mts de longitud	7.97

Tabla 7. Tiempo estándar por tipo de barreno.

Además, se recolectó información cualitativa que permitió conocer las demoras presentes en este proceso. De la misma manera, se permitió estandarizar el tiempo que podría emplearse en terminar cierto trabajo de barrenación, basado en los tiempos obtenidos por barreno.

El tiempo estándar presentado en la tabla 8 considera a los tiempos por cambio de barra hexagonal, barrenos encontrados con fallas geológicas, fallas en

máquina de pierna y cualquier otro suceso que se presentó durante el proceso. La

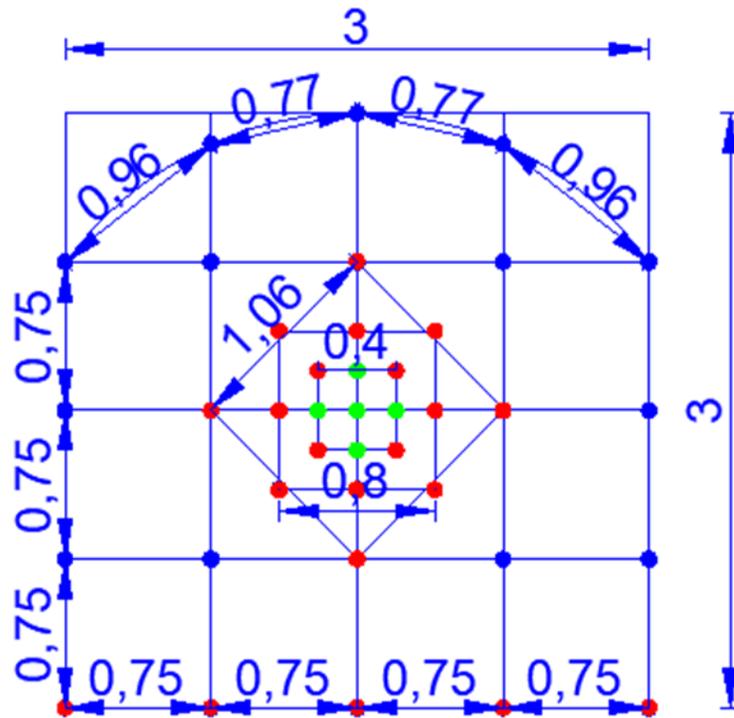


Figura 15. Plantilla de barrenación a sección 3x3.

habilidad de los perforistas y ayudantes también influyó en el tiempo, pero al ser estandarizado, se contemplaron esas pequeñas variaciones de ritmo y habilidad. Para el caso del barreno en minado de corte vertical, únicamente se consideró la longitud de 2.40 mts. ya que es un estándar interno.

Se realizó un análisis según la sección empleada en la mina Lucero para determinar el tiempo estándar de barrenado. El cuele se utiliza en desarrollo en obras como accesos, cruceros, siles y nichos; ver figura 15 y 16.

Sección 3x3

- Barrenos dados: 39
- Barrenos cargados con explosivo:
- Longitud de barrenación: 1.80 mts.

- Tiempo estándar por barreno: 4.16 min.
- Tiempo estándar de barrenación: 2 horas y 42 minutos.
- Longitud de barrenación: 2.40 mts.
- Tiempo estándar por barreno: 6.16 min.
- Tiempo estándar de barrenación: 4 horas.

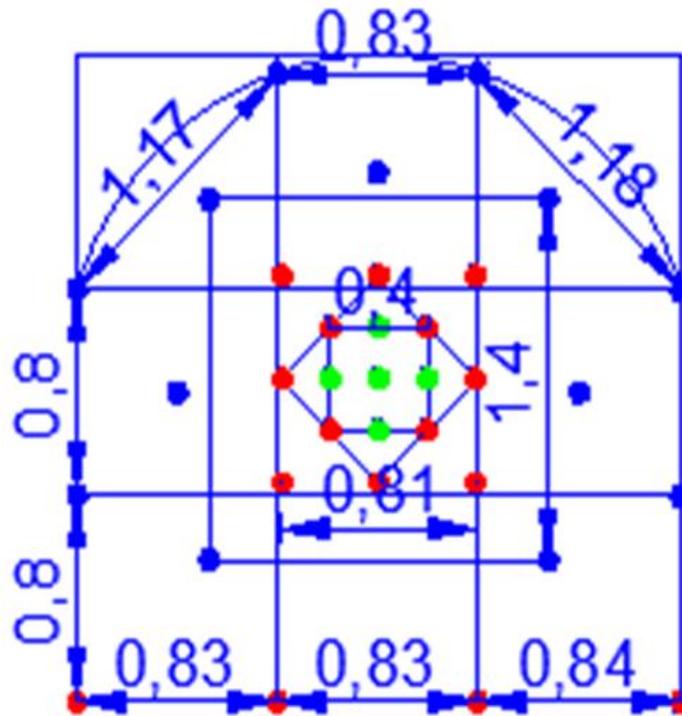


Figura 16. *Plantilla de barrenación a sección 2.5x2.5.*

- Barrenos dados: 34
- Barrenos cargados con explosivo: 29
- Longitud de barrenación: 1.80 mts.
- Tiempo estándar por barreno: 4.16 min.
- Tiempo estándar de barrenación: 2 horas y 21 minutos.
- Longitud de barrenación: 2.40 mts.
- Tiempo estándar por barreno: 6.16 min.
- Tiempo estándar de barrenación: 3 horas y 29 minutos.

Estudio de tiempos de ciclo largo.

Se presentan los resultados de los tiempos obtenidos por área de trabajo debido a que presentan variación en los factores incidentes en el proceso.

Rebaje 2241.

En la tabla 8 se presenta un resumen general de los tiempos obtenidos en este rebaje y el porcentaje obtenido por turno.

Operación	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5		Muestra 6	
	Cuele en mineral		Fortificación		Cuele en mineral		Corte Vertical		Cuele y fortificación		Cuele en mineral	
Tiempo de Operaciones Esenciales (min.)	188.5	31.4%	203	33.8%	178	29.7%	198	33.0%	163	27.2%	163	27.2%
Tiempo de Operaciones Auxiliares (min.)	190.5	31.8%	229	38.2%	310	51.7%	234	39.0%	286	47.7%	350	58.3%
Tiempo Muerto (min.)	221	36.8%	168	28.0%	112	18.7%	168	28.0%	151	25.2%	87	14.5%
Barrenos por Turno	34		24		35		19		29		34	
Escala en metros	1.8		1.8		1.8		2.4		1.8		1.8	

Tabla 8. Resumen general por muestra.

Posteriormente se realizó un análisis de los tiempos muertos ya que en conjunto con los tiempos auxiliares representan el mayor porcentaje de tiempo por

turno y para determinar aquellos elementos en los que se debe proponer un plan de acción para reducir o eliminar dichos tiempos.

En todas las muestras tomadas, comparando los tres tipos de tiempos, nunca fue mayor el tiempo de operaciones esenciales, obteniendo un promedio de 30.4% por turno para barrenar y/o cargar con explosivo los barrenos, es decir 3 horas de turno efectivo.

En la tabla 9 se observan los tiempos tomados por todas las muestras, nos enfocaremos en los tiempos auxiliares y tiempos muertos.

Tiempo	Causa	Muestras					
		1	2	3	4	5	6
Tiempo Productivo	Barrenación	147	161	139	198	163	115
	Cargado de explosivo	41.5	42	39	0	0	48
Tiempo Auxiliar	Alimentos	42	31	30	45	36	45
	Preparación	62	72	108	16	26	20
	Rezagado	0	0	55	0	70	170
	Pueblo	10	45	27	60	15	17
	Topografía	0	30	0	23	0	30
	Supervisión	0	0	0	18	41	12
	Polvorero	0	0	0	5	8	5
	Orden y limpieza	6	7	3	18	22	12
	Muestras	0	0	30	20	27	0
	Traslado	46.5	35	45	22	21	20
	Prep. Ingreso a mina	24	9	0	7	20	19
	Limpieza de barrenos	0	0	12	0	0	0
	Tiempo Muerto	Inicio de Pueblo	0	10	10	0	0
Ventilación		109	55	43	36	0	17
Jackleg		0	0	0	0	59	0
Material		0	13	0	0	0	0
Ocio		72	50	14	62	20	10
Post turno		40	40	45	70	72	52
TOTAL		600	600	600	600	600	600

Tabla 9. Clasificación de tiempos por muestras.

