



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
HIDALGO

ESCUELA SUPERIOR DE ZIMAPÁN

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN
PROCESAMIENTO DE RECURSOS MINERALES

TESIS

**MANUAL OPERATIVO DE PROCEDIMIENTOS PARA
MUESTREO EN DESARROLLO DE OBRAS DENTRO DE UNA MINA
SUBTERRÁNEA**

Para obtener el título de
Licenciado en Ingeniería en Procesamiento de Recursos Minerales

PRESENTA

Erik Abreo Reséndiz

Director (a)
Dr. Víctor Hugo Flores Sánchez

Codirector (a)
Dr. David Leslie Rabling Conde

Asesor
Ing. Alexa del Carmen Roldan Gutiérrez

Zimapán de Zavala, Hgo., México, noviembre 2025



Mtra. Ojuky del Rocio Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

PRESENTE

Por este medio nos permitimos comunicarle que después de haber realizado la revisión del trabajo de tesis desarrollado por el pasante de la Licenciatura en Ingeniería en Procesamiento de Recursos Minerales **ERIK ABREO RESÉNDIZ** con número de cuenta 421264 los miembros del jurado han manifestado a la dirección de esta escuela que su trabajo cumple con los requisitos establecidos por la normativa universitaria para ser presentado en examen profesional correspondiente, por lo que se autoriza la impresión de su tesis titulada: "**MANUAL OPERATIVO DE PROCEDIMIENTOS PARA MUESTREO EN DESARROLLO DE OBRAS DENTRO DE UNA MINA SUBTERRÁNEA**".

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

Dr. Víctor Hugo Flores Sánchez
PRESIDENTE

Dra. Leydi Diana Morales Díaz
SECRETARIO

Dr. David Leslie Rabling Conde
VOCAL

Mtro. Erick Bernardo Zavala Reséndiz
SUPLENTE

Sin otro particular, le reitero a usted la seguridad y mi atenta consideración.

ATENTAMENTE,
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
Zimapán de Zavala, Hidalgo; 25 de noviembre de 2025

Dr. César Amador Ambriz
Director

Av. Jorge Preisser Terán s/n Col. Nueva Reforma,
Zimapán, Hidalgo; C.P. 42330
Teléfono: 771 717 20 00 Ext. 50701
eszi@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"





*"El éxito es la suma de pequeños esfuerzos
repetidos día tras día"*

Robert Collier



AGRADECIMIENTOS

Al **Dr. Víctor Hugo Flores Sánchez** por brindarme su asesoría, dedicación y esfuerzo a lo largo de mi formación académica y como director de tesis por su paciencia y conocimiento.

Al **Dr. David Leslie Rabling Conde** por asesorarme en la realización de tesis.

A la **Ing. Alexa del Carmen Roldan Gutiérrez** por apoyarme en mi investigación y darme consejos para desarrollarme profesionalmente.

A la **Escuela Superior de Zimapán y a mis maestros** por formarme profesionalmente, por brindarme sabiduría y así mismo, contribuir en mis conocimientos que hoy en día tengo.

A **Carrizal Mining S.A de C.V** por darme la oportunidad de realizar mi proyecto en su empresa.

A **Ingenieros y compañeros de trabajo** por brindarme tiempo y de su experiencia para responder a mis dudas.

A **Héctor Manual Abreo Reséndiz, Belem Abreo Reséndiz y Tania Abreo Reséndiz** mis hermanos por darme de su apoyo y siempre confiar en mí.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres **Ramón Abreo Martínez y Beatriz Reséndiz Cabrera** por ser mis pilares durante este trayecto de mi vida, por confiar en que lo podía lograr y enseñarme a perseguir mis sueños, a no darme por vencido. Son mi motivación a seguir, les agradezco por la persona en la que me he convertido, muchas gracias por guiarme y cuidarme con sus consejos y su infinito amor.



INDICE GENERAL

Agradecimientos	II
Dedicatoria	II
Índice general	III
Índice de imágenes	VI
Índice de ilustraciones	IX
Resumen	1
Introducción	2
CAPÍTULO 1	5
 1. MARCO DE REFERENCIA	5
 1.1 Antecedentes	5
1.1.1 Minería	5
1.1.2 Minería en Zimapán	5
1.1.3 Carrizal Mining S.A. de C.V.	6
1.1.4 Manual de procedimientos	7
1.1.5 Manual de procedimientos en Carrizal	7
 1.2 Justificación	8
 1.3 Hipótesis	9
 1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo General	10
1.4.2 Objetivos específicos	10



1.4.3 Preguntas de Investigación	10
 CAPÍTULO 2	
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Minería	11
2.1.1 Minería subterránea	11
2.1.2 Minería a cielo abierto	12
2.1.3 Minería submarina	13
2.1.4 Minería de pozos de perforación o in situ	13
2.1.5 Minería aluvial	14
2.2 Etapas de un proyecto minero	14
2.2.1 Prospección	14
2.2.2 Exploración	14
2.2.3 Evaluación de proyecto	15
2.2.4 Desarrollo y construcción	15
2.2.5 Producción o explotación	16
2.2.6 Cierre de mina	17
2.3 Yacimiento	17
2.4 Geología	18
2.5 Muestreo	18
2.5.1 Quality Control (Control de calidad)	19
2.5.2 Quality Assurance (Aseguramiento de la calidad)	20



CAPÍTULO 3	21
3. MARCO METODOLÓGICO	21
3.1 Características de la investigación	21
3.1.1 Alcance de la investigación	21
3.2 Recolección de datos	22
3.2.1 Documental	22
3.2.2 Experimental	22
 CAPÍTULO 4	26
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	26
 Conclusión	60
Bibliografía	62
Anexos	65



ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Empresa Carrizal Mining	6
Imagen 2. Municipio de Zimapán Hidalgo	7
Imagen 3. Explotación minera mediante maquinaria pesada	11
Imagen 4. Máquina de perforación subterránea	12
Imagen 5. Mina a cielo abierto	12
Imagen 6. Extracción de minerales en el mar	13
Imagen 7. Maquinaria para la perforación del suelo	13
Imagen 8. Extracción de minerales en río	14
Imagen 9. Reconocimiento características de la zona	15
Imagen 10. Construcción de la infraestructura minera	16
Imagen 11. Extracción de mineral por medio de maquinaria	16
Imagen 12. Restauración de zona afectada por minería	17
Imagen 13. Estudio de características de las obras	18
Imagen 14. Toma de muestra asegurando su confiabilidad	19
Imagen 15. Entrega de muestras en laboratorio	20
Imagen 16. Estructura que va rumbo a la obra	24
Imagen 17. Estructuras que van atravesando la obra	24
Imagen 18. Muestreo sistemático	25
Imagen 19. Pueblo de trabajo	32
Imagen 20. Efectos del CO	33
Imagen 21. Regado de obra	34



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Zimapán

Imagen 22. Amacice de obra	35
Imagen 23. Configuración con pertiga	36
Imagen 24. Pertiga para marcaje	36
Imagen 25. Caliza	37
Imagen 26. Dique	38
Imagen 27. Skarn	38
Imagen 28. Galena: Sulfuró de plomo	39
Imagen 29. Esfalerita: Sulfuró de zinc	39
Imagen 30. Calcopirita: Sulfuró de cobre	40
Imagen 31. Pирита: Sulfuró de fierro	40
Imagen 32. Partes de una obra minera	41
Imagen 33. Estructura que va rumbo a la obra	43
Imagen 34. Vетилье	43
Imagen 35. Muestras en tabla	51
Imagen 36. Muestras en cabeza	51
Imagen 37. Lona debajo de la muestra a tirar	52
Imagen 38. Trituración de muestra	53
Imagen 39. Bolsas con folios.	54
Imagen 40. Embolsado de muestra	54
Imagen 41. Ordenamiento de muestras	55
Imagen 42. Llenado de ticket	55
Imagen 43. Ticket	56
<u>Imagen 44. Amarre de muestras</u>	56



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Zimapán**

Imagen 45. Lista dentro de mina	57
Imagen 46. Entrega de muestras en laboratorio	58
Imagen 47. Procedimiento de muestreo	59



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura que pasa por la cabeza	42
Ilustración 2. Vista del frente de la obra	42
Ilustración 3. Marcaje de muestras en cabeza	44
Ilustración 4. Estructura que pasa por la tabla	44
Ilustración 5. Marcaje de muestras en tabla de manera vertical	45
Ilustración 6. Vista de la estructura en cabeza	45
Ilustración 7. Vista del frente de la estructura	46
Ilustración 8. Vista de la estructura en tablas	46
Ilustración 9. Marcaje de muestra en cabeza de líneas completas	47
Ilustración 10. Marcaje de muestras de tabla en líneas completas	47
Ilustración 11. Estructura que pasa por la cabeza y atraviesa la obra	48
Ilustración 12. Vista de la estructura que pasa en la tabla	49
Ilustración 13. Marcaje de muestra en tabla de manera horizontal	49
Ilustración 14. Bajo y alto de la estructura	50



RESUMEN

El proyecto de investigación presenta las bases para entender el tema de muestreo desde un enfoque minero, comenzando con información que anteceden la investigación, generalidades y marco teórico para contextualizar el desarrollo de una mina subterránea y en secuencia un marco metodológico para desarrollo a nivel operativo de exploración-extracción, determinando la situación problemática localizada en la experiencia operativa en el departamento de geología en la empresa Carrizal Mining S.A de C.V., a la cual se implementó una metodología cuantitativa-cualitativa para poder aplicar los conocimientos adquiridos y desarrollar un manual en el que se busca profundizar el procedimiento de muestreo con el objetivo de guiar a los colaboradores a realizar la actividad de la mejor manera, otorgando la información sistemática para que sea de fácil entendimiento con ayuda de imágenes e ilustraciones que permitan implementar el manual como una parte de los procedimientos seguros de trabajo en la empresa.



INTRODUCCIÓN

La minería es considerada una de las principales fuentes económicas en diversos países alrededor del mundo, siendo esta actividad un soporte primario para el sector industrial ya que suministra sustancias con una composición y estructura definida, obtenidas de la corteza terrestre bajo diferentes procesos de exploración, extracción, beneficio y comercialización de estos compuestos denominados minerales, que por su uso se convertirán en parte de un desarrollo tecnológico dentro de las diferentes áreas productivas (Dammert Lira & Molinelli Aristondo, Osinergmin, 2007).

Para la obtención de dichos minerales es necesario llevar a cabo una serie de etapas que nos permitan desarrollar un proyecto minero, las principales etapas son:

Prospección, Exploración, Evaluación de proyecto, Desarrollo y Construcción, Producción o Explotación, Cierre de mina.

- Prospección: Consiste en identificar algunas características geológicas en la corteza terrestre en donde posiblemente pueda existir un cuerpo mineral.
- Exploración: Consiste en establecer las dimensiones y el valor de cuerpo mineral con ayuda de sondeos y muestreos.
- Evaluación de proyecto: Realizar un estudio de factibilidad del proyecto a desarrollar.
- Desarrollo y construcción: Previa preparación para llegar al cuerpo mineral y construcción de infraestructura.
- Producción o explotación: Constituye la extracción, procesamiento y refinación de los minerales.
- Cierre de mina: Consiste en restaurar las áreas afectadas.

Las etapas comienzan con analizar los datos de un área de interés geológico, los datos recabados darán una visión más amplia del cuerpo mineral que ayudará a proponer la mejor forma de extraer el mineral y sea rentable, con esto en mente se definirá la estructura



necesaria para procesar lo extraído y por último se propondrá un plan de cierre en el cual se busca regresar todo a su lugar, evitando que perjudique en gran medida al ambiente (Peñailillo B., SONAMI, 2009).

En las primeras etapas se busca recabar una serie de datos que permitan conocer las características mineralógicas y condiciones del terreno previamente del mineral a extraer, para realizar este estudio nos apoyaremos concretamente en la geología que es una ciencia natural la cual estudia la historia, la composición, la estructura y los procesos de la tierra, de las capas que constituyen a nuestro planeta, las rocas que lo conforman y su formación (Google Books, 2025).

En la geología la rama de exploración se encarga de recabar datos del depósito mineral descubierto, sus dimensiones y valor, mediante técnicas como el sondeo y muestreo del que se obtendrá una proyección geológica y de recursos del depósito mineral, dicha proyección dará una respuesta negativa en donde se detiene el proceso o una respuesta positiva la cual dará a entender que estamos en presencia de un cuerpo mineral en el que se puede invertir.

La tarea del muestreo que es parte del estudio geológico y de la exploración, consiste en recoger muestras que representen a un todo, dichas muestras proporcionan datos de los minerales y características del conjunto. Para la realización de un buen muestreo es necesario conocer el procedimiento de muestreo, como es que se realiza un buen marcaje y asegurarse que la calidad de las muestras tomadas sea confiable (Alfarro Sironvalle , Biblioteca Florentino Ameghino , 2002).

