

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



T E S I S

**El Muestreo del Cuerpo Mineralizado Cyndhi en el incremento de
Recursos Minerales, Mina San Rafael – 2021**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Geólogo**

Autor:

Bach. Héctor Sixto RIVERA GARCIA

Asesor:

Mg. Luis Arturo LAZO PAGÁN

Cerro de Pasco Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



T E S I S

**El Muestreo del Cuerpo Mineralizado Cyndhi en el incremento de
Recursos Minerales, Mina San Rafael – 2021**

Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:

Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA

PRESIDENTE

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

MIEMBRO

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO

MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres: Quienes fueron los primeros pioneros en mi formación, y Sacrificio, A mi Madre Gregoria por ser una Persona Ejemplar a mis Hnos y Hnas, al Ing. Pablomick Jurado Nolasco quien fue mi apoyo Incondicional, a mi alma Mater por haberme Formado como profesional en el Desarrollo de Mis Capacidades Conocimientos, y habilidades, para desempeñarme como Profesional, a mi Nación por poseer la geología donde hay Recursos muy interesantes para desarrollo del País

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a nuestros asesores, por sus aportes, consejos y por habernos guiado a la culminación de nuestra investigación. A nuestra alma mater por formarnos con las competencias que el mercado actual exige y a todos nuestros docentes por haberme dado el cimiento del cual me siento orgullosa

RESUMEN

La Mina Minera San Rafael, de propiedad de MINSUR S.A del grupo BRECA se encuentra ubicada en el Departamento de Puno, Provincia de Melgar, Distrito de Antauta, en el nevado Quenamari de la Cordillera del mismo nombre, perteneciente a un segmento de la Cordillera Oriental de los Andes, a una altitud de 4,500 m.s.n.m. La Unidad Minera San Rafael, Presenta facies de grano grueso y facies de grano fino a mega cristales de K., con edad de 24.6 a 24.7 Ma.

El programa de aseguramiento de Control de calidad QA/QC, realiza el seguimiento de los resultados para eso estudiaremos una población de muestras que corresponde a la veta Cindhy desde enero - mayo del 2021.

El cual podemos determinar el cumplimiento del proceso de muestreo dentro los límites permisibles que se tiene como objetivo. Para eso usaremos Controles estadísticos de ecuación cuadrática Max y Mínimos. Graficas de Precisión y Exactitud de Simón 2012 el programa de Control de Calidad QA/QC de la Mina San Rafael, tiene como principal función, el Seguimiento de los Procesos en la fase del Muestreo Primario y Algunos alcances del muestreo secundario para garantizar los recursos que determinan las labores de muestreo en este caso. El cuerpo mineralizado de Cindhy consta con una estructura de (530) metros al oeste de la veta San Rafael se encuentra reconocida con el laboreo en el Nv. 4185 una longitud de (284.00) mts. entre las secciones 1700-1975.

El presente año se ha realizado una importante campaña de perforación diamantina con el objetivo de incrementar recursos y reconocer la estructura hacia los niveles inferiores los resultados obtenidos han sido los esperados logrando reconocer la proyección hasta el nivel 3950y generando un importante incremento de recursos.

Las características de esta veta presentan un rumbo promedio de N 32° W, su buzamiento varía entre 70° a 85°SW su potencia entre 0.70 mts a 12.00 metros.

Palabras Clave: Mineralización/Muestreo/QA/QC/Estaño/Minsur.

ABSTRACT

The Minera San Rafael Mine, owned by MINSUR S.A of the BRECA group, is located in the Department of Puno, Province of Melgar, District of Antauta, in the Quenamari snow-capped mountain range of the same name, belonging to a segment of the Eastern Cordillera of the Andes, at an altitude of 4,500 meters above sea level. The San Rafael Mining Unit presents coarse-grained facies and fine-grained facies to mega-crystals of K., with an age of 24.6 to 24.7 Ma.