Tiempos auxiliares.

En este apartado, se analizarán únicamente los elementos que puedan ser manipulados por el departamento de mina.

Se observa que en las muestras 4 y 6 para el elemento “Alimentos” se llega al límite permisible por la empresa, por lo tanto, el tiempo excedente se trasladó a tiempo de “ocio”. En relación al tiempo de preparación, se observó que se amacizó por mucho tiempo en el lugar, el motivo fue que en el avance de la frente se presentó una falla geológica en el cielo y al alto de la obra. El tiempo de rezagado en la muestra 6 resultó ser muy elevado, esto se debió a que el aparato emitió CO en exceso, por lo que existió la necesidad de ventilar.

Para el elemento “supervisión”, se observa un déficit de tiempo en las muestras 1, 2 y 3, se debe a que no existió visita a los trabajadores, lo cual representa un área de oportunidad. De la misma manera el tiempo del polvorero, se observó que desde antes de ingresar a interior mina, se realizaba el pedido de “gastos”, sin ver primero las necesidades en el terreno. Los tiempos relacionados a la preparación para ingresar a mina se consideraron excesivos, ya que una vez que los trabajadores hayan sido poblados, deben dirigirse al comedor para tomar su tiempo de comida.

Tiempos muertos.

En la figura 17, se observa que el Pos –turno es la causa principal, con el análisis realizado se observó que los trabajadores salieron más temprano a bocamina debido a que este lugar es el más cercano así que una vez que

terminaban su labor poblada, se iban. El tiempo relacionado con ventilación se derivó de la relación de longitud de la obra, ya que mientras más avance presente más tiempo tardó en limpiar el aire de gases y polvos tóxicos. El tiempo ocio representó un porcentaje considerable pues como se mencionó, se observó que después de la comida, utilizaban tiempo para platicar y después, durante el trabajo. Dentro de elementos “other” se encuentra Tiempo perdido para iniciar plática de pueblo, tiempo perdido por falla en máquina de pierna y tiempo perdido al no haber material.

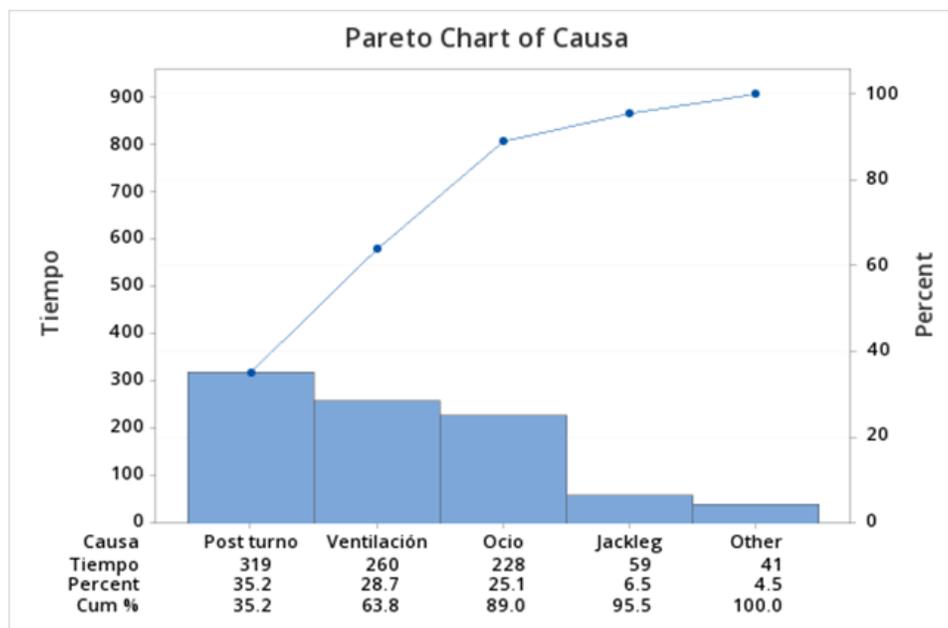


Figura 17. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.

Rebaje 2144.

Se obtuvieron los tiempos muertos del rebaje con 4 muestras. Se observa en la tabla 10 que el tiempo de operaciones esenciales no excede nunca el 26%, por lo tanto, se tiene un promedio del 19% en operaciones esenciales, es decir, casi dos horas por turno. En la muestra número dos, se observan 35 barrenos por turno, eso indica que únicamente ese día se terminó la perforación de cuele para

posteriormente disparar. Se realiza el análisis de demoras para determinar las causas del tiempo muerto.

Operación	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4	
	Cuele en min		Cuele en min		Cuele en min		Cuele en min	
Tiempo de Operaciones Esenciales (min.)	39	7%	150	25%	143	24%	115	19%
Tiempo de Operaciones Auxiliares (min.)	340	57%	301	50%	218	36%	249	42%
Tiempo Muerto (min.)	221	37%	149	25%	239	40%	236	39%
Barrenos por Turno	10		35		27		22	
Escala en metros	1.8		1.8		1.8		1.8	
Metros Barrenados	18		63		48.6		39.6	
Barrenos por hora	15*		18		17		11	

Tabla 10. *Resumen general por muestra.*

Tiempos Auxiliares.

En la tabla 11 se observan los tiempos obtenidos para este rebaje, se observó una longitud de 120 mts de avance aproximadamente, los cuál disparó tiempos de rezagado y ventilación. En estas muestras, solamente se observa un déficit de visita de supervisión en dos de ellas, pero como ya se mencionó, el jefe de turno debe asistir a todos los lugares para dar indicaciones y recomendaciones y así evitar un mal seguimiento al ciclo del rebaje. Los tiempos de traslado oscilan entre los 25 a 63 minutos, esto dependió de la disponibilidad del equipo para el transporte de personal.

Tiempos Muertos.

Tiempo	Causa	Muestras			
		1	2	3	4
Tiempo Productivo	Barrenación	39	116	97	115
	Cargado de explosivo	0	34	46	0
	Alimentos	23	25	45	31
	Preparación	92	70	47	74
	Rezagado	83	58	0	67
	Pueblo	74	12	23	12
	Topografía	0	24	0	0
Tiempo Auxiliar	Supervisión	0	15	13	0
	Polvorero	0	0	0	0
	Orden y limpieza	4	7	15	11
	Muestras	0	0	0	12
	Traslado	39	63	38	25
	Prep. Ingreso a mina	25	16	20	17
	Limpieza de barrenos	0	11	17	0
	Inicio de Pueblo	6	0	5	2
	Ventilación	152	74	0	4
Tiempo Muerto	Jackleg	0	0	0	0
	Material	0	0	10	0
	Ocio	7	0	149	121
	Post - Turno	56	75	75	109
	TOTAL	600	600	600	600

Tabla 11. Clasificación de tiempos por muestras.

En la figura 18 se observan las causas que ocasionaron el tiempo muerto en el Rebaje 2144, el tiempo representa al total de las 4 muestras tomadas. Se obtuvo nuevamente el tiempo de post –turno como el principal tiempo muerto y en efecto, en ocasiones el transporte abandonaba la mina a las 16:30 hrs. Se observó que el tiempo de ocio está relacionado con la cercanía del lugar, ya que no se requirió demasiado tiempo en traslado, por lo cual tenían tiempo de platicar. La ventilación, a pesar de estar fuera de la regla 80 – 20 también presentó un porcentaje importante, ya que, con los tiempos obtenidos por este elemento, el departamento de planeación e ingeniería realizó ajustes para minimizar estos tiempos y, además, este tiempo se presentó en su mayoría por no dejar ventilando después

de la voladura. Por último, se observa que otras causas representan el 2.7% causado por falta de material para trabajar y tiempo muerto al esperar a que todos los trabajadores estuvieran presente en la plática de 5 minutos y pueble.