Las empresas mineras tienen departamentos que se encargan de contribuir en cada una de las etapas, concretamente en Carrizal Mining S.A. de C.V. está formada por una serie de departamentos que realizan las etapas del proceso minero.

Siendo el departamento de Geología los encargados de llevar a cabo la recolección de datos que se estarán analizando para los desarrollos, sean nuevos o la continuación de los ya existentes, es por ello que se necesita tener a personal capacitado que tenga conocimiento al momento de realizar el muestreo, cabe mencionar que la minería al ser una industria en constante cambio tanto de maquinaria y personal es necesario la capacitación continua de personal nuevo.



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Zimapán**

El presente trabajo se propone realizar un proyecto centrado en el procedimiento operativo del muestreo como un manual, con el objetivo de explicar los pasos que se tienen que realizar para la obtención de muestras que cumplan los parámetros necesarios para ser considerada representativa y que apoyen al trabajador a mantener su integridad al realizar su trabajo. Utilizando un vocabulario que sea fácil de entender para los interesados en aprender sobre el tema ayudándose de representaciones que asimilen condiciones que se puedan encontrar en las áreas donde se planea muestrear, dando una visión más amplia de cómo realizar el trabajo cumpliendo con las especificaciones para ser considerado un muestreo bien hecho.



CAPÍTULO 1

1. MARCO DE REFERENCIA

El capítulo consta de una revisión de los antecedentes para comprender los cimientos de la minería en Zimapán lugar donde se desarrolló la investigación, posteriormente se presentará la situación problemática, identificando el campo de oportunidad y plasmando una propuesta que dé solución al problema, de igual manera se establecen las bases que se necesitan para comprender la investigación.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Minería

La minería es un ciclo de actividades para encontrar, extraer y procesar minerales, cada actividad que se realiza está dividida en más tareas que son necesarias y que en un conjunto darán como resultado un eslabón más en la cadena minera que ayudara al resultado final (Maldonado, GeologiaWeb , 2021).

1.1.2 Minería en Zimapán

Zimapán desde su comienzo ha sido un pueblo minero, su fundación se remonta a 1522 y solo 53 años después en 1575 se establecen las primeras minas para la extracción de plomo-plata y en 1632 se descubre “Lomo de Toro” mina que en la actualidad aún sigue siendo explotada (Arqueología Mexicana, 2024).

En Zimapán se descubre el Vanadio, elemento químico número 23 de la tabla periódica por el geólogo español Andrés Manuel del Río Fernández en el año de 1801, mientras estudiaba muestras de plomo pardo de la mina La Purísima.

Como punto a destacar se tiene conocimiento que la Torre Eiffel inaugurada el 15 de mayo de 1889 en Paris tiene piezas que se realizaron en la comunidad de “La Encarnación”, comunidad fundada en 1815 y perteneciente a Zimapán (El Universal Hidalgo, 2025).



La actividad de la minera en Zimapán es una de las razones principales por las que se fundó el municipio y la que ha originado un giro importante en la vida de muchos habitantes desde generaciones pasadas, ya que la explotación de las minas ha sido un punto de suma importancia para su existencia (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2010). Concretamente la empresa que más se destaca es Carrizal.

1.1.3 Carrizal Mining S.A. de C.V.

Carrizal que fue constituida el 6 de febrero del 2009 y recientemente en 2019 se convierte en subsidiaria de Santa Cruz Silver Mining Ltd. ubicada en el municipio de Zimapán. Empresa dedicada a explorar, extraer, procesar y comercializar metales, como cobre, zinc y plomo con contenidos de plata (IRMA, 2020) minerales que se obtienen de la formación 'El Doctor', yacimiento que genero una mineralización con el emplazamiento de un cuerpo intrusivo que genero cuerpos de skarn (Zona metamórfica que se generó por la intrusión de cuerpos ígneos en rocas sedimentarias) (Solana López, 2008). Para que se lleve a cabo el desarrollo es necesario seguir procedimientos que den como resultado la eficiencia de las actividades.



Imagen 1. Empresa Carrizal Mining

Fuente: México Minero, febrero 2023

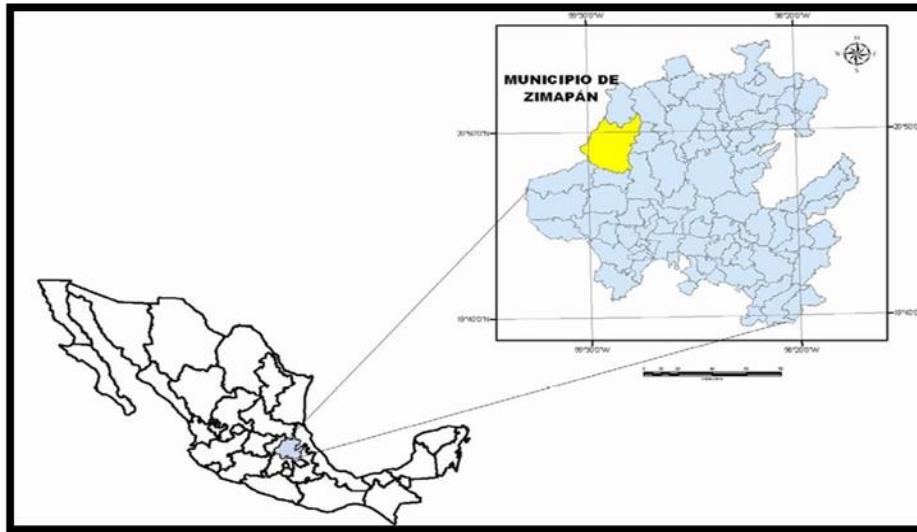


Imagen 2. Municipio de Zimapán Hidalgo
Fuente: Servicio Geológico Mexicano, marzo 2008

1.1.4 Manual de procedimientos

Se considera manual de procedimientos a una guía que ayuda al lector a entender cómo es que se tiene que realizar una actividad, en el que se proporciona de información de manera ordenada o por así decirlo paso a paso y que es concisa en cada aspecto para evitar posibles confusiones. Los autores de un manual buscan usar un lenguaje que sea ameno y simple para que así sea de fácil entendimiento para los posibles receptores (Hubspot, 2024).

1.1.5 Manual de procedimientos en Carrizal

Para el desarrollo de la investigación la primera referencia que tomamos fue "Manual de procedimientos muestreo" desarrollado por el Ing. Felipe Rosales S. el cual se realizó en febrero del 2008 el cual explica el procedimiento de muestreo sin embargo la información que se da es muy ambigua sin mencionar que ya tiene bastante tiempo desde que se realizó, pero sirvió como base para entender a grandes rasgos cómo se realiza el procedimiento de muestreo.



1.2 JUSTIFICACIÓN

Cuando hablamos del sector minero nos referimos a una de las principales actividades que contribuyen al Producto Interno Bruto (PIB) a nivel estatal y nacional, representando en 2024 el 4.7% del PIB, la actividad minera influye en la economía y el desarrollo de la sociedad con 417 mil colaboradores directos (García González , Aliphat Rodríguez, & Veinmilla Brando, 2025), es tan importante que en la actualidad no podemos encontrar un sitio que esté exento de algún material extraído de la minería.

En Zimapán contamos con la empresa Carrizal Mining S.A. de C.V. empresa que se ha desarrollado en Zimapán Hidalgo, siendo esta una fuente de trabajo para la población residente de la zona, dando trabajo a un gran sector de la población y manteniendo la economía en funcionamiento, es por ello que es necesario para la comunidad que la fuente de empleo siga desarrollándose y con ella también lo que la rodea (IRMA, 2020).

La investigación presenta el proceso de muestreo que es una de las tareas primerizas en la minería, directamente en Carrizal se tiene el departamento de geología el cual es encargado de la realización del muestreo. Sin embargo, existe un problema para realizar dicha tarea, cuando comienzas y no tienes conocimientos previos del muestreo, requiere de unos cuantos meses para adaptarse y poder entender cómo es que se realiza la tarea de muestreo y porque se tiene que realizar de esa manera para que las muestras sean confiables y para mantenerse seguros al momento de estar realizando la tarea.

Los ingenieros te dan unas bases las cuales te ayudaran a la realización del trabajo de la mejor manera, con su guía y la de cabos de muestreo que son personal el cual lleva más tiempo y por ende tiene la experiencia, se van formando nuevo personal, sin embargo, los ciclos en la mina son constantes y el personal va cambiando, siendo esto un problema de capacitación todo el tiempo.

La propuesta se desarrolló en base a satisfacer la necesidad de crear un procedimiento que contribuya a la realización de la tarea, en la que se busca explicar paso a paso el procedimiento de muestreo en la empresa Carrizal Mining y salvaguardar la integridad de sus trabajadores.



1.3 HIPÓTESIS

En la empresa Carrizal Mining S.A. de C.V. existe un departamento encargado de analizar las obras mineras subterráneas, el cual determina la continuidad del desarrollo de la obra con datos sólidos resultado del análisis del material que se obtiene en el muestreo y que determinará si la sección es económicamente rentable.

El muestreo es un procedimiento dentro del desarrollo de obra que necesita etapas para realizar de mejor manera la obtención de mineral y si no se realiza de forma eficiente puede afectar la confiabilidad de los datos obteniendo pérdidas económicas o poner en riesgo la integridad física de los colaboradores. Por ello se planea desarrollar un manual de procedimientos que presentará información de una manera sistemática para orientar al personal con buenas prácticas de operatividad y seguridad, reduciendo la probabilidad de algún error en la actividad asegurando que las muestras sean representativas y confiables sin exponer la integridad de los colaboradores, la información servirá como guía y podrá ser entregado a personal de nuevo ingreso como parte de su capacitación y que desconoce del tema, reduciendo el tiempo de aprendizaje para la comprensión de la actividad.



1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Realizar un manual operativo con procedimientos para muestreo dentro del desarrollo de obras en una mina subterránea determinando la metodología a seguir para la realización de toma de muestras y que cumplan con los parámetros representativos, confiables y de seguridad de obra.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar de forma documental los procedimientos seguros de trabajo para determinar una base sobre el funcionamiento del proceso general en una mina subterránea.
- Aplicar operativamente los procedimientos seguros de trabajo en la mina subterránea para el cumplimiento de la toma de muestras, detectando áreas de oportunidad en los procedimientos establecidos por la empresa.
- Crear un Manual operativo que determine el procedimiento confiable para la toma de muestras y que genere una mayor eficiencia en el desarrollo de las obras mineras.

1.4.3 Preguntas de Investigación

1. ¿El manual es una alternativa viable para capacitar a nuevos integrantes para la toma de muestras bajo procedimientos seguros de trabajo?
2. ¿El manual sirve para reducir los tiempos de capacitación a personal de nuevo ingreso?
3. ¿Presentar la información de manera sistemática ayudara a prevenir algún error en el procedimiento?



CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MINERÍA

Cuando hablamos de minería nos referimos a una de las principales actividades que mueven la economía de la sociedad, siendo la minería un proceso de obtención de minerales; sustancias con composiciones y estructuras químicas definidas que se encuentran en nuestra corteza terrestre como yacimientos siendo un recurso selectivo y no renovable que puede ser extraído y procesado con fines económicos y materiales primarios que den soporte a las industrias (Dammert Lira & Molinelli Aristondo, Osinergmin, 2007).



Imagen 3. Explotación minera mediante maquinaria pesada

Fuente: México minero, febrero 2023

Dicha actividad minera se puede catalogar por: Tipos de minería en base a su método de extracción.

2.1.1 Minería subterránea

Se realiza este tipo de extracción en proyectos donde el mineral se encuentra concentrado y aunque no ocupen un gran volumen las concentraciones son altas y costean los gastos necesarios para llegar hasta donde se encuentre el mineral puesto que este método de minado



se utiliza para extraer mineral que se encuentra a profundidades significativas y no conecta con la superficie de manera directa.



Imagen 4. Máquina de perforación subterránea
Fuente: Ingenium

2.1.2 Minería a cielo abierto

Contrario a la minería subterránea, este tipo de extracción se utiliza cuando el mineral se encuentra en grandes volúmenes, pero las concentraciones son bajas y para poder costear los gastos es necesario extraer grandes cantidades de material.



Imagen 5. Mina a cielo abierto
Fuente: Geoinnova, mayo 2006



2.1.3 Minería submarina

Método utilizado para la extracción de minerales metálicos que se encuentran concentrados en nódulos, una especie de esfera en el fondo del mar y que se recuperan mediante tecnología que succiona y transporta el mineral por tuberías hasta superficie.



Imagen 6. Extracción de minerales en el mar
Fuente: Minería sustentable, septiembre 2022

2.1.4 Minería de pozos de perforación o in situ

Método de extracción de que se utiliza para hallar o extraer combustible, como petróleo o hidrocarburos gaseosos y como lo menciona su nombre es una perforación que se lleva a cabo en el mismo sitio con ayuda de maquinaria especializada.