The QA/QC Quality Control assurance program monitors the results, for which we will study a sample population that corresponds to the Cindhy vein from January - May 2021. Which we can determine the compliance of the sampling process within the permissible limits that is intended. For that we will use Max and Minimum Quadratic Equation Statistical Controls. Simón 2012 Precision and Accuracy Graphs, the QA/QC Quality Control program of the San Rafael Mine, has as its main function, the Monitoring of Processes in the Primary Sampling phase and some scopes of secondary sampling to guarantee the resources that determine the sampling tasks in this case. The Cindhy mineralized body consists of a structure of (530) meters to the west of the San Rafael vein, which is recognized by working on Nv. 4185 a length of (284.00) meters. between sections 1700-1975.

This year an important diamond drilling campaign has been carried out with the objective of increasing resources and recognizing the structure towards the lower levels. The results obtained have been as expected, managing to recognize the projection up to level 3950 and generating a significant increase in resources.

The characteristics of this vein present an average course of N 32° W, its dip varies between 70° to 85°SW, its power between 0.70 meters to 12.00 meters.

Keywords: Mineralization/Sampling/QA/QC/Tin/Minsur.

INTRODUCCIÓN

La Mina San Rafael, tiene como principal mineral económico a la casiterita, que proporciona el estaño como principal fuente económica.

Por lo tanto, es indiscutible que se deba promover la exploración de minerales en forma vertical como horizontal. Tradicionalmente se utilizan las labores subterráneas en la búsqueda de recursos, hoy ésta se complementa con las perforaciones diamantinas y prospecciones geoquímicas, asimismo con las guías litológicas, estructurales y mineralógicas.

En la investigación realizada se han utilizado todos los parámetros geológicos y además las perforaciones diamantinas que nos proporcionan interceptaciones de estructuras mineralizadas que pertenecen por proyecciones al cuerpo Cyndhi hasta el nivel 3950. Logrando con ello el incremento sustancial de la mineralización económica.

Además, se ha tenido en consideración las pautas importantes en el muestreo utilizando los estándares de calidad. Específicamente la precisión, exactitud y contaminación. Lo que se trata de enfatizar es tener conocimiento de los estándares utilizados en la Mina San Rafael en el proceso del muestreo y lograr el incremento de recursos en la Mina de San Rafael.

El incremento de recursos también implica, conocer la Geología mediante exploración nuevos escenarios geológicos conocer la Mineralogía petrología mediante reconocimiento directo de labores de avance y reforzado por muestreo sistemático y la aplicación del QA/QC, el muestreo ayuda a ampliar resultados de la prospección geológica del escenario geológico y esto a su vez ampliar conocimientos, para alimentar información de valores mediante leyes y nuevos planos geológicos esto ayudara a reconocer nuevos horizontes para validar Recursos de Minerales.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Determinación Del Problema _____	1
1.2.	Formulación del Problema _____	2
	1.2.1. Problema General _____	2
	1.2.2. Problemas Específicos _____	2
1.3.	Formulación del Objetivo _____	2
	1.3.1. Objetivo General _____	2
	1.3.2. Objetivos Específicos _____	3
1.4.	Justificación de la Investigación _____	3
1.5.	Importancia y Alcances de la Investigación _____	3
	1.5.1 Importancia _____	3
	1.5.2. Alcances de la Investigación _____	4
1.6.	Limitación de la Investigación _____	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes del Problema _____	6
	2.1.1. Internacionales _____	6
	2.1.2. Nacionales _____	10