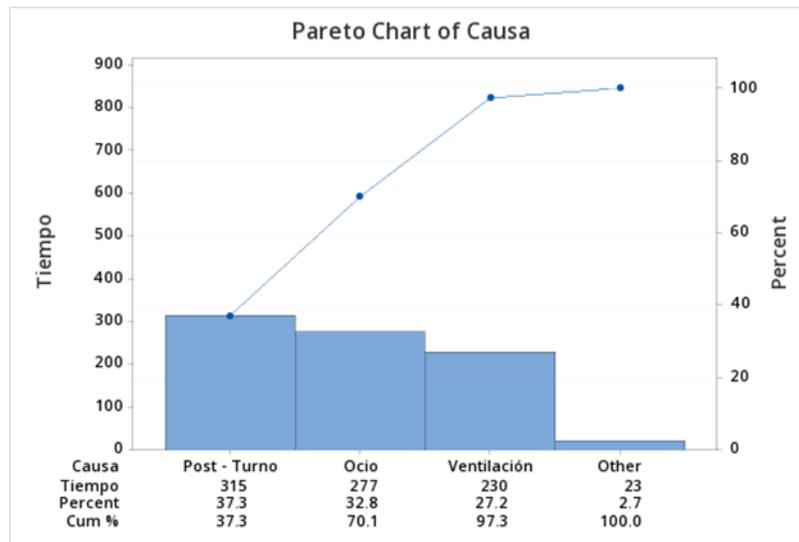


Figura 18. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.

Rebaje 2146.

Se obtuvieron los tiempos de operaciones esenciales, tiempos auxiliares y tiempos muertos correspondientes a este rebaje, obteniendo los siguientes resultados, ver tabla 12.

Operación	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4	
	Corte Vertical		Corte Vertical		Corte Vertical		Corte Vertical	
Tiempo de Operaciones Esenciales	195	33%	307	51%	218	36%	244	41%
Tiempo de Operaciones Auxiliares	187	31%	200	33%	288	48%	195	33%
Tiempo Muerto	218	36%	93	16%	94	16%	161	27%
Barrenos por Turno	32		44		29		40	

Tabla 12. Resumen general por muestra.

Se observa en este rebaje un tiempo de operaciones esenciales relativamente mayor a los rebajes anteriores, obteniendo un promedio de 40%, es decir, cuatro horas de operación. En las muestras 2 y 4 se observa un tiempo de operación mayor a cada uno de los tiempos restantes.

Tiempos auxiliares.

En la tabla 13, se observan los tiempos auxiliares presentes en este rebaje. Los tiempos relacionados a la plática de pueblo y mayores a 30 minutos se presentaron los días martes, ya que se llevaron a cabo pláticas de seguridad en comunidad. En este lugar, se observó una visita constante por parte de la supervisión, pero esto se debía a condiciones relacionadas con seguridad y operación, por lo tanto, el lugar requirió de un seguimiento más cuidadoso. De la misma manera se observó que el polvorero asistía más a este lugar que a otros, esto fue debido a la cercanía con el polvorín. Los tiempos de traslado dependieron del medio de transporte, reduciendo el tiempo cuando se utilizó el camión de personal, pero en la muestra 4 se observa un tiempo de 76 minutos, esto porque ese día se le realizó servicio a la unidad de transporte de personal.

De la misma manera se observa tiempo de preparación por encima de los 13 minutos, esto dependió de la habilidad de la supervisión para explicar el pueblo a los trabajadores.

Tiempo	Causa	Muestras			
		1	2	3	4
Tiempo Productivo	Barrenación	135	257	145	201
	Cargado de explosivo	60	50	73	43
Tiempo Auxiliar	Alimentos	45	45	44	31
	Preparación	38	36	12	56
	Rezagado	0	0	145	0
	Pueblo	4	45	10	15
	Topografía	0	0	0	0
	Supervisión	15	5	12	0
	Polvorero	10	8	12	0
	Orden y limpieza	25	7	13	4
	Muestras	0	12	0	0
	Traslado	30	28	27	76
	Prep. Ingreso a mina	20	14	13	13
	Limpieza de barrenos	0	0	0	0
Tiempo Muerto	Inicio de Pueblo	0	0	0	5
	Ventilación	0	0	0	0
	Jackleg	0	0	0	0
	Material	0	0	0	0
	Ocio	65	43	27	7
	Post - Turno	153	50	67	149
TOTAL		600	600	600	600

Tabla 13. Clasificación de tiempos por muestras.

Tiempos muertos.

Se observa en la figura 19, que al igual que en los demás lugares se obtuvo con mayor porcentaje el tiempo de post – turno el motivo fue que todos los trabajadores salían juntos en el camión de personal. El tiempo ocio obtenido fue por un corto en la energía eléctrica, esperando la reconexión para poder calentar sus alimentos. Por último, se obtuvo en la muestra 4 una espera de cinco minutos

para iniciar el pueblo, lo que nos permitió concluir que esta cuadrilla se comportó de manera puntual.

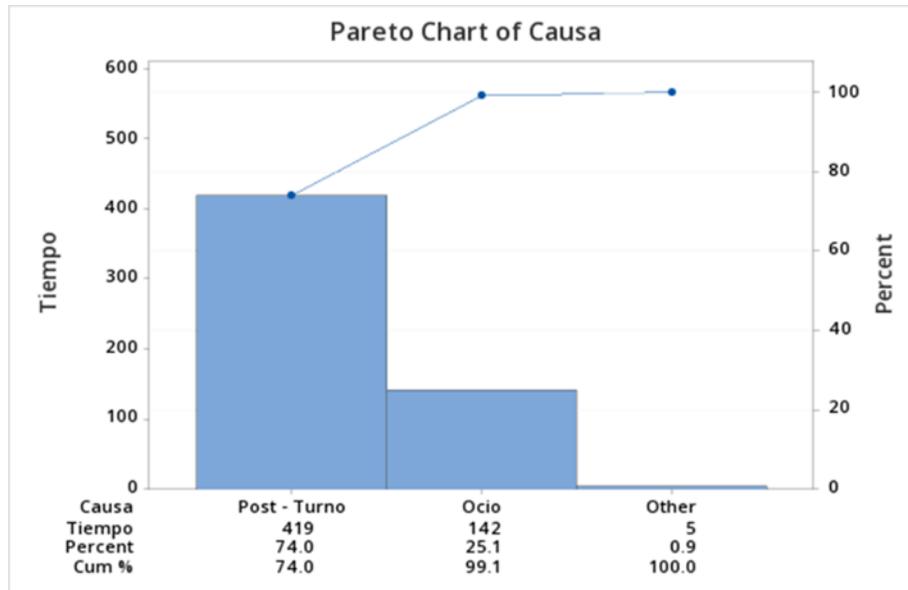


Figura 19. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.

Rebaje 2056.

Los tiempos obtenidos de este rebaje se enfocaron al desarrollo de un contrapozo ranura. Por las dimensiones de la obra, el tiempo de operaciones esenciales mostró ser mínimo, ver tabla 14.

Operación	Muestra 1		Muestra 2	
	Contrapozo		Contrapozo	
Tiempo de Operaciones Esenciales	80	13%	145	24%
Tiempo de Operaciones Auxiliares	292	49%	200	33%
Tiempo Muerto	228	38%	255	43%
Barrenos por Turno	20		20	

Tabla 14. Resumen general por muestra.

Se observan tiempos auxiliares y tiempos muertos con un tiempo muy parecido y como ya se mencionó, para ambos se analiza un contrapozo con una plantilla de 20 barrenos.

Tiempos Auxiliares.

Cómo puede observarse en la tabla 15, en la muestra 1, se tienen 74 minutos para pueble, cómo ya se mencionó anteriormente, los tiempos elevados únicamente se presentaron los días martes. A pesar de haber disparado en las dos ocasiones, no se presentó el polvorero para preguntar por el explosivo requerido. Por último, se presentó un tiempo de 71 minutos

Tiempo	Causa	1	2
Tiempo	Barrenación	42	105
Productivo	Cargado de explosivo	38	40
	Alimentos	35	45
	Preparación	19	25
	Rezagado	0	0
	Pueblo	74	12
	Topografía	0	28
Tiempo	Supervisión	5	12
Auxiliar	Polvorero	0	0
	Orden y limpieza	13	28
	Muestras	10	0
	Traslado	45	40
	Prep. Ingreso a mina	20	10
	Limpieza de barrenos	71	0
	Inicio de Pueblo	6	50
	Ventilación	0	0
Tiempo	Jackleg	0	0
Muerto	Material	0	0
	Ocio	157	142
	Post - Turno	65	63
	TOTAL	600	600

Tabla 15. Clasificación de tiempos por muestras.

por limpieza de barrenos, estos tiempos son impredecibles ya que se encontraron fallas en la veta, por lo que fue necesario realizar este reproceso.