Imagen 7. Maquinaria para la perforación del suelo
Fuente: GeologiaWeb, abril 2021



2.1.5 Minería aluvial

Método utilizado en los cauces de ríos que han sedimentado minerales a lo largo del tiempo, concentrándose en partes específicas (Maldonado, GeologiaWeb, 2021).



Imagen 8. Extracción de minerales en río

Fuente: GeologiaWeb, abril 2021

2.2 ETAPAS DE UN PROYECTO MINERO

Cada uno de los tipos de minería comparten un proceso que comprende diferentes etapas que son fundamentales para que el ciclo minero se realice de la mejor manera y que cuando las actividades cesen no presente un problema para el medio ambiente.

2.2.1 Prospección

Consiste en identificar algunas características geológicas en la corteza terrestre en donde posiblemente pueda existir un cuerpo mineral. Se realiza con información que se puede estudiar en una oficina ya sean mapas, planos, fotografías, información documentada etc.

2.2.2 Exploración

Con la ayuda de la prospección se determina que se necesita más información que nos ayude a establecer las dimensiones y el valor de cuerpo mineral, la información se necesita recaudar de manera presencial en el sitio y en un área más restringida con ayuda de sondeos y muestreos.



Imagen 9. Reconocimiento características de la zona
Fuente: Marka Ingeniería & Servicios SAC

2.2.3 Evaluación de proyecto

Se realiza un estudio de factibilidad del proyecto a desarrollar en donde se determinará el método de explotación, la infraestructura necesaria para explotación y tamaño de la planta de beneficio en donde se procesa el mineral extraído, también se busca generar datos de las posibles reservas y una vez concluido el ciclo realizar un cierre de mina correcto.

2.2.4 Desarrollo y construcción

Se comienza a desarrollar lo establecido en la evaluación de proyecto, comenzando con los preparativos para alcanzar el cuerpo mineral, así como las vialidades necesarias para su transporte, de igual manera la construcción de las oficinas y campamentos, sin dejar de lado la construcción de la planta de beneficio.



Imagen 10. Construcción de la infraestructura minera

Fuente: Interempresas

2.2.5 Producción o explotación

Constituye la explotación del mineral mediante procesos operativos que siguen un procedimiento para poder realizar su extracción la cual por medio de camiones mineros se transportará a la planta de beneficio en la cual se llevará a cabo su procesamiento y refinación para poder entregar un concentrado de mineral.



Imagen 11. Extracción de mineral por medio de maquinaria

Fuente: Enciclopedia Humanidades, febrero 2025



2.2.6 Cierre de mina

Desde que se comienza a evaluar un proyecto minero es necesaria la creación de un plan de cierre de mina el cual consista en restaurar las áreas afectadas con el fin de regresar en la mejor condición el sitio en el cual se realizaron las operaciones, teniendo en cuenta que el medio ambiente vuelva a su estado natural (Peñailillo B., SONAMI, 2009).



Imagen 12. Restauración de zona afectada por minería
Fuente: ProActivo, febrero 2022

El producto de investigación se desarrolló en la etapa de la **exploración** que como menciona es dimensionar y conocer los valores del yacimiento que estamos explotando.

2.3 YACIMIENTO

Yacimiento es una acumulación de minerales en nuestra corteza terrestre mediante una serie de procesos geológicos que le dan una estructura, una forma y tamaño y que pueden ser económicamente rentables para su extracción (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

En el complejo Carrizal se tienen diferentes departamentos, sin embargo, el que se encarga de realizar la exploración es el departamento que se concentra en la Geología.



2.4 GEOLOGÍA

La Geología estudia la estructura y composición de la Tierra de manera interna como externa, así como los distintos sucesos que han modificado su estructura a lo largo del tiempo. En la actualidad la geología es importante para la exploración de yacimientos minerales (EcuRed, 2025).



Imagen 13. Estudio de características de las obras

Fuente: Marsa, noviembre 2023

2.5 MUESTREO

Para que el departamento de Geología obtenga datos exploratorios busca realizar muestreos.

Muestreo: Consiste en tomar muestras que sean representativas de la zona para poder analizar su composición, características y recabar datos recabados que determinan si el proyecto será económicamente rentable para su explotación.

Muestra: Parte obtenida del conjunto que representa la sección de donde se está obteniendo (Alfaro Sironvalle , Biblioteca Florentino Ameghino , 2002).

Los datos que se recaban tienen que ser lo más confiables posibles porque de ellos dependen que las obras sigan desarrollándose o que lo que se va a extraer para transportarlo a la planta de beneficio sea mineral y no tepetate (material comúnmente llamado así por no tener el valor económico suficiente para ser procesado).



Para asegurarse de que las muestras que se planean estudiar sean lo más confiable posible se optó por poner en práctica diferentes técnicas que nos permitan entregar una muestra en las mejores condiciones y que se transporten bajo procedimientos que aseguren la calidad del estudio.

Los procesos que utilizamos son:

2.5.1 Quality Control (Control de calidad)

Técnicas utilizadas para el análisis de las muestras en laboratorio, en las que se introducen diferentes muestras que ayuden a comprobar que se está haciendo el análisis correctamente.

En el complejo Carrizal se utilizan...

Duplicados gruesos o de preparación: De una muestra se obtendrán dos y se colocaran en diferente bolsa, en donde se busca identificar errores en el submuestreo mediante la obtención de resultados, como son de la misma muestra el análisis debe ser lo más parecido posible.

Blancos gruesos: Material estéril que se introduce después de una muestra mineralizada que se manda a laboratorio con el fin de comprobar que el proceso se está realizando bien, si la muestra arroja en el análisis mineralización existe un error en el proceso para analizar las muestras.



Imagen 14. Toma de muestra asegurando su confiabilidad
Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



2.5.2 Quality Assurance (Aseguramiento de la calidad)

Parte del proceso de muestreo en donde se busca que la muestra tomada no se contamine con nada del entorno, asegurando que la muestra sea lo más real posible y que los datos obtenidos correspondan a lo muestreado (Ccama Hancco, 2017).

En el complejo Carrizal la manera en que se realiza este proceso es:

Teniendo la lona en donde se va realizar la recolección y trituración lo más limpia posible para evitar impurezas, también cada que se tritura una muestra se vuelve a limpiar la lona para las demás.

Las muestras trituradas se meten en una bolsa de muestreo en donde se evitará que se contaminen, solamente se le introduce un ticket para saber la localización exacta de la muestra. Se amarran las muestras y se colocan en un lugar seguro para posteriormente transportarse al laboratorio para su análisis.



Imagen 15. Entrega de muestras en laboratorio

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



CAPÍTULO 3

3. MARCO METODOLÓGICO

El capítulo 3 tiene como objetivo explicar cómo se desarrolló la investigación con un enfoque cualitativo y como se aplicaron los conocimientos que se recolectaron de manera documental y experimental que se obtuvo a base de una estancia operativa en el departamento de geología en Carrizal Mining S.A. de C.V.

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se presenta como una investigación aplicada con un enfoque cuantitativo-cualitativo misma que se desarrolló bajo la experiencia operativa en el departamento de geología en Carrizal Mining S.A. de C.V. donde se determinó que no existe un manual de procedimientos específico para la actividad de muestreo que sirve para determinar el valor económico de las estructuras y si es viable su extracción. Bajo esa operatividad se desarrolló un manual que nos ayuda a identificar las características de las estructuras que definirán cuál es la manera correcta de muestreo, entregando los resultados de forma organizada y sistemática (Vargas Cordero, 2009).

3.1.1 Alcance de la investigación

Se plasma el conocimiento necesario para la actividad de muestreo, que servirá como una base para los nuevos miembros que se vayan incluyendo en el departamento de Geología y a aquellos que buscan saber del tema. Ahormando tiempo para la comprensión de las actividades que se van a realizar y explicando porque así es la mejor manera de realizar el trabajo.



3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

3.2.1 Documental

Se analizaron documentos de la empresa que se utilizaron como antecedentes de donde se recopilo información del equipo de protección personal, herramientas y materiales para la realización del muestro.

3.2.2 Experimental

Con la experiencia operativa se determinó que Carrizal Mining S.A de C.V. se encuentra en la etapa de explotación y explotación, realizando el ciclo de minado compuesto por:

Perforación o barrenación: Consiste en realizar huecos cilíndricos en la roca donde se insertará material explosivo.

Voladura: Se carga con explosivos los huecos generados con el objetivo de fragmentar la roca al momento de liberar energía.

Rezagado y Transporte: Consiste en retirar la carga de la voladura con maquinaria y llenar camiones para su traslado a planta de beneficio (Medina Fernández, 2021) .

La actividad de muestreo se realiza antes de que comience de nuevo el ciclo de minado, teniendo en cuenta que el muestreo sirve para extraer muestras sistemáticas que se analizarán en planta proporcionándonos datos que nos indiquen si la estructura que se está desarrollando es rentable y puede seguirse explotando o si se tiene que detener la obra.

Para comenzar con la actividad es necesario mencionar que la barrenación y la voladura se tuvieron que realizar en un turno anterior, Carrizal está conformado por 3 turnos de 8 horas.

- 7 am – 3 pm
- 3 pm – 11pm
- 11pm – 7 am

Durante el turno se genera la barrenación y en los últimos 30 minutos antes de terminar el turno se genera la voladura en donde se deja ventilación forzada para comenzar a sacar los gases.



Empezando el siguiente turno durante las dos primeras horas el equipo Scooptrams Caterpillar de 3.5 yardas se dedicará a retirar el material producto de la voladura. Acabado el rezagado entra la cuadrilla de muestreo para la preparación de la obra.

Preparación de la obra

1. Comprobar el monóxido de carbono (CO): Con ayuda de un Detector Monogas MSA Altair Monóxido de Carbono se monitorea el gas subproducto de la combustión generado al momento de la voladura, si sobrepasa las 100 ppm esperar más tiempo para entrar.
2. Regalo o el lavado: Lavar la obra que nos ayudara a tener una mejor visibilidad de donde estamos posicionados y de las estructuras a nuestro alrededor.
3. Amacice: Con ayuda de una barra se procederá a tirar rocas que estén sueltas, detectándolas por el sonido hueco.

Con la obra preparada comenzaremos con evaluar lo que comprenderían nuestro universo refiriéndose a las estructuras con características únicas y que son objeto de estudio (Observando el universo , 2025).

Establecido el universo a analizar se llegó a la conclusión después de tomar muestras de manera equivocada por observación de los geólogos que podemos englobar a las estructuras en dos grandes rubros en base a la dirección de la estructura que es más larga y que también nos podemos apoyar de manera visual hacia donde avanza la estructura.

El universo en Carrizal está dividido en estructuras que van rumbo a la obra o que van atravesando la obra.

Estructuras rumbo a la obra

Como su nombre lo menciona son estructuras que van en dirección en la que avanza la obra ya sea en cielo o tabla, la toma de muestras sí realizará; en la cabeza de manera perpendicular al rumbo de la obra y de manera vertical en tablas.



Imagen 16. Estructura que va rumbo a la obra
Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

Estructuras que atraviesan la obra

Contrario a lo anterior las estructuras que atraviesan la obra no van a la misma dirección en la que está avanzando el desarrollo y las podemos identificar porque salen de una tabla y se meten a otra en este tipo de estructuras la toma de muestras se realizará de manera horizontal.



Imagen 17. Estructuras que van atravesando la obra
Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



Tipo de muestreo

El **muestreo sistemático** primero se selecciona un elemento aleatoriamente, y el resto de elementos de la muestra se seleccionan utilizando un intervalo fijo (Gisbert Juárez, 2021).

Se opta por un muestreo sistemático llevado a cabo a cada 3 m sobre la estructura con líneas de muestreo delimitando cada muestra basándonos en su composición indicadas por sus características.

Identificado como se van a tomar las muestras se procederá al tumbe con barras de amacice y a su recolección para su trituración, posteriormente se embolsará en su respectiva bolsa marcada con su folio correspondiente y colocándole el ticket que contendrá información para tener el dato de donde se está tomando la muestra.

Con el trabajo realizado lo último que queda es entregar las muestras a laboratorio ubicado en planta de beneficio para su análisis.