Tiempos muertos.

Los tiempos muertos presentes para este rebaje fueron los siguientes:

Se observa en la figura 20 que el tiempo ocio representó el 61.9% del tiempo muerto total, y como se comentó anteriormente, la barrenación en contrapozo es breve, al ser una plantilla de 20 barrenos, sin embargo, en ocasiones el tiempo de

preparación dependerá de la longitud del avance y las condiciones del lugar de trabajo.

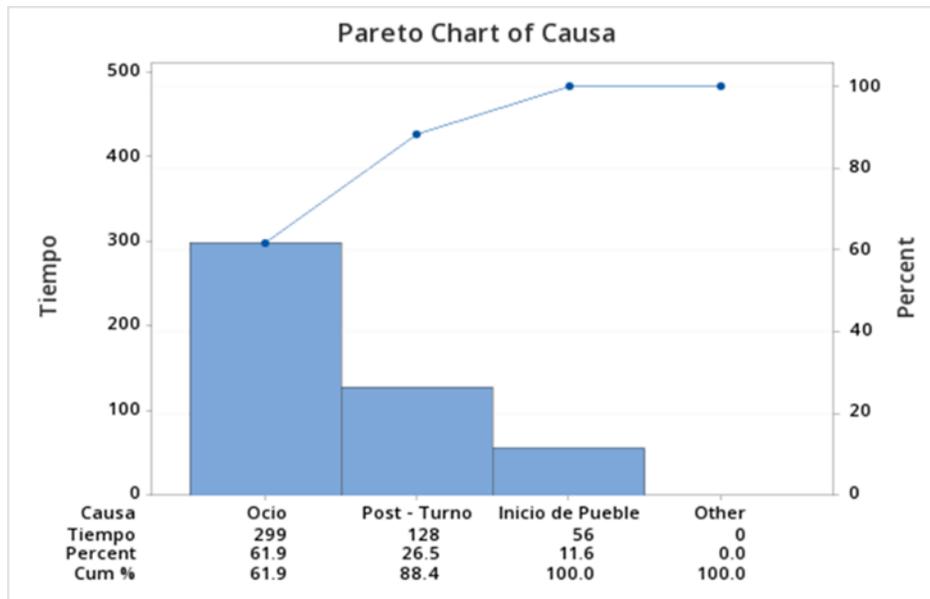


Figura 20. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.

Se observó nuevamente tiempo perdido por post – turno, ya que día a día se presentó este elemento. Por último, el tiempo de espera para inicio de pueblo permaneció constante durante las muestras, lo que requiere atención para la minimización de este tiempo.

Rebaje 2129.

Se obtuvieron los tiempos de operación, auxiliares y muertos para el rebaje 2129. En la tabla se observa una disminución en el tiempo de operaciones esenciales, para lo cual se realizó el análisis correspondiente para determinar las causas, ver tabla 16.

Para este rebaje se obtuvo un promedio del 29% de operaciones esenciales, muy parecido al de todos los demás, un 40% en promedio por operaciones auxiliares y un promedio de 30% de tiempo muerto.

Operación	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	Corte Vertical		Corte Vertical		Corte Vertical	
Tiempo de Operaciones Esenciales	263	44%	176	29%	89	15%
Tiempo de Operaciones Auxiliares	268	45%	189	32%	271	45%
Tiempo Muerto	69	12%	235	39%	240	40%
Barrenos por Turno	31		12		9	

Tabla 16. *Resumen general por muestra.*

Tiempos auxiliares.

En la tabla 17 se observan tiempos de preparación relativamente elevados, por lo que se observó que el rebaje requirió de la instalación de servicios y tiempo empleado para el amacice. A pesar de ser el lugar más alejado y esto se vio reflejado en los tiempos de traslado, se observa que la supervisión tuvo una visita

Tiempo	Causa	1	2	3
Tiempo Productivo	Barrenación	217	131	62
	Cargado de explosivo	46	45	27
	Alimentos	45	34	45
	Preparación	77	18	93
	Rezagado	0	0	0
	Pueblo	22	12	15
	Topografía	0	0	0
Tiempo Auxiliar	Supervisión	0	12	7
	Polvorero	0	0	0
	Orden y limpieza	16	15	25
	Muestras	0	0	0
	Traslado	91	70	53
	Prep. Ingreso a mina	17	28	33
	Limpieza de barrenos	0	0	0
	Inicio de Pueblo	10	2	3
	Ventilación	0	0	0
Tiempo Muerto	Jackleg	0	25	0
	Material	0	58	0
	Ocio	19	105	165
	Post - Turno	40	45	72
	TOTAL	600	600	600

Tabla 17. *Clasificación de tiempos por muestras.*

constante. De la misma manera, al ser un lugar cerca de los polvorines, se pedían los gastos en el transcurso del recorrido. Por último, se observó que el tiempo empleado para preparación de ingreso a mina es persistente y elevado.

Tiempos Muertos.

Se observa que el 53.1% del tiempo (ver figura 21), fue representado por el tiempo de ocio, esto fue ocasionado por las buenas condiciones del lugar. El ocio se generó antes de disparar, puesto que los perforistas “estimaron” el tiempo necesario para cargar los barrenos acumulados, por lo tanto, esperaban el explosivo para inmediatamente trasladarlo al lugar de trabajo después de haberlo recibido. Se generó otro tiempo ocio al esperar la hora para iniciar la voladura, ya que al ser el lugar más lejano y por el que no transitaba gente, lo más conveniente era que ellos mismo iniciaran la voladura y no el supervisor como se estableció. El 28.9% fue representado por el tiempo de post – turno el cual se generó diariamente. El tiempo relacionado al no haber material se presentó en este rebaje faltando mangueron para los servicios de aire. Los tiempos relacionados por fallas o averiasen la máquina de pierna fueron de 4.6%, los cuales, fueron minimizados por los mismos perforistas al cambiar las piezas con otra máquina averiada. Por último, en el apartado “other” fue representado por el tiempo de espera para iniciar la plática de pueblo.

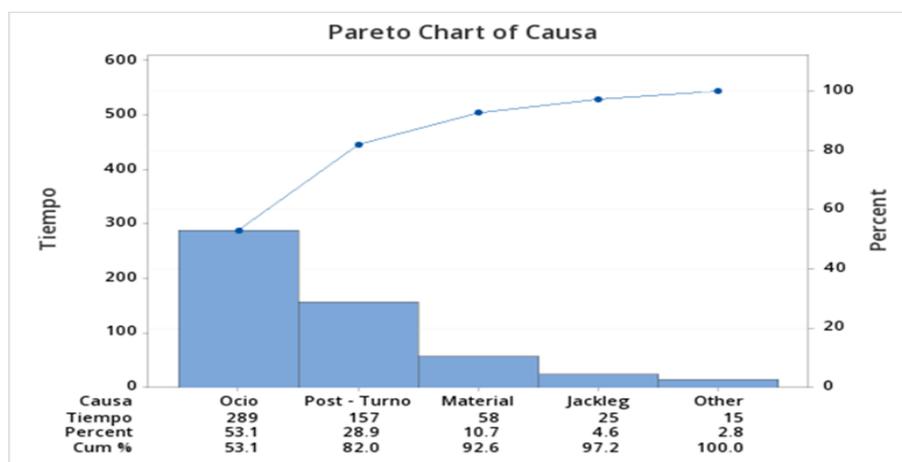


Figura 21. Pareto de demoras, análisis de tiempo muerto.

Tiempos muertos. Análisis general.

Se obtuvo un análisis general de los tiempos muertos en la mina Lucero, es decir, la suma de los tiempos muertos presentes en cada rebaje, obteniendo que el 77% de los tiempos muertos se deben a los tiempos de post – turno y tiempo ocio, por lo tanto, si se quiere iniciar con un plan de incremento de productividad, debe comenzarse desde estos dos elementos, ver figura 22.

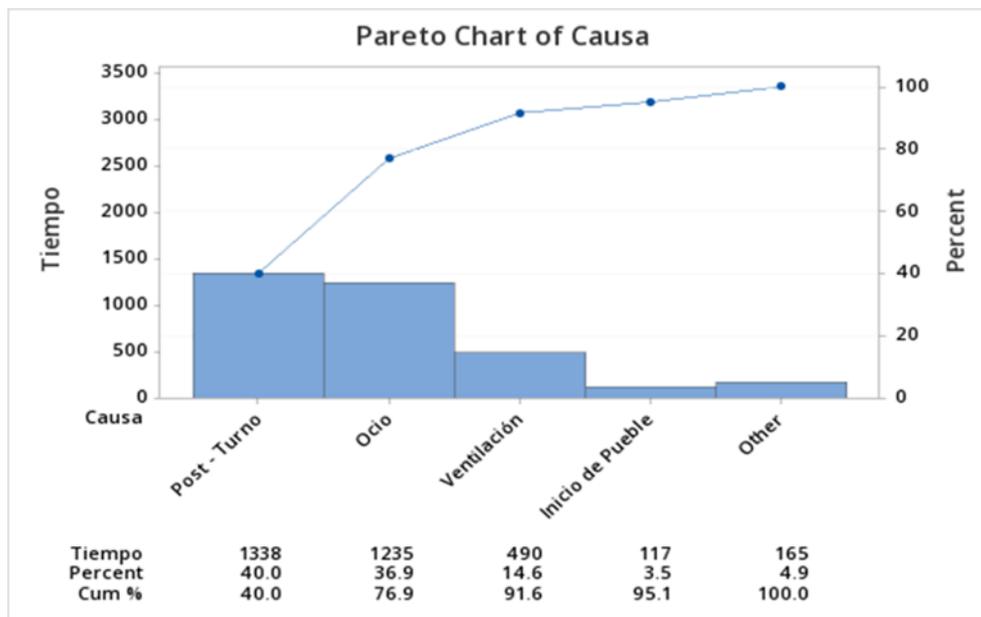


Figura 22. Análisis general de tiempo muerto.

4.2 Importancia o trascendencia.

Con la aplicación del estudio de tiempos y análisis de la información cualitativa y cuantitativa se logró determinar las principales deficiencias en el proceso de extracción, así como la causa - raíz. De la misma manera, el departamento de mina podrá planear y/o manipular la información para balancear la producción diaria según los lugares de cargado y observando los principales factores que afectaran el proceso de barrenación para así plantear estrategias de optimización.

Podrá estandarizar sus operaciones reduciendo la variabilidad en las metodologías empleadas.

Dichos datos beneficiarán al departamento de planeación ya que podrán disponer y actualizar la información para proyectos posteriores, tales como la planeación a largo plazo (LOM), planeación mensual y semanal de producción y desarrollo.

Conclusiones y recomendaciones.

Gracias a la naturalidad del diseño de este proyecto, se permitió conocer la relación existente entre los procesos estudiados y la problemática principal y sobre todo confirmando los fenómenos a través de herramientas estadísticas y administrativas. Con el conocimiento adquirido en campo al realizar cada uno de los estudios, se permitió generar información novedosa y detallada sobre los elementos que producen una deficiencia en dichos procesos y generando estándares de tiempo utilizables para las futuras planeaciones de operación en la mina Lucero. De la misma manera, a través de la información obtenida, se rompieron paradigmas establecidos por la superintendencia del departamento de mina relacionados a las deficiencias presentes en los procesos de acarreo y barrenación, tales como la actitud de los trabajadores empleados por la empresa como los trabajadores empleados contratistas.

Los tiempos muertos estudiados ocasionaron un retraso en serie al proceso general de explotación y extracción de mineral, dependiendo el tonelaje de mineral a extraer con las unidades de volteo del proceso de barrenación y este último del

desarrollo generado por la empresa y las empresas contratistas. Se confirmó que en la minería subterránea existe un dinamismo muy complejo, ya que es un proceso que no puede alcanzar la excelencia operacional por el simple hecho de que la materia prima extraída proviene de algo impredecible; “la madre naturaleza” pero si pudiendo controlar dichas operaciones con el apoyo de los departamentos especializados como mantenimiento, geología y planeación e ingeniería (topografía y ventilación) basando los conocimientos en explotación de minas subterráneas y sumando a estas disciplinas, estrategias de mejora de procesos y calidad.

Con las recomendaciones planteadas en el transcurso del proceso para la mejora del proceso se logró una mejora en la logística de las actividades cotidianas, tales como el horario de comida de los operadores de volteo y la implementación de la radiocomunicación para eliminar tiempos de espera durante el proceso de cargado y de traslado a stocks para el cargado de mineral.

Con los resultados obtenidos, se permitirán implementar planes de mejora para controlar o eliminar las deficiencias presentes.

Recomendaciones.

Las recomendaciones que a continuación se presentan incrementarán el cumplimiento de los planes de desarrollo y producción, durante el trascurso del proyecto, se propusieron cambios e incluso fueron aplicados sin metodologías para verificar el cumplimiento de estos planes de mejora, sin embargo, se propuso aplicar metodologías como el ciclo PDCA para su monitoreo.

Proceso de acarreo de mineral.

Las recomendaciones planteadas para el acarreo de mineral se presentan en un diagrama “¿Cómo, cómo?, si bien existen herramientas para llevar un mejor control de este proceso, para las cuales se necesita una persona encargada del seguimiento de las mismas se propone contar con un supervisor de calidad, de manera que implemente herramientas para el aumento de la productividad y mejora continua, detectando la raíz de las áreas de oportunidad; ver figura 23.