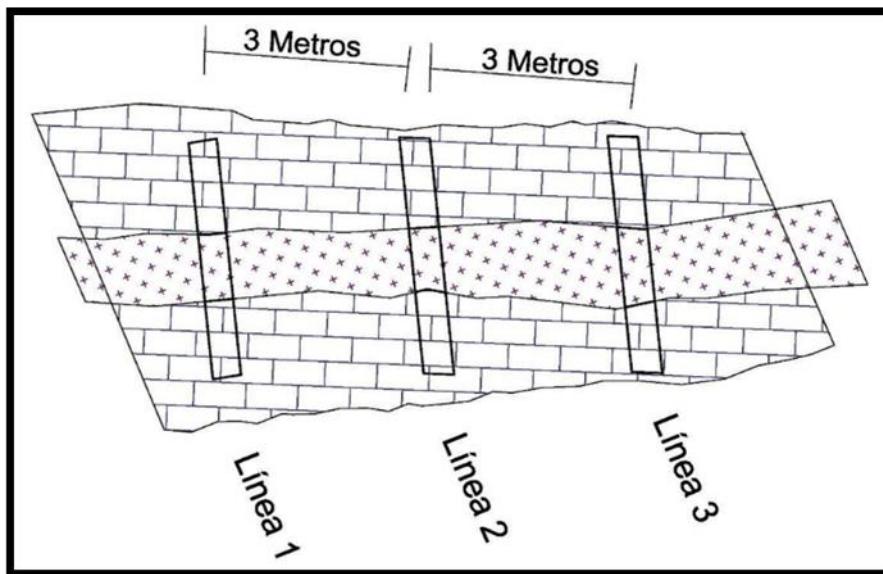


Imagen 18. Muestreo sistemático



CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En capítulo 3 tiene como objetivo mostrar la propuesta que es la solución de la problemática de una falta de un manual, misma solución que se presentara en una manera secuencial para evitar que exista algún error en el procedimiento, apoyándose en ilustraciones y reduciendo el tiempo de capacitación de nuevos integrantes, así como aumentar la confiabilidad de las muestras.

MANUAL OPERATIVO DE PROCEDIMIENTOS PARA MUESTREO EN DESARROLLO DE OBRAS DENTRO DE UNA MINA SUBTERRÁNEA





ÍNDICE

Objetivo de muestreo	29
Equipo de protección personal	29
Herramientas de trabajo	29
Material de trabajo	30
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	31
1. Asignación de tareas	31
2. Preparación de la obra	33
2.1 Comprobación de CO	33
2.2 Regado de la obra	34
2.3 Amacice	34
3. Configuración estructural	36
4. Marcaje de muestras	41
5. Marcaje de muestras en estructuras que van a rumbo de la obra	42
5.1 Marcaje de muestras en Cabeza	42
5.2 Marcaje de muestras en tablas de manera vertical	44
5.3 Marcaje de muestras en toda la obra	45
6. Marcaje de muestras que van atravesando la obra	48
6.1 Marcaje de muestras en tablas de manera horizontal	48
7. Realización del muestreo	50
7.1 Tumbe de muestras	51



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Zimapán**

7.2 Recolección de muestras	52
7.3 Trituración de la muestra	52
7.4 Embolsado de muestras	54
7.5 Etiquetado y amarre de muestras	55
7.6 Llenado de lista	57
7.7 Lista para laboratorio.	57
7.8 Entrega de muestras a laboratorio	57



Objetivo de muestreo

La actividad de muestreo tiene como objetivo tomar partes de la obra que servirán para llevarse al laboratorio que se encuentra en planta de beneficio donde se obtendrán datos que muestren los valores económicos de las estructuras que determinarán si su explotación y extracción serán rentables determinando si las obras continuarán desarrollándose o se tienen que detener.

Para entrar dentro de mina a realizar la actividad de muestreo es necesario contar con:

Equipo de protección personal

- Overol con mangas largas y reflejantes
- Casco con porta lámpara
- Barbiquejo
- Orejeras o sordinas
- Lámpara minera
- Autorrescatador
- Respirador con filtros antipartículas
- Guantes
- Detector de monóxido de carbono
- Botas de hule con casquillo
- Cinturón de seguridad

Herramientas de trabajo

- Marro de 2 o 4 Lb
- Cuña o cincel
- Flexómetro
- Barra de amacice
- Placa metálica
- Morral o mochila



- Pinza de sujeción

Material de trabajo

- Lona
- Pintura de spray
- Etiquetas numeradas
- Pluma
- Libreta de transito
- Bolsas de polietileno
- Rafia



PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

1. ASIGNACIÓN DE TAREAS

Para la realización de la actividad de muestreo es necesario el siguiente personal:

Geólogo: Es el encargado de dar la información necesaria para realizar las actividades, empezando con el lugar que se va a muestrear y hasta donde se tiene realizado el muestreo para que después de ahí se continue.

Cabo de muestreo: Es el encargado de cuadrilla la cual está conformada por 2 o 3 ayudantes de muestreo, el cabo se encarga de realizar la configuración, marcaje de muestras y el tumbe de las mismas, también te dirá como sacar las muestras y realización de las listas de muestreo.

Ayudante de muestreo: Es el encargado de llevar materiales de trabajo y ayudar al cabo al tumbe de muestras con una barra y una vez tumbadas las muestras se encargará de triturarlas, también se encargará de hacer tickets e introducirlos en las bolsas correspondientes que después se amarrarán.

Con el equipo completo para la realización de muestreo se dará un pueble de trabajo, para ello es necesario que el Geólogo, haya asistido al pueble (reunión entre supervisores para comunicarse las actividades de cada departamento) en donde se informara de las condiciones de los lugares a muestrear a través del personal de operación, como, por ejemplo:

- Si hay presencia de gas por voladura en turno anterior
- Si falta amacice o condiciones de peligro
- Si va a entrar equipo a rezagar

Es responsabilidad del Geólogo transmitir esta información al personal que va acudir a la obra para su muestreo.

Al recibir el pueble de trabajo (hoja con asignación de tareas), los cabos y ayudantes de muestreo tienen que prepararse con el equipo de protección completo, junto con las herramientas y los materiales para entrar dentro de mina, llevándose un pueble que compruebe las instrucciones que se han dado.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Zimapán

 Unidad Mina Carrizal
Departamento Servicios Técnicos
Área de Geología Mina

Fecha: _____
Turno: _____

Nombre del personal: _____ No. empleado: _____

ACTIVIDADES A REALIZAR:

ACTIVIDADES REALIZADAS:

OBSERVACIONES:

Imagen 19. Pueblo de trabajo
Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



2. PREPARACIÓN DE LA OBRA

Para el muestreo es necesario que el personal acuda al área en la que se realizara el muestreo y realice 3 pasos fundamentales para poder comenzar con la actividad.

2.1 Comprobación de CO

Con ayuda de un Detector Monogas MSA Altair se monitorea el monóxido de carbono (CO) que es un gas subproducto de la combustión, el cual tiene un alto grado de peligrosidad por ser inoloro e incoloro, es también conocido en minería como el asesino silencioso (Clavijo G, s.f.).

En Carrizal Mining el nivel aceptable es menor a 100 ppm para un turno de 8 horas de las cuales solo se expone de 3 a 4 horas, excediendo el límite de 100 ppm es importante ventilar la obra que se piensa muestrear, esto se realiza abriendo la válvula de aire con dirección al frente de la obra y retirándose del lugar hasta que los niveles de CO sean los permisibles para poder trabajar y no tener algún tipo de reacción negativa en el cuerpo.

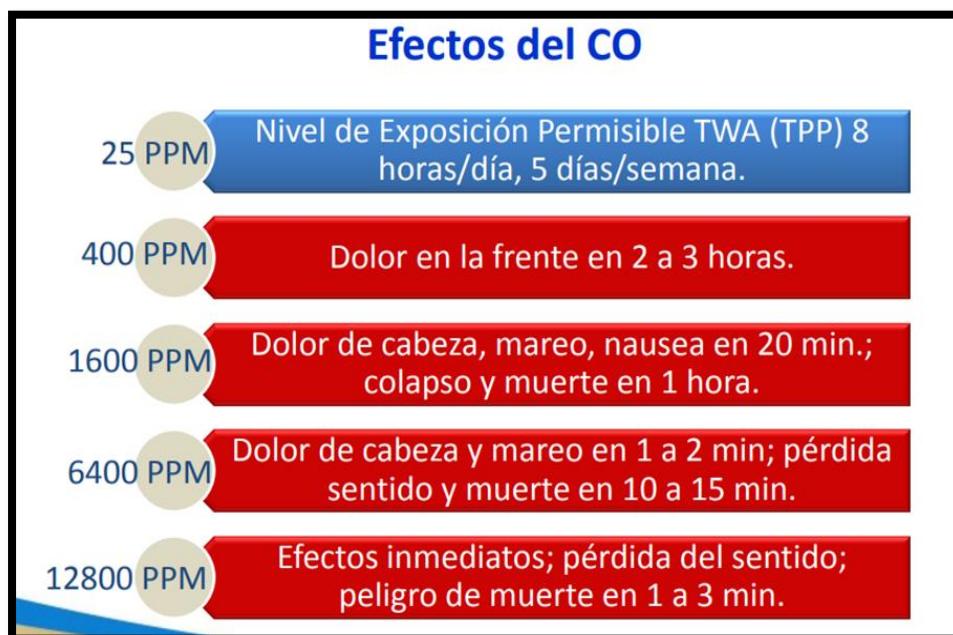


Imagen 20. Efectos del CO
Fuente: Agencia Nacional de Minería



2.2 Regado de la obra

Ya que se ha comprobado que los niveles de CO son adecuados es importante realizar el regado o lavado de la obra, mismo que nos ayudara a mitigar gases restantes y a tener mejor visibilidad del entorno que nos ayudara a poder visualizar rocas abiertas y estructuras mineralógicas.



Imagen 21. Regado de obra

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

El regado se tiene que hacer a mínimo 25 metros desde el tope de la obra, comenzando desde adentro hacia afuera para evitar aflojar rocas y después pasar bajo de ellas, así como evitar mojarse (Es importante eliminar rocas que se vean muy abiertas aun sin haberse regado).

2.3 Amacice

El siguiente paso es muy importante, el amacice es una técnica en la cual se detectan y eliminan rocas que se encuentren en las tablas o el cielo y que es probable que caigan con una barra de amacice, esto ayudara a que no se desprendan en un mal momento y pueda causar algún tipo de daño a equipo o personal (Guzmán García, Studocu, 2020).



Para la identificación de rocas abiertas nos podemos apoyar con el sonido, metálico para las que están firmes y un sonido hueco para las abiertas. Una vez identificas las rocas se tomará una barra y en posición a 45 ° se procederá a tumbarlas de lo seguro a lo inseguro para evitar colocarse bajo alguna roca abierta.



Imagen 22. Amacice de obra

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

En caso de que alguno de los 3 pasos anteriores no se pueda realizar por condiciones del terreno o falta de alguna herramienta, es importante que la actividad no se continúe para evitar que el personal se exponga o exponga a sus compañeros.



3. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

Se realiza la configuración estructural en la que consiste en delimitar con la pertiga y pintura color blanca los distintos tipos de rocas y el mineral que se encuentran en la obra.



Imagen 23. Configuración con pertiga

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



Imagen 24. Pertiga para marcaje

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



Es importante que los muestreros conozcan los distintos tipos de rocas para distinguir las estructuras, en carrizal las rocas más comunes son Caliza, Skarn, Dique y el mineral, cada una de ellas presenta una dureza diferente, por lo que es más fácil o difícil su tumbe y trituración.

Caliza

Caliza es una roca sedimentaria con una densidad relativamente baja, por lo que es una roca que no es muy dura para romper.



Imagen 25. Caliza

Fuente: Geología web, octubre 2021

Dique

El Dique es una roca ígnea con una densidad alta caracterizada por su gran dureza por lo que es una roca que cuesta más romper por su dureza.



Imagen 26. Dique
Fuente: Geovirtual2

Skarn

El Skarn es una roca metamórfica con una densidad media a alta, aunque no es fácil de romper sigue teniendo una dureza inferior al Dique.



Imagen 27. Skarn
Fuente: Geology Science



Mineral

Los minerales que mayormente se encuentran en Carrizal son sulfuros de los que se extrae el mineral de interés. Su densidad es media a baja por lo que no tiene una gran dureza.



Imagen 28. Galena: Sulfuro de plomo

Fuente: Meteorología En Red, abril 2025



Imagen 29. Esfalerita: Sulfuro de zinc

Fuente: Colección Antonio Barahona



Imagen 30. Calcopirita: Sulfuró de cobre

Fuente: Gemas canarias, 2021



Imagen 31. Piritita: Sulfuró de fierro

Fuente: La Mina de Plata, marzo 2023



4. MARCAJE DE MUESTRAS

Para comenzar con el marcaje es necesario conocer cuáles son las partes de una obra:

- Cielo o cabeza
- Tabla izquierda y derecha
- Frente de la obra

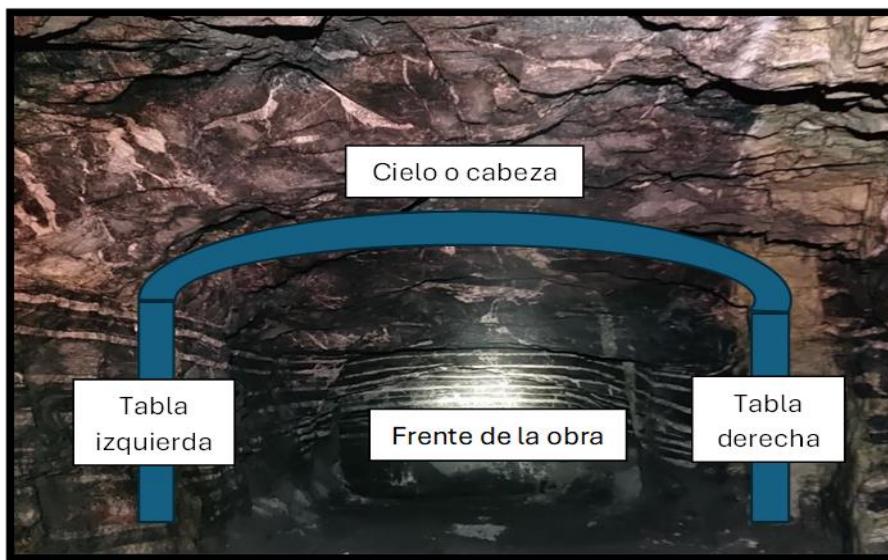


Imagen 32. Partes de una obra minera

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

En la empresa Carrizal Mining se tienen muestras en cabeza o tablas y en todo el conjunto, siempre respetando cortar la estructura de una manera perpendicular para poder tomar lo más representativa la muestra.