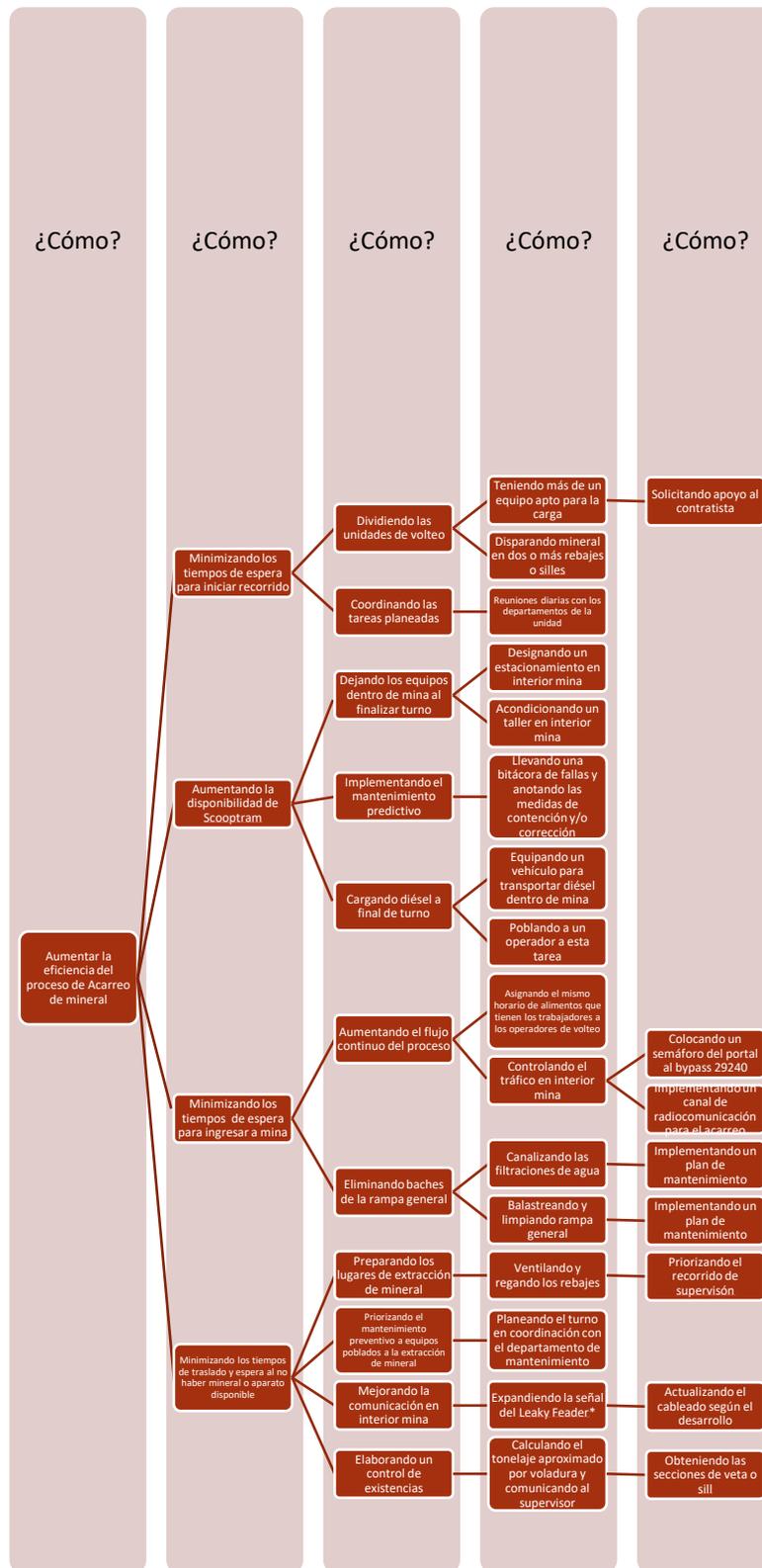


Figura 23. Propuestas de mejora.

Adicionalmente se propone:

- Balancear la producción de manera que cuando se tenga el mineral suficiente en stock, acarrear únicamente lo necesario para cumplir con el plan de producción.
- Designar fijamente o en su defecto, indicar a los operadores poblados para la extracción de mineral que mientras no se encuentre realizando su labor, acarree tepetate proveniente de las obras de la empresa contratista, de esta manera se permitirá dar ciclo de minado a los silles y aumentará el cumplimiento del plan de desarrollo.
- Poblar uno o dos viajes de tepetate al iniciar el turno mientras se acumula mineral en los stocks, de esta manera se minimizan los tiempos muertos y se limpian las frentes desarrolladas por el contratista, permitiendo comenzar con la barrenación tempranamente.
- Implementar el uso de los tiempos estándar para pago al contratista, de esta manera, se establecerá el tiempo estándar por cucharón de scooptram, evitando pago excesivo.

Proceso de barrenación con máquina de pierna.

Como se mencionó en los resultados, Los tiempos muertos principales en el proceso son: El tiempo generado después de salir a superficie, tiempo de ocio, ventilación y puntualidad para iniciar la plática de pueblo, por lo cual se recomienda la siguiente:

- Planear una tarea b, en caso de que algo falle, de manera que no se mantengan en tiempo muerto o tiempo de ocio los perforistas.
- Priorizar el recorrido de la supervisión según las necesidades en el turno, de esta manera se resolverán los imprevistos como bombeo, ventilación, regado de la obra y amacice en la misma.
- Uso de pintura en aerosol para la marcación de secciones en sill y contrapozos, línea de rezagado, desbordes e indicaciones.
- Supervisión de paralelismo y simetría de barrenación, de esta manera se evitará la pérdida de mineral por “dilución”.
- Establecer un horario para el cargado de explosivo y un horario de salida, de manera que pueda aprovecharse mayor tiempo.

Adicionalmente se propone:

- Implementación de inventarios mínimos para el explosivo y materiales de sostenimiento, acero, herramienta, tuberías y conexiones, de esta forma, se disminuirán los costos mensuales.
- Implementación de KPI'S de rendimientos en acero, factores de carga en explosivo y consumo de diésel en maquinaria, se generará información para la toma de decisiones relativas a la planeación de nuevas obras, se permitirá monitorear el acero y detectar anomalías.
- Uso de sacabrocas para aumentar la vida útil de las mismas, actualmente, la metodología para hacerlo es golpear la broca directamente con un marro, lo que disminuye el tiempo de vida de la broca.

- Capacitar al personal en diversos puestos, de manera que se pueda equilibrar el trabajo según las necesidades requeridas, de esta manera se contará con trabajadores especializados que puedan resolver múltiples tareas.
- Uso de método simplex para maximizar las onzas según el tonelaje extraído a patio stockpile, actualmente el método utilizado se basa en la mezcla de leyes con promedio ponderado (composito).

Aclarando que la muestra únicamente contempló a los trabajadores de la empresa, se recomienda realizar estudios posteriores para determinar las deficiencias de las empresas contratistas, específicamente con el plan de desarrollo, con lo poco que se observó, se logró determinar que no tienen una planeación bien establecida para el seguimiento de los planes semanal y mensual, por lo que se recomienda elaborar una gráfica de Gantt con holguras (dado el dinamismo de la mina) y posteriormente elaborar una red para determinar la ruta crítica.

Exigir el control de insumos al contratista de manera que pueda medirse y así reducir los costos de operación.

Datos de la empresa o institución.

A) Marco contextual.

Bolañitos se localiza 10 kilómetros al noroeste de la ciudad de Guanajuato, en el estado del mismo nombre, siendo el segundo distrito histórico de plata más

grande de México y abarca aproximadamente 2,500 hectáreas. Bolañitos tiene acceso vía caminos municipales y cuenta con buena infraestructura local, incluyendo energía proveniente de la red eléctrica estatal; por otro lado,

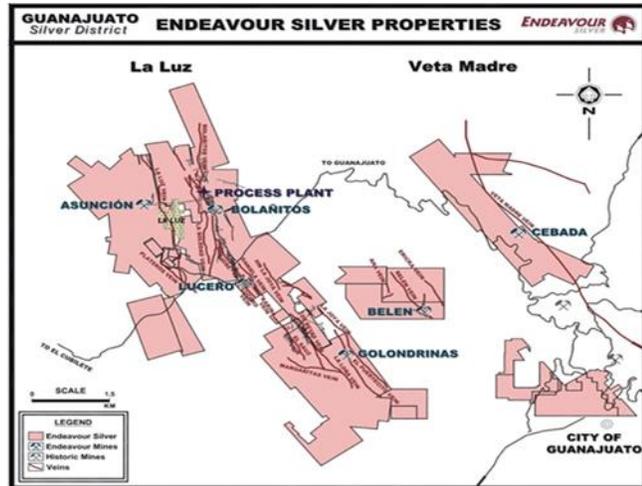


Figura 24. Propiedad de Endeavour Silver.

tiene a su disposición suministros, servicios y mano de obra local en la cercana ciudad de Guanajuato, ver figura 24. El subdistrito de Bolañitos se caracteriza por múltiples vetas epitermales de baja sulfuración de tipo subparalelo, normalmente de miles con capacidad para 1,500 toneladas por día, misma que produce concentrados de plata-oro de alta ley. La mina brinda empleo a 500 trabajadores y 252 contratistas.

Actualmente la operación en mina tiene un rol de trabajo de “10x5”, es decir, 10 días de trabajo en turnos de 10 horas y 5 días de descanso. Para este proyecto únicamente se considera el primer turno, abarcando desde las 07:00 am hasta las 17:00 pm.

B) Organigrama.



Figura 25. Departamentos de Unidad Bolañitos.

C) Misión.

Detectamos, desarrollamos y operamos minas de plata de una forma sustentable, a fin de crear valor para nuestros grupos de interés. Mediante una mejora constante en nuestras actividades y en la forma de llevarlas a cabo, nuestro objetivo es hacer una diferencia positiva en la vida de las personas. Además de maximizar el potencial de nuestras operaciones existentes, contamos con una atractiva cartera de proyectos de exploración y desarrollo que facilitan nuestro objetivo de convertirnos en un productor de plata de primer nivel. En Endeavour Silver nos esforzamos por crear valor social, ambiental y económico para todos nuestros grupos de interés.

ANEXOS

Anexo A. Instrumentos de Recogida de datos.

 MINA BOLAÑITOS S.A de C.V.		Hoja de trabajo de Estudios de Tiempos					
Analista:		Pedro Araujo Ramírez			Fecha de Inicio:		23-ene-20
Operación/Proceso Analizada (o):		Acarreo de Mineral			Fecha de Fin:		23-mar-20
Área o Departamento:		Departamento de Mina			Estudio número:		1
Estudio de elementos:		Únicos:		Hoja 1 de 2			
		Comunes:					
Lecturas	Traslado Bypass 29240 a Bocamina	Traslado Bocamina a Stockpile	Traslado Stockpile a bocamina	Traslado Bocamina a Bypass 29240	Descarga	Descripción de la operación	
1	2.20	2.88	1.73	22.35	0.75		
2	2.18	2.83	1.45	1.63	0.33		
3	1.83	2.92	1.70	1.80	1.05		
4	2.38	2.80	2.18	2.33	0.45		
5	3.08	2.95	1.45	4.56	0.55		
6	4.83	3.62	2.03	1.75	0.30		
7	2.83	2.67	2.05	2.57	0.32		
8	2.25	2.35	2.45	2.07	0.47		
9	2.38	2.40	3.39	1.85	0.88		
10	3.43	2.27	1.67	3.07	0.68		
11	3.42	3.67	2.45	1.98	1.08		
12	3.35	3.97	2.57	2.43	0.57		
13	3.05	3.00	1.98	1.50	0.60		
14	2.23	3.20	1.35	2.18	0.68		
15	1.97	3.82	1.45	2.78	0.55		
16	2.62	2.33	2.13	2.25	0.35		
17	1.72	3.94	1.80	2.45	0.32		
18	2.12	2.98	1.73	22.35	0.40		
19	2.02	2.63	1.45	1.63	0.30		
20	1.75	2.13	1.70	1.80	0.38		
21	2.30	2.63	2.18	2.33	1.83		
22	1.77	3.05	2.48	1.88	0.40		
23	2.17	2.27	2.92	1.85	0.77		
24	2.47	2.48	2.85	1.75	0.92		
25	2.47	2.20	3.10	2.13	0.60		
26	2.57	3.55	2.55	2.40	0.80		
27	2.10	3.95	1.82	1.75	0.27		
28	2.15	2.93	2.30	2.18	0.22		
29	2.08	3.07	1.40	1.24	0.27		
30	2.15	3.35	2.15	3.77	0.58		

Lecturas	Traslado Bypass 29240 a Bocamina	Traslado Bocamina a Stockpile	Traslado Stockpile a bocamina	Traslado Bocamina a Bypass 29240	Descarga	Hoja 2 de 2	
31	1.60	3.07	1.80	1.37	0.92		
32	1.08	3.37	1.55	1.82	0.35		
33	1.88	3.28	4.98	7.98	2.04		
34	2.60	3.28	15.68	1.95	0.43		
35	2.33	3.30	1.93	2.33	0.52		
36	2.23	3.12	2.92	3.62	0.48		
37	2.40	3.03	1.42	2.65	0.70		
38	2.07	2.50	1.18	2.95	0.55		
39	2.23	2.30	1.90	2.45	0.35		
40	2.40	2.77	1.69	2.15	0.38		
41	7.65	2.73	1.80	1.48	0.45		
42	2.53	2.42	1.63	1.77	0.25		
43	2.57	2.53	1.67	1.40	0.37		
44	2.08	2.60	1.80	1.88	0.30		
45	2.33	2.53	2.19	1.72	0.32		
46	2.12	2.40	1.47	2.18	0.68		
47	2.32	1.87	1.60	2.45	0.72		
48	2.03	2.08	1.42	2.63	0.80		
49	2.18	1.97	1.53	2.58	0.77		
50	2.40	1.73	1.50	2.17	0.73		
Ciclos	50					Turno en min. 600	
Tiempo Promedio	2.41	2.83	2.28	3.12	0.60		
Calificación	100%					Tolerancias otorgadas	
Tiempo Normal	2.41	2.83	2.28	3.12	0.60		
Tolerancias	118%					Comida (min)	45
Tiempo Estándar	2.84	3.34	2.69	3.68	0.70	Demora por carga (min)	15.3
						Salida (min)	30

Figura 26. Instrumento de recogida de datos para el proceso de acarreo, elementos comunes.

Lecturas		Cargado	Demora por carga	Traslado a Bypass 29240	Traslado a Stock 2056	Descripción de la operación	
1		4.40	7.90	14.13	16.28	El Scoop Tram recoge el mineral del stock o rebaje 2056, carga el mineral en camiones de volteo de 7 m ³ , posteriormente se traslada por la rampa general hasta el patio stockpile donde es descargado el mineral para su proceso posterior.	
2		18.45	10.03	16.02	12.88		
3		15.40	18.45	16.23	15.32		
4		2.42	15.40	15.85	14.23		
5		3.97	23.25	16.37	18.50		
6		3.12	0.00	11.42	16.27		
7		4.17	0.00	13.35	15.55		
8		3.25	0.00	24.01	13.42		
9		2.32	0.00	14.45	15.13		
10		2.33	7.80	16.87	14.47		
11		3.63	7.13	16.40	17.07		
12		3.17	8.47	15.75	16.23		
13		4.80	6.78	12.48	10.05		
14		2.58	11.50	15.78	12.42		
15		3.03	8.15	15.12	11.00		
16		2.25	22.88	13.97	18.78		
17							
Ciclos	16.00					Turno en min.	
Tiempo Promedio	4.96	9.23	15.51	14.85	600		
Calificació	100%					Tolerancias Otorgadas	
Tiempo Normal	4.96	9.23	15.51	14.85	Comida (min)	45	
Tolerancias	116%					Demora por carga (min)	9.23
Tiempo Estándar	5.76	9.23	18.05	17.28	Salida (min)	30	

Figura 27. Instrumento de recogida de datos para el proceso de acarreo, elementos únicos.



Analista:	Pedro Araujo Ramírez						Fecha de Inicio:	24-mar-20	
Operación/Proceso	Barrenación con máquina de pierna.						Fecha de Fin:	24-may-20	
Analizada (o):									
Área o Departamento:	Departamento de Mina								
	Desarrollo horizontal			Corte vertical			Fortificación		
Lecturas	Barra 1.20 mts	Barra 1.80 mts	Barra 2.40 mts (escalado)	Barra 1.20 mts	Barra 1.80 mts	Barra 2.40 mts (escalado)	Anclas 1.80 mts	Descripción de la operación	
1								Se conectan los servicios necesarios a la máquina perforadora, posteriormente se coloca la broca en la barra hexagonal, la cual es colocada en la bocina de la perforadora, se le coloca el freno y se comienza a barrenar.	
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
								Turno en min.	600
								Suplementos	
								Fijos	
								Cansancio, WC	9%
								VARIABLES	
								Trabajar de pie	2%
Ciclos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Uso de Fuerza	22%
Tiempo Promedio								Ruido	5%
Calificación	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	Tedio	2%
Tiempo Normal								Total	31%
Suplemento	131%	131%	131%	131%	131%	131%	131%		
Tiempo Estándar									

Figura 28. Instrumento de recogida de datos para barrenos con máquina de pierna.

Cursograma analítico

Analista:	Pedro Araujo Ramírez	Fecha de Inicio:	24-mar-20					
Operación/Proceso Analizada (o):	Barrenación de cuele en Rebaje 2144	Fecha de Fin:	24-may-20					
Área o Departamento:	Departamento de Mina	Estudio número:	2					
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
			○	⇒	D	□	▽	
Traslado a oficina	15	2						
Pueblo	0	12						
Recoger detector de gas	0	3						
Platica con compañeros	0	6						
Traslado a bocamina	10	2						
Espera brocas	0	6						
Traslado al comedor	730	9						
Corte de energía	0	110						Esperan en comedor
Alimentos	0	31						
Traslado a rebaje	1200	16						No hubo transporte
Muestreiros trabajando	0	12						Esperan
Amacice	0	39						
Rezagado de mineral	0	67						
Ventilación	0	4						
Traslado a frente	80	5						
Regado de frente	0	35						Se conecta la máquina
Barrenación de cuele	0	64						
Se cambia broca dañada	0	3						
Barrenación de cuele	0	51						
Orden y limpieza	0	11						
Platica con compañeros	0	6						
Traslado a bocamina	1200	5						Salen de raite
Tiempo Post - turno	0	101						
RESUMEN								
TOTAL	3235	600	246	39	315	0	0	

Figura 29. Cursograma de proceso de barrenación con máquina de pierna.