Con las siguientes ilustraciones se dará una idea de cómo se ven las estructuras cuando pasan por alguna parte de la obra, cabe mencionar que puede pasar más de una sola estructura, también las estructuras no pueden ir exactamente como se están representando en las ilustraciones, sin embargo, aunque estén un poco más diagonales o sus formas no sean geométricas se podrá relacionar con algún tipo de marcaje.

En Carrizal el marcaje de muestra no puede exceder 1.5m de largo y tampoco pueden ser muy pequeñas, no menores a .50m de donde se obtendrá de 1.5kg a 2kg del material.



5. MARCAJE DE MUESTRAS EN ESTRUCTURAS QUE VAN A RUMBO DE LA OBRA

5.1 Marcaje de muestras en Cabeza

Para el este tipo de marcaje la estructura pasa por la cabeza y va rumbo a la obra como se observa en la ilustración 1.

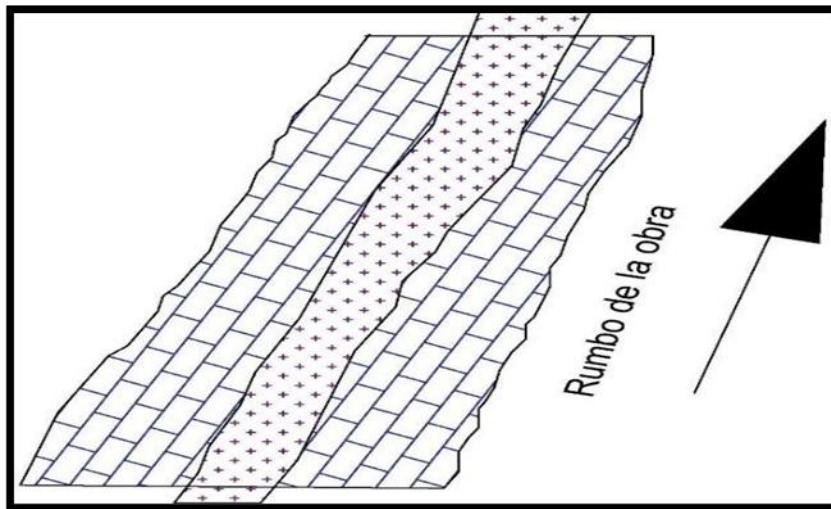


Ilustración 1. Estructura que pasa por la cabeza

Fuente: Elaboración propia, 2025

De igual manera el personal se puede ayudar con la frente de la obra en la que puede visualizar como pasa la estructura y su inclinación.

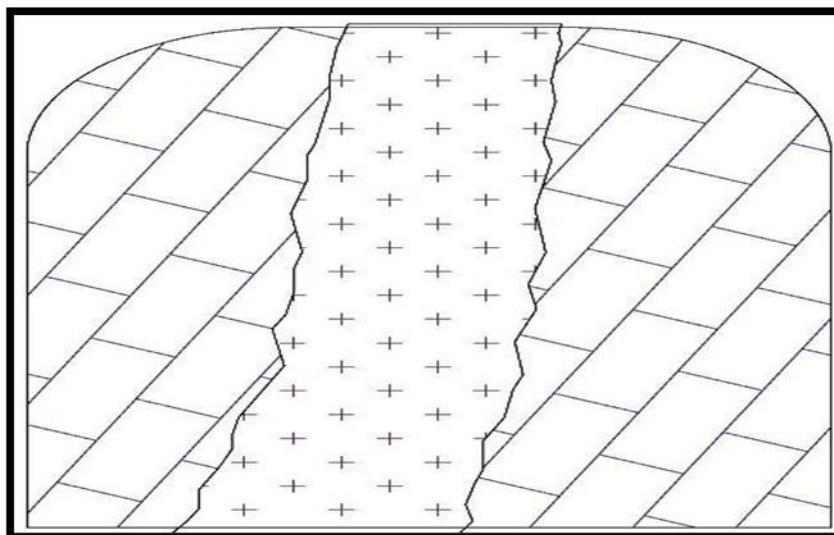


Ilustración 2. Vista del frente de la obra

Fuente: Elaboración propia, 2025



Para el rumbo de la estructura se podría identificar por las vetillas o hacia que dirección es más larga la estructura.



Imagen 33. Estructura que va rumbo a la obra

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

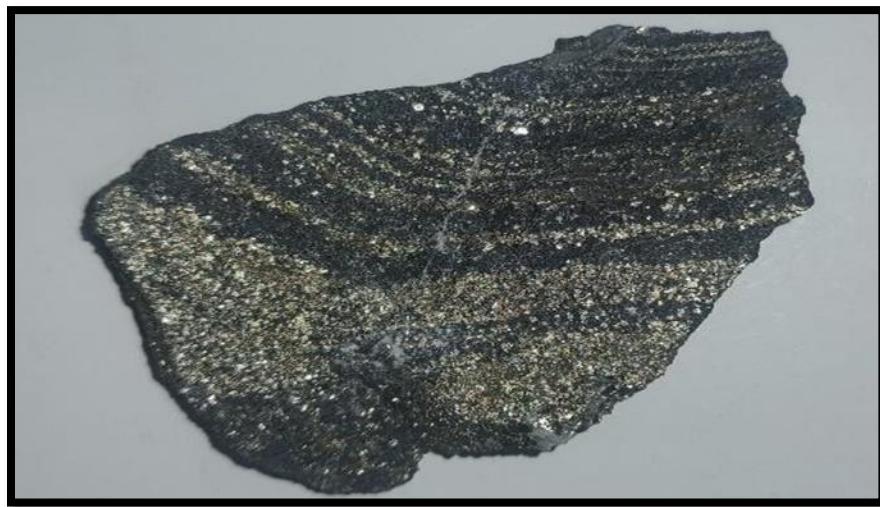


Imagen 34. Vetilleo

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

Una vez identificando estos puntos se comienza con el marcaje de las muestras que se realizaran cortando la estructura de interés de manera perpendicular a su rumbo y a cada 3 metros de distancia entre ellas.



Las estructuras pueden tener ligeros cambios en su rumbo o su forma, sin embargo, si pasa por la cabeza solo se adaptaría el marcaje para que siga cortando de manera perpendicular.

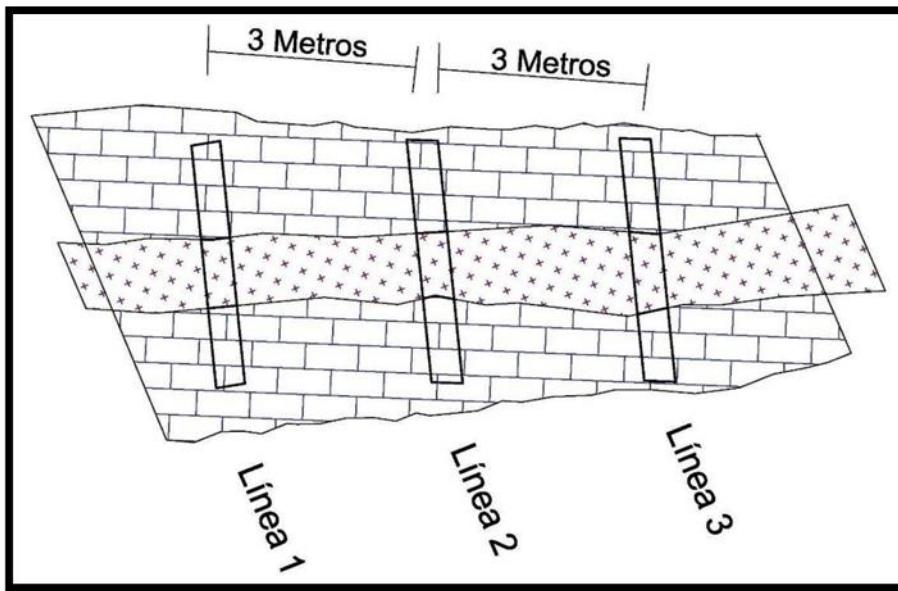


Ilustración 3. Marcaje de muestras en cabeza

Fuente: Elaboración propia, 2025

5.2 Marcaje de muestras en tablas de manera vertical

Se realiza cuando la estructura de interés pasa en las tablas y de igual manera va a rubro de la obra de una manera horizontal como se muestra en la ilustración 4.

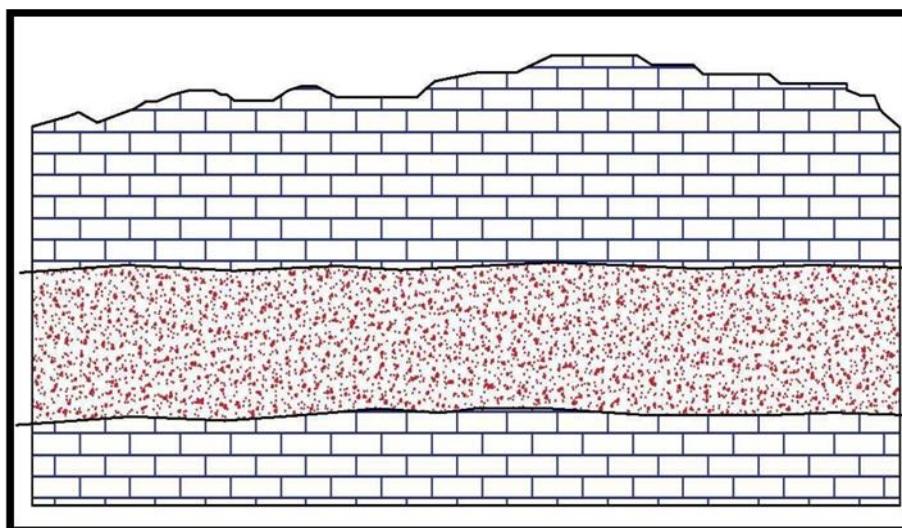


Ilustración 4. Estructura que pasa por la tabla

Fuente: Elaboración propia, 2025



El muestreo se realizará de tal manera que corte la estructura, en este caso el marcaje se realizaría de manera vertical y cada 3 metros como se muestra en la ilustración 5.

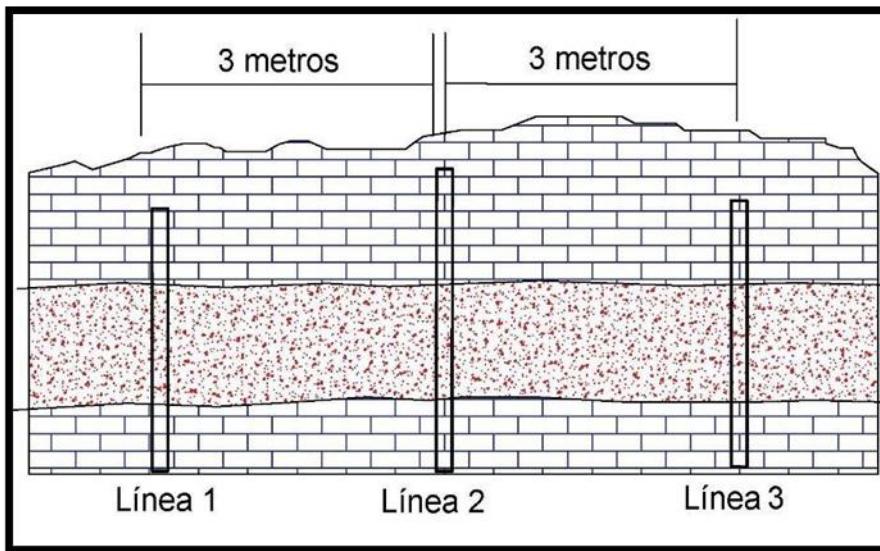


Ilustración 5. Marcaje de muestras en tabla de manera vertical

Fuente: Elaboración propia, 2025

5.3 Marcaje de muestras en toda la obra

El marcaje en muestras que abarquen toda la obra, las estructuras tienen que pasar por la cabeza y en tablas de manera obligatoria, también podemos tomar como indicativo que las estructuras vayan rumbo a la obra, de esta manera nos podemos dar cuenta que el marcaje se tendrá que realizar en toda la obra.

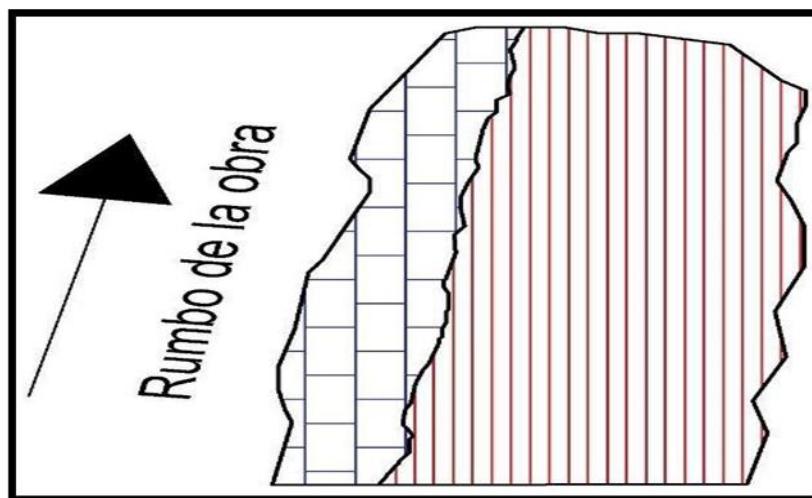


Ilustración 6. Vista de la estructura en cabeza

Fuente: Elaboración propia, 2025



Nos podemos apoyar en la frente de la obra, puesto que en el marcaje de líneas completas el frente de la obra tendrá estructuras que corten todo.

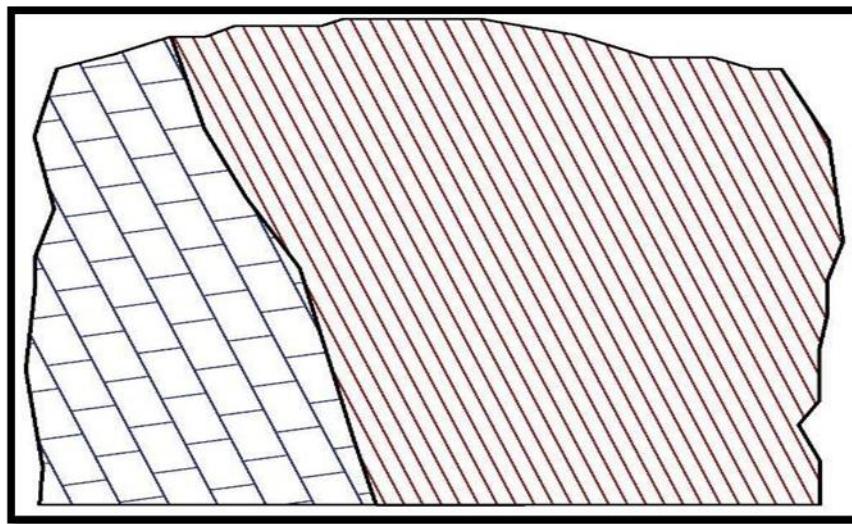


Ilustración 7. Vista del frente de la estructura
Fuente: Elaboración propia, 2025

En el marcaje de líneas completas también nos podemos apoyar de las tablas, como pasa en la cabeza en alguna de las tablas o en las 2 pasara la estructura.

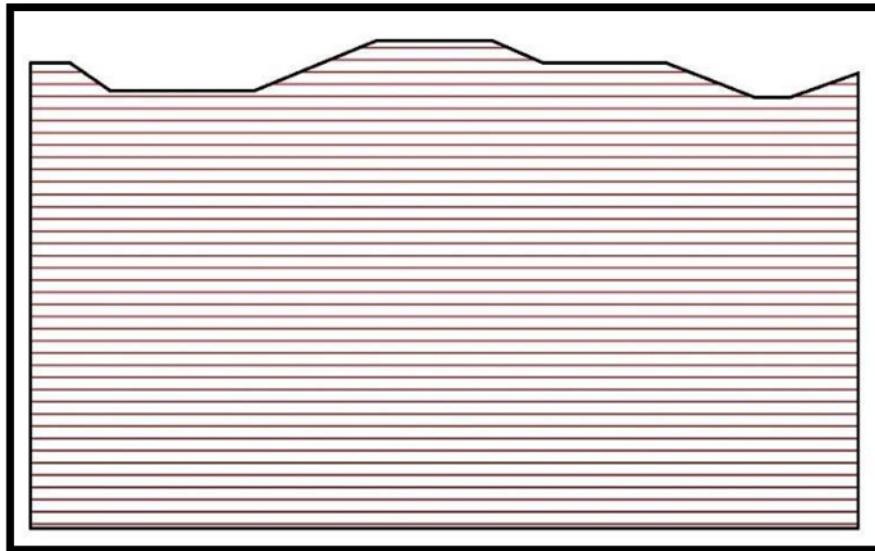


Ilustración 8. Vista de la estructura en tablas
Fuente: Elaboración propia, 2025



El marcaje en obras con líneas completas comienza con atravesar la estructura de manera perpendicular, procurando que las líneas corten la estructura de buena manera para tener muestras representativas.

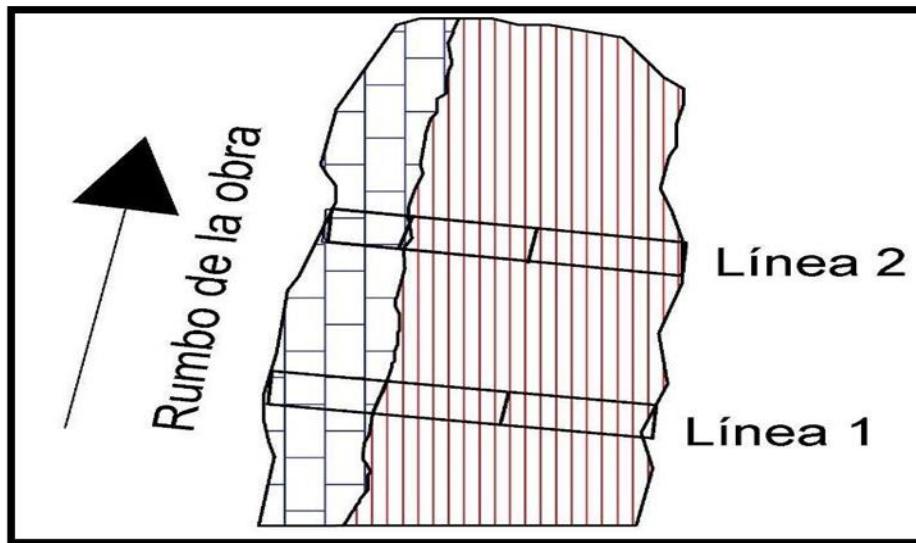


Ilustración 9. Marcaje de muestra en cabeza de líneas completas

Fuente: Elaboración propia, 2025

El marcaje en las tablas será de manera vertical o un poco diagonales dependiendo y es importante mencionar que aquí no se marcarían de manera horizontal.

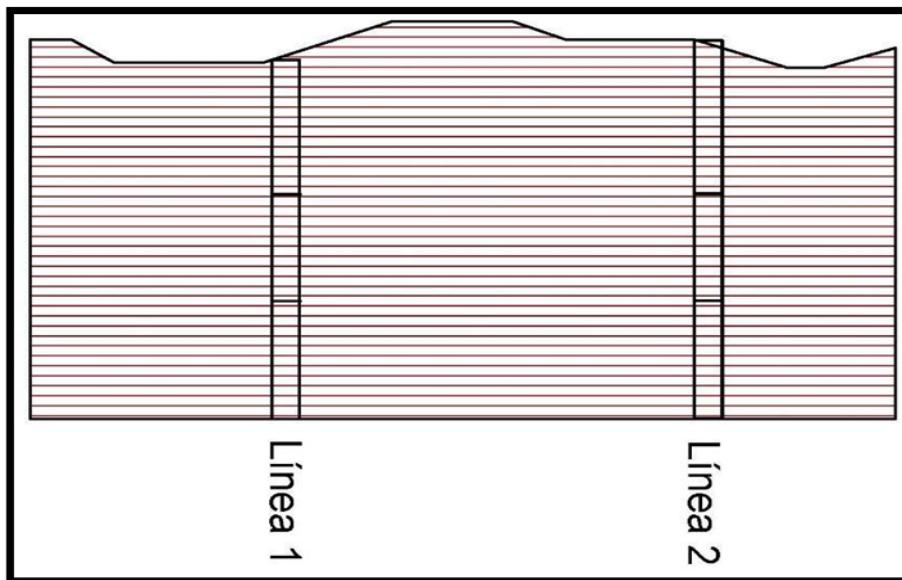


Ilustración 10. Marcaje de muestras de tabla en líneas completas

Fuente: Elaboración propia, 2025



6. MARCAJE DE MUESTRAS QUE VAN ATRAVESANDO LA OBRA

6.1 Marcaje de muestras en tablas de manera horizontal

Este tipo de muestreo se realizará cuando la estructura está cruzando la obra y no va rumbo a ella como se muestra en la ilustración 11.

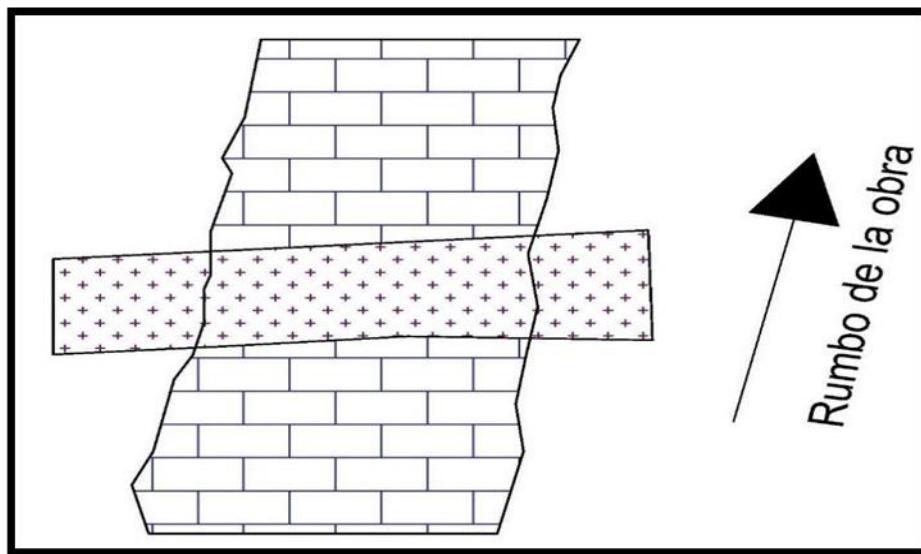


Ilustración 11. Estructura que pasa por la cabeza y atraviesa la obra

Fuente: Elaboración propia, 2025

Lo ancho de la estructura puede cambiar y puede haber más de una sola estructura que este atravesando. Cuando se presenta una estructura de esta manera nos podemos ayudar de las tablas para tener una mejor visualización de cómo es que está atravesando la estructura.

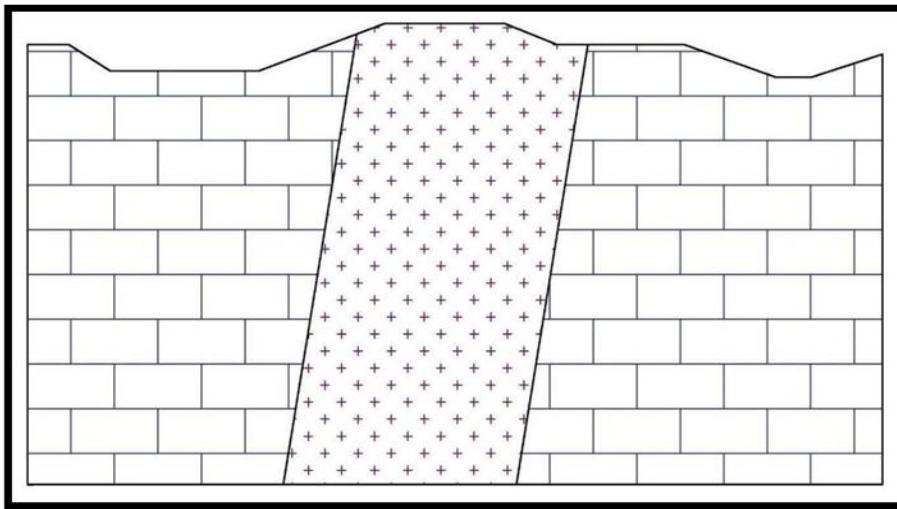


Ilustración 12. Vista de la estructura que pasa en la tabla
Fuente: Elaboración propia, 2025

El marcaje de las muestras se realizará cortando la estructura perpendicularmente, en este caso como la estructura esta vertical o semi vertical el marcaje de las muestras se realizarán horizontales o con un poco de inclinación. En este tipo de marcaje no se realiza como en los anteriores a cada 3 metros, sino las 2 tablas por donde pasa.