Anexo B. Glosario de términos

Para comprender aún mejor el lenguaje técnico que se aplica en la minería y es utilizado en este proyecto, se decidió agregar un glosario de términos mineros mexicanos.

Acarreo: Transporte de mineral.

Acequia: Pequeño canal de desagüe.

Alto: Tabla. Reliz. Superficie superior de una veta.

Amacizar: Acción de remover piedras flojas en taludes o áreas peligrosas.

Ampliación: Extensión adicional de un fundo minero.

Anclaje: Acción de colocar anclas o pernos en la roca.

ANFO: Siglas de las palabras en inglés *Ammonium Nitrate Fuel Oil* (mezcla de nitrato de amonio y diésel).

Bajo: Tabla. Reliz inferior de una veta.

Banco: Explotación escalonada.

Barrenación: Grupo de barrenos perforados en una obra minera, acción y efecto de barrenar.

Barreno: Perforación practicada en la roca para detonarla con explosivos.

Bocamina: Entrada principal a la mina. Portal de entrada. Socavón.

Bombillo: Cartucho de dinamita. Explosivo de alta potencia. Cebo. Carga de fondo.

Cañuela: Mecha o cordón de ignición para explosivos, constituido por un núcleo de pólvora negra, forrado con un tramado de hilos de algodón y una capa plástica de protección contra la humedad.

Carga: Mineral extraído de la mina para su embarque o tratamiento metalúrgico posterior.

Cargar barrenos: Llenar barrenos con materiales explosivos.

Cielo: Techo de una galería u obra subterránea.

Contrapozo: Obra sensiblemente vertical colada de abajo hacia arriba que comunica dos o más niveles.

Crucero: Obra minera subterránea sensiblemente horizontal colada a 90° de otra obra principal.

Cuadrilla: Grupo de mineros que trabajan en conjunto.

Cuele: Avance o desarrollo en la extracción durante un turno o tiempo determinado.

Chocolón: Porción de barreno no mayor de 30 cm que queda sin fracturar en el fondo de una plantilla.

Disparar: Detonar explosivos.

Echado de veta: Inclinación de una veta con respecto al plano horizontal.

Fainero: Bastón de madera que se usa para apretar los cartuchos de explosivo en el fondo del barreno. También es usado para inspeccionar el paralelismo de los barrenos.

Falla: Fractura con desplazamiento producida en un macizo rocoso, por efectos tectónicos.

Frente: Obra sensiblemente horizontal colada a rumbo de veta.

Levantamiento: Mapeo o cartografía de una mina.

Mantear: Acción de extraer el mineral por un tiro.

Metalera: Contrapozo que se usa para la transferencia de mineral entre dos o más niveles.

Mineral alta ley: Mineral rico o de buena calidad.

Mineral baja ley: Mineral pobre, corriente o marginal.

Mona: Barreno de aproximadamente 40 cm de largo cargado con explosivos. Se utiliza para fragmentaciones secundarias de roca.

Muestrear: Colectar muestras de la mina para su ensaye.

Muestrero: Minero especialista en muestrear.

Pegar: Detonar explosivos.

Pilar: Porción de roca o mineral dejado como soporte natural de techo o de cabeza.

Piso: Parte inferior o suelo de cualquier obra minera.

Planilla: Relleno. Material aplanillado dentro de un rebaje.

Polvorín: Almacén o depósito de explosivos.

Pueblo: Distribución diaria del personal dentro de la mina.

Rampa: Obra minera subterránea principal, con pendiente entre 7 y 12%

con una comunicación al exterior.

Conecta los diferentes niveles de la mina y se usa para el traslado de vehículos autopropulsados.

Rebaje: Excavación subterránea de producción localizada arriba o debajo de un nivel.

Reliz: Plano de falla.

Rezaga: Material suelto producto de una voladura.

Rezagar: Levantar el material fragmentado después de una voladura.

Rumbo: Dirección geográfica de una veta, obra minera o camino.

Scoop Tram (Aparato): Vehículo para cargado frontal de bajo perfil y articulado usado en las minas subterráneas.

Tabla: Pared lateral de una obra minera.

Taco: Separador de arcilla u otro material inerte que se coloca entre los

bombillos de explosivo dentro de un
barreno.

Tepetate: Roca encajonante o rezaga
sin valor comercial.

Tumbar: Acción de tumbar mineral.

Veta: Cuerpo mineralizado de forma
tabular alojado entre dos planos, que
se caracteriza por presentar rumbo y
echado. (pp 5-32).

Bibliografía.

Abubakary, S., & Greberg, J. (2018). Optimization of Truck-Loader haulage system in an underground mine: A simulation approach using SimMine. 2018. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1011835/FULLTEXT01.pdf>

Andrade, Y. (2015). *Implementación de control estadístico de procesos para el control de la calidad y la mejora continua en una industria minera*. Universidad Autónoma del Estado de México.

Araujo, P., & Tovar, E. (2015). *Simulación y Estudio de Tiempos aplicados a trabajos de acarreo de mineral y material estéril en mina Tajo de Dolores*.

Baca, G. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. <http://site.ebrary.com/id/11013760>

Bellido, A. (2018). *Rendimiento de Jumbos Sandvik frente a los tiempos improductivos de perforación de galerías de la contrata AESA. Unidad Minera San Rafael*. Escuela Nacional del Altiplano.

Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforación y voladura de rocas en minería*.

Camisón, C., González, T., & Cruz, S. (2011). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Pearson Educación.

Del Cid, A., Méndez R. y Sandoval, F. (2011). *Investigación fundamentos y Metodología*. México: Pearson Educación.

Escobar, D. (2017). *Estudio de tiempos y movimientos del proceso de acarreo en una mina y propuesta para mejorar su eficiencia*. Universidad Autónoma de México.

Escobedo, D., & Meneses, J. (2016). *Implatación de un sistema integral de administración de Seguridad y Salud en el Trabajo en la Unidad Minera Santa Bárbara: Caso de aplicación en la mina Tecolotes*. Universidad Nacional Autónoma de México.

F Meyers. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos: Para la manufactura ágil* (Cuarta). Pearson Educación.

García, R. (2005). *Estudio del Trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. (Segunda). McGraw Hill.

Gryna, F., Chua, R., & DeFeo, J. (2007). *Método Juran: Análisis y planeación de la calidad* (Quinta). McGraw-Hill Interamericana.

Gutiérrez, H. (2014). *Calidad y productividad*. McGraw Hill.

Gutiérrez, H., & Vara, R. (2018). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. <http://www.e-libro.com/ayuda>

Ishikawa, K. (1994). *Introducción al control de calidad* (Primera). Díaz de Santos.

López, V. (1994). *Manual para la selección de métodos de explotación de*

minas.

López, V. (2003). *Fundamentos para la explotación de minas* (Primera).

Mendo, S. (s. f.). *Acarreo en minería subterránea.*

Monreal, R., & Hernández, P. (2015). *Mi México es minero* (Tercera).

Niebel, B., Freivalds, A., & Cordero, C. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.* Mc Graw-Hill.

Oficina Internacional del Trabajo. (2000). *Introducción al estudio del trabajo.*
Organización Internacional del Trabajo.

Pasch, O., & Uludag, S. (2018). Optimization of the load-and-haul operation at an opencast colliery. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy.* 2018, 118(5), 449-456.

Rodríguez, N. (2015). Estudio de Tiempos y Movimientos del personal de producción de la Compañía Minera Autlán. 2015, 1(2), 8.

Secretaría de Economía (Ed.). (2018). *Panorama Minero del Estado de Guanajuato.* <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/GUANAJUATO.pdf>

Secretaría de economía. (2020). *Minería.* <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria>

Sociedad Latinoamericana para la Calidad. (2000). *Cinco Por qué.*