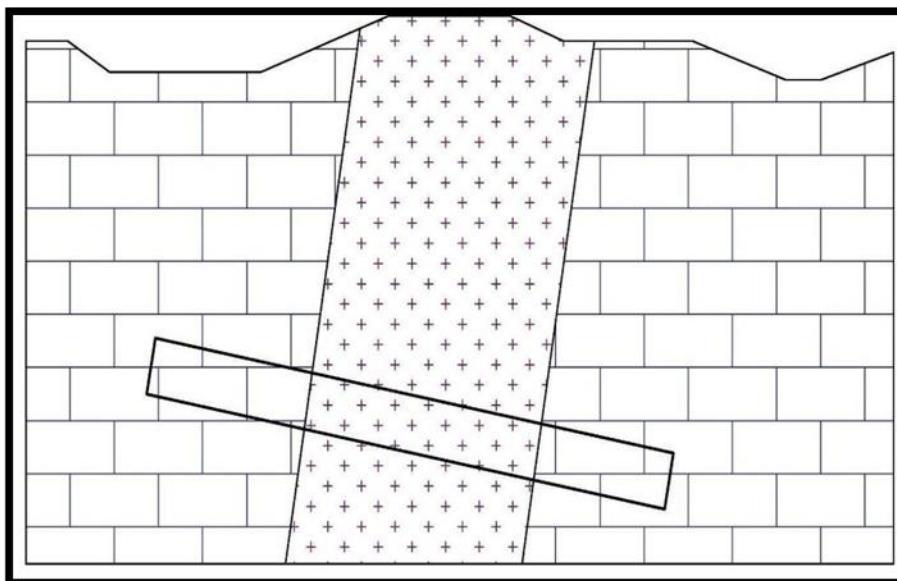


Ilustración 13. Marcaje de muestra en tabla de manera horizontal
Fuente: Elaboración propia, 2025



7. Realización del muestreo

Para la realización del muestreo sobre las líneas ya marcadas es necesario conocer el bajo de la estructura para que desde ahí se comience a realizar la toma de muestras.

El bajo de la estructura se puede identificar con ayuda de la ilustración 14.

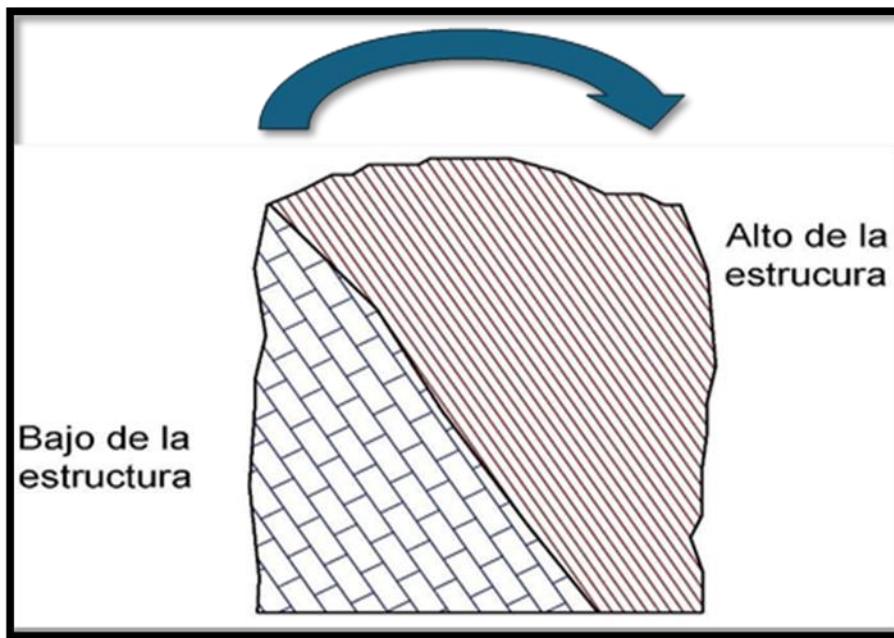


Ilustración 14. Bajo y alto de la estructura.

Fuente: Elaboración propia, 2025

Como se muestra en la ilustración 14, el bajo como su nombre lo menciona es lo que esta debajo de la estructura y el alto de la misma manera, esto lo podemos identificar con la vista de la estructura como se muestra o en caso de que no se vean las estructuras con las vetillas que se ven en la obra. En las tablas el muestreo se realizará de abajo hacia arriba.

Esto se realiza para evitar la contaminación de la muestra, se cuida que lo que caiga de una muestra no contamine a las que esta debajo, es por ello que se toma del bajo al alto.



7.1 Tumbe de muestras

Ya identificados el alto y bajo para saber de dónde comenzar a tomar las muestras, el cabo y los ayudantes procederán a tumbarlas, para ello se necesitará maseta y cincel en las muestras que se puedan alcanzar sin necesidad de alguna escalera y para las que están más altas utilizaremos las barras de amacice que se encuentren en la zona o en su caso es mejor llevar barras que tenemos a disposición.



Imagen 35. Muestras en tabla

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



Imagen 36. Muestras en cabeza

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



Con ayuda de estas herramientas tomaremos muestras donde se realizó el marcaje tratando de que sea más representativo posible, en el caso de las muestras en cabeza se tratará de que las rocas estén lo más cerca posible del marcaje y que lo que se tumbe corresponda a lo que se ve en el marcaje, con la maceta y cincel es más fácil sin embargo en el cielo no se alcanza y aumenta el riesgo de exposición.

7.2 Recolección de muestras

El ayudante colocará la lona debajo de la muestra que se piensa tirar, en donde las lonas tienen como función recoger las muestras evitando que se mezclen con alguna otra roca y se contamine.



Imagen 37. Lona debajo de la muestra a tirar

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

7.3 Trituración de la muestra

Una vez que tengamos la muestra el ayudante procederá a buscar un lugar en donde este seguro y el piso sea lo más plano posible.

Para comenzar con la trituración el ayudante se pondrá en cuclillas y delante colocará una lona donde se triturará la muestra con ayuda de maceta y placa metálica para reducir el tamaño de la roca. El tamaño óptimo de la muestra es aproximadamente pulgada y media, medida impuesta por el laboratorio, sobre pasado ese tamaño la muestra se rechazará.



Imagen 38. Trituración de muestra

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

En las muestras que son de mineral, se puede implementar **Duplicados gruesos** en donde se busca saber la calidad del muestreo.

Ya homogeneizada la muestra se procederá a cuartearla (dividirla en 4 partes), para tomar las dos partes contrarias y meterlas en una bolsa, obteniendo 2 muestras esto se realizará con el fin de identificar si la homogenización de la muestra se está realizando bien, se comprobará con los análisis de laboratorio en donde las 2 muestras deben de ser lo más parecidas posible.

Inmediatamente después del duplicado grueso se introducirá un **blanco grueso**, que es un material sin mineral con el fin de saber que en los procesos de laboratorio no exista contaminación.



7.4 Embolsado de muestras

Para este punto cada muestra marcada tendrá un folio, por lo que la muestra se embolsará en una bolsa de plástico de polietileno de 35X45cm con el respectivo folio marcado.



Imagen 39. Bolsas con folios

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

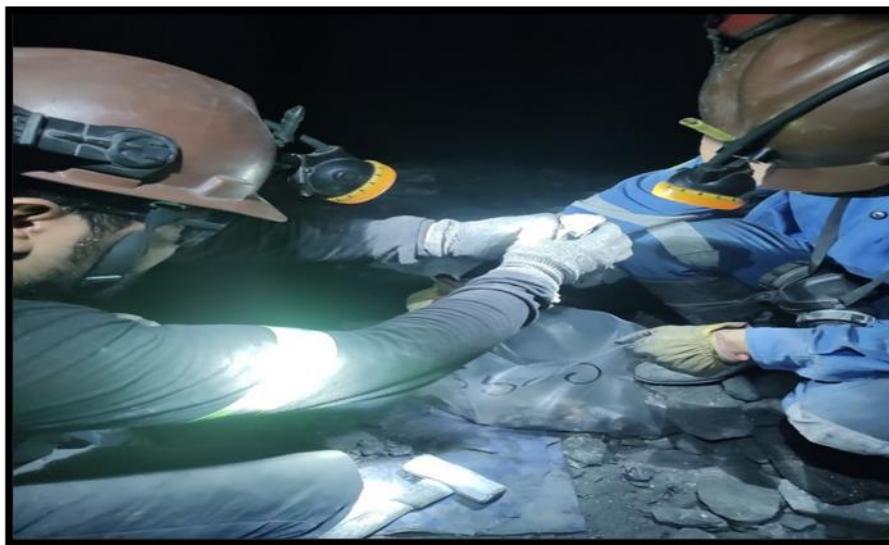


Imagen 40. Embolsado de muestra

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



7.5 Etiquetado y amarre de muestras

Ya que se tengan todas las muestras se procederán a ordenarse y posteriormente se etiquetarán.



Imagen 41. Ordenamiento de muestras

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

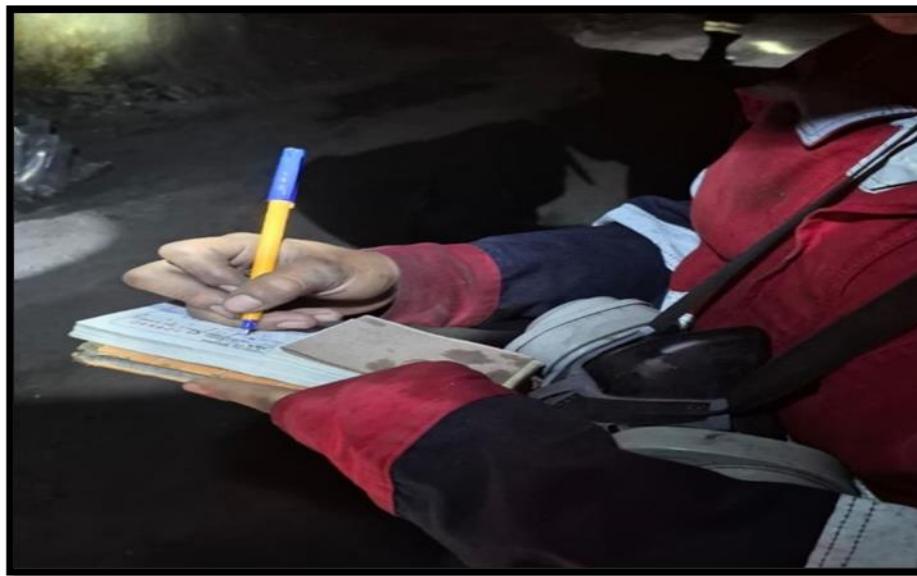


Imagen 42. Llenado de ticket

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Zimapán**

Colocar fecha de muestreo, nombre de la mina, cuerpo mineralógico y nombre del lugar.

Datos que vienen en el pueblo o que se le puede preguntar al geólogo.

Este ticket es un talonario de muestreo para la empresa Carrizal Mining, S.A. de C.V. El número de ticket es 117408. La sección superior incluye el logo de la empresa y los encabezados "CARRIZAL MINING, S.A. DE C.V." y "TALONARIO DE MUESTREO". La sección central tiene campos para "Fecha", "Plata g./t.", "Pb", "Zinc %", "Cobre %", "Ancho (m)", "Mina", "Cuerpo", "Nivel", "Barreno", "Lugar" y "Descripción". La sección inferior incluye "Ancho Real Mineral", "Ancho Obra", "Au g./t.", "As" y "Fe". Un campo para "Muestreado" está vacío.

Imagen 43. Ticket

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

El ticket se llena con los datos de donde se obtuvo la muestra como se representa en la imagen 43 y posteriormente se mete en una bolsa pequeña la cual nos ayudara a que el ticket se conserve, que no se destruya o se moje perdiendo los datos de la muestra. Es importante que cada muestra contenga su ticket en la bolsa que le corresponda y, por último, amarramos las muestras para que sean más fáciles de transportarlas.



Imagen 44. Amarre de muestras

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025



7.6 Llenado de lista

El cabo de muestreo realizará una lista en una libreta de tránsito con información de las muestras que se tomaron, en donde incluirá información del lugar de muestreo, folios de las muestras, parte de la obra de donde se obtuvieron y a qué litología corresponde, por último los anchos de las muestras de tablas y los de cabeza serán proporcionados por el geólogo, la información recabada se pasará en un formato limpio propio de la empresa.

The image shows a handwritten list of samples from a transit notebook. The header reads "TTE 127 - 886 Libreta Tránsito la curva 03-04-25". The list is organized into four columns:

117 300	CBZ	1.00	Dique
117 401	CBZ	0.60	Mineral
117 402	CBZ	0.70	Mineral
117 403	CBZ	1.00	Mineral
117 404	CBZ	0.90	Mineral
117 405	TD	1.10	Caliza
117 406	CBZ	1.00	Dique
117 407	CBZ	0.90	Mineral
117 408	CBZ	0.90	Mineral
117 409	CBZ	1.10	Caliza

Imagen 45. Lista dentro de mina

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

7.7 Lista para laboratorio

Se llenará un formato ya establecido en donde únicamente se colocarán los folios de las muestras obtenidas.

7.8 Entrega de muestras a laboratorio

El último paso en el procedimiento de muestreo es la entrega a planta de beneficio, en donde se desatarán las muestras y con ayuda del personal de laboratorio al cual se le entregara la lista se mostrará que los tickets correspondan a la bolsa.

Si no hay equivocaciones concluiría el trabajo de muestreo y se volvería a retomar el ciclo.



Imagen 46. Entrega de muestras en laboratorio

Fuente: Elaboración propia en Carrizal Mining S.A. de C.V., 2025

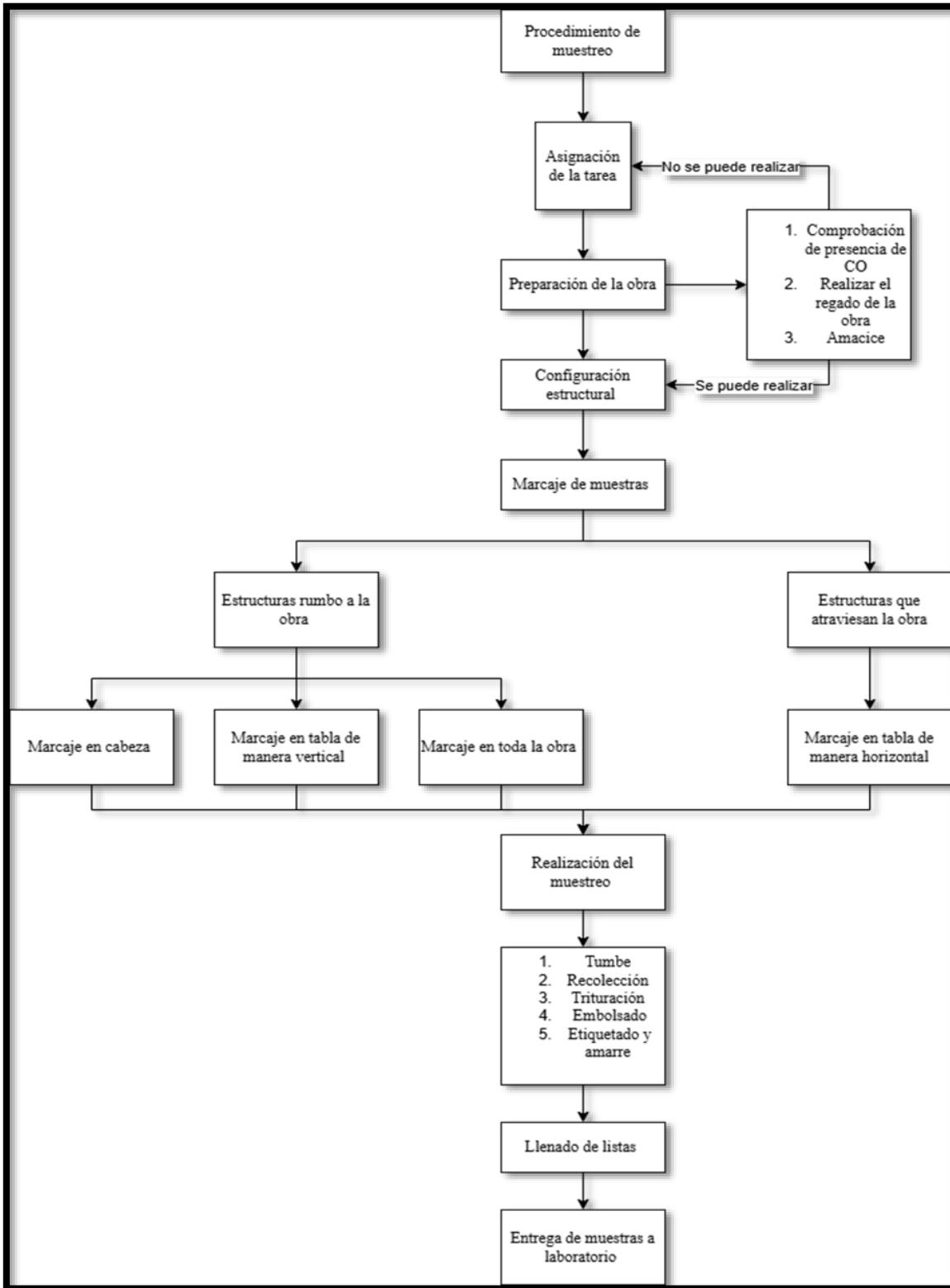


Imagen 47. Procedimiento de muestreo

Fuente: Elaboración propia, 2025



CONCLUSIÓN

El trabajo es una investigación aplicada que se realizó a base de una experiencia operativa en donde se aplicó una metodología cuantitativa-cualitativa para analizar las características de las estructuras que determinarían la manera de realizar el muestreo, desarrollando así un manual que dará a conocer la preparación de obra y el procedimiento de muestreo a todos aquellos que estén interesados en la actividad.

El manual es una alternativa viable para capacitar a nuevos integrantes, teniendo el documento es más fácil para el lector poder comprender la información sin la necesidad de un expositor por la manera en que se presenta a información y la practicidad, también sirve como prueba de que se está realizando la actividad bajo un proceso de seguro de trabajo.

El manual sirve para reducir los tiempos de capacitación, apoyándose en la información necesaria que se explica de manera sencilla para el lector, la comprensión de la información es más sencilla y apoyándose en las imágenes e ilustraciones el lector se dará una noción más acertada.

El manual al presentar la información de manera sistemática ayudara al lector a seguir un procedimiento que tiene que respetar los pasos, evitando que se produzca un error en la realización de la actividad, aumentando la confiabilidad de las muestras que se verán reflejadas en proporcionar un producto que al ser analizado nos dé la certeza que los datos que se obtendrán serán los más exactos, dando así la certeza de poder desarrollar más obras en estructuras que sean económicamente rentables y que siga funcionado el negocio.



Conclusión de asesor

La implementación de este Manual Operativo de Procedimientos para Muestreo dentro de la mina se realiza con el propósito de estandarizar una actividad crítica para la operación de la correcta obtención de muestras que representen con precisión la realidad geológica del yacimiento. Al integrar el manual en las labores diarias, se asegura que cada paso, desde la preparación del área hasta la entrega final al laboratorio, se realice bajo un mismo criterio técnico, reduciendo errores derivados de la falta de experiencia o de criterios distintos entre cuadrillas.

Implementarlo dentro de mina nos ayuda principalmente a tres aspectos fundamentales:

1. Mejorar la calidad de los datos geológicos:

El muestreo es la base para definir continuidad de estructuras, leyes de mineral, zonas rentables y decisiones de desarrollo. Un procedimiento claro asegura muestras representativas, confiables y sin contaminación, lo que se refleja directamente en una mejor interpretación del yacimiento.

2. Aumentar la seguridad del personal:

El manual establece pasos obligatorios como verificación de CO, regado, amacice y uso adecuado del EPP. Integrarlo en mina ayuda a prevenir accidentes, orientar al personal nuevo y reducir prácticas inseguras que ponen en riesgo la integridad de los trabajadores.

3. Fortalecer la capacitación y la eficiencia operativa:

En la minería la rotación de personal es constante. Contar con un manual bien estructurado permite capacitar más rápido al personal nuevo, unificar criterios y evitar retrabajos como la repetición de muestreos, el rechazo de bolsas en laboratorio.

En conjunto, implementar este manual en mina nos ayuda a trabajar con mayor precisión, seguridad y orden, garantizando que los resultados obtenidos sean confiables y que las decisiones operativas se basen en información sólida. Su integración no solo optimiza el proceso de muestreo, sino que también contribuye al desempeño integral de la unidad minera.



BIBLIOGRAFÍA

Alfaro Sironvalle , M. A. (2002). Biblioteca Florentino Ameghino . Obtenido de Biblioteca

Florentino Ameghino :

https://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc_num.php?explnum_id=3712

Arqueología Mexicana. (8 de Enero de 2024). Obtenido de

<https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/zimapan-hidalgo>

Ccama Hancco, M. L. (2017). Repositorio Institucional. Obtenido de Repositorio

Institucional: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/b1189b13-5d78-4680-b8cb-5f8db43b9154/full>

Clavijo G, J. A. (s.f.). Agencia Nacional de Minería. Obtenido de

https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/presentacion_multidectores_ibrid-mx6.pdf

Dammert Lira , A., & Molinelli Aristondo, F. (Septiembre de 2007). Osinergmin. Obtenido de Osinergmin:

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607319/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf?v=1603141045

EcuRed. (2025). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Geolog%C3%ADA>

El Universal Hidalgo. (30 de Septiembre de 2025). Obtenido de

<https://www.eluniversalhidalgo.com.mx/entretenimiento/de-zimapan-para-paris-conoce-la-historia-de-algunas-piezas-que-componen-la-torre-eiffel/>

García González , O. A., Aliphat Rodríguez, R., & Veinmilla Brando, V. (2025).

CAMIMEX. Obtenido de

https://camimex.org.mx/application/files/4817/5831/4901/Estudio_CIDE.pdf

Gisbert Juárez, M. (2021). Probabilidad y Estadística. Obtenido de

<https://www.probabilidadyestadistica.net/muestreo-sistematico/>



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Zimapán**

Google Books. (2025). Obtenido de Google Books:

https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=4i1_97TIllyoC&oi=fnd&pg=PA5&ots=gakWmHRhdZ&sig=pZKyZ4xilXPeC_Q6Q1ItE_UIBic&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Guzmán García, J. A. (2020). Studocu. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-superior-zacatecas-occidente/preparacion-de-minerales/pst-amacice-manual-1/112176020>

Hubspot. (24 de Marzo de 2024). Obtenido de Hubspot:

<https://blog.hubspot.es/sales/manual-de-procedimientos-empresa>

IRMA. (2020). Responsiblemining. Obtenido de Responsiblemining:

<https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2020/10/IRMA-Carrizal-Case-Study-Espanol.pdf>

Maldonado, Y. (8 de abril de 2021). GeologiaWeb. Obtenido de GeologiaWeb:

<https://geologiaweb.com/mineria/tipos-de-mineria/>

Maldonado, Y. (8 de Abril de 2021). GeologiaWeb . Obtenido de

<https://geologiaweb.com/mineria/ciclo-minero/>

Medina Fernández, J. A. (12 de MARZO de 2021). Studocu. Obtenido de

<https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-nacional-autonoma-de-mexico/explotacion-de-minas/ciclos-de-minado-explotacion-de-minas/24433154>

Observando el universo . (2 de enero de 2025). Obtenido de

<https://observandoeluniverso.es/universo-de-la-muestra/>

Peñailillo B., S. (Junio de 2009). SONAMI. Obtenido de SONAMI:

<https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/04/02.-Desarrollo-de-un-Proyecto-Minero..pdf>



Servicio Geológico Mexicano. (22 de Marzo de 2017). Obtenido de Servicio Geológico Mexicano:

https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Applicaciones_geologicas/Yacimientos_minerales.html

Solana López, J. (Marzo de 2008). Servicio Geológico Mexicano. Obtenido de Servicio Geológico Mexicano:

https://mapserver.sgm.gob.mx/InformesTecnicos/InventariosMinerosWeb/T1308SO_LJ0004_01.PDF

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2010). Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: <http://docencia.uaeh.edu.mx/estudios-pertinencia/docs/hidalgo-municipios/Zimapan-Enciclopedia-De-Los-Municipios-Del-Estado-De-Hidalgo.pdf>

Vargas Cordero, Z. R. (2009). Revista Educación. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/49588289_La_Investigacion_aplicada_Una_forma_de_conocer_las_realidades_con_evidencia_cientifica



ANEXOS

Muestreo: Procedimiento para tomar muestras representativas de la zona que servirán para analizar.

Rumbo de la obra: Va en la misma dirección del desarrollo.

Voladura: Se carga con explosivos los huecos generados con el objetivo de fragmentar la roca al momento de liberar energía.

Rezagado: Consiste en retirar la carga de la voladura con maquinaria.

Pueblo: Reunión entre supervisores para comunicarse las actividades de cada departamento.

Pueblo de trabajo: Asignación de la tarea acompañada de una hoja con las indicaciones.

Inoloro: Que no se detecta su olor.

Incoloro: Que no se puede ver.

Ppm: Partes por millón.

Estructuras: Cuerpos de interés con masa y volumen.

Configuración: Delimitar las estructuras con pintura blanca.

Cielo o cabeza: Parte superior de la obra minera.

Tablas: Partes laterales de una obra minera.

Frente de la obra: Muro expuesto del desarrollo minero.

Vetillas: Estructuras individuales muy delgadas.