2.1.3.	Locales	13
2.2.	Bases Teóricas - Científicas	16
2.2.1.	Evaluación del Control de Calidad	16
2.2.2.	Evaluación de la Precisión	17
2.2.3.	Evaluación de la Exactitud	20
2.2.4.	Materiales de Referencia	21
2.2.5.	Muestras de Control Externo	23
2.2.6.	Evaluación de la Contaminación	24
2.2.7.	Errores en el Proceso de Muestreo	25
2.2.8.	Errores en la Recolección de la Muestra	26
2.2.9.	Errores en la Preparación	28
2.2.10.	Muestras de Control	30
2.2.11.	Control Granulométrico	30
2.2.12.	Control de Peso	31
2.2.13.	Recursos Minerales	33
2.2.14.	Recurso Mineral Inferido	34
2.2.15.	Recurso mineral indicado	35
2.2.16.	Recurso mineral medido	35
2.2.17.	Reservas Minerales	36
2.2.18.	Reserva Mineral Probable	38
2.2.19.	Reserva Mineral Probada	38
2.3.	Definición de Términos básicos	39
2.4.	Formulación de la hipótesis	41
2.4.1.	Hipótesis General	41
2.4.2.	Hipótesis específicas	41
2.5.	Identificación de variables	41
2.6.	Definición Operacional de Variables e indicadores	43

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	44
3.2.	Nivel de Investigacion	44

3.3.	Métodos de investigación _____	44
3.4.	Diseño de investigación _____	45
3.5.	Población y muestra _____	45
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos _____	45
3.5.1.	Técnicas _____	45
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos _____	45
3.8.	Tratamiento estadístico _____	46
3.9.	Orientación Ética filosófica y epistémica _____	46

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo. _____	48
4.1.1.	Ubicación _____	48
4.1.2.	Accesibilidad _____	49
4.1.3.	Historia, Antecedentes _____	50
4.1.4.	Geomorfología Regional _____	52
4.1.5.	Unidades geomorfológicas. _____	52
4.1.6.	Geología Regional _____	56
4.1.7.	Estratigrafía Regional y Local _____	58
4.1.8.	Formación Ananea (SD-a). _____	59
4.1.9.	Grupo Ambo (Ci-a). _____	59
4.1.10.	Grupo Tarma (Cs-t). _____	60
4.1.11.	Grupo Copacabana (Pi-c). _____	61
4.1.12.	Grupo Mitú (PsT-mi). _____	62
4.1.13.	Grupo Moho (Kis-mo). _____	63
4.1.14.	Depósitos recientes. _____	65
4.1.15.	Rocas ígneas. _____	67
4.1.16.	Geología Estructural Regional _____	68
4.1.17.	Fases tectónicas _____	72
4.1.18.	Tectónica Hercínica. _____	73
4.1.19.	Tectónica Andina. _____	75
4.1.20.	Metalogenia _____	76

4.1.21. Geología Económica	78
4.1.22. Mineralización y Paragénesis	79
4.1.23. Alteración Hidrotermal	81
4.1.24. Zona. Miento De La Mineralización Zonamiento Horizontal	82
4.1.25. Vetas y Cuerpos	86
4.1.26. Mineralogía	89
4.1.27. Edad de la Mineralización	90
4.1.28. Controles de la Mineralización Controles Litológicos	90
4.2. Presentación de Análisis e Interpretación de Resultados	91
4.2.1. Análisis del Cuerpo Mineralizado Cyndhi	91
4.2.2. Control de calidad en muestras del Cuerpo Cyndhi	93
4.3. Prueba de Hipótesis	95
4.3.1. Prueba de Hipótesis General	95
4.3.2. Prueba de Hipótesis Específicos	95
4.4. Discusión de Resultados	95
4.4.1. Evaluación de la Calidad.	95
4.4.2. Evaluación de la precisión. Enero - mayo 2021.	98
4.4.3. Exactitud	99
4.4.4. Evaluación de la Contaminación. Enero – mayo 2021.	101
4.4.5. Controles Granulométricos. Enero – mayo 2021.	102
4.4.6. Medición de Desviación de Sondajes. Enero – mayo 2021.	103
4.4.7. Muestras Gemelas (MG)	104
4.4.8. Evaluación Materiales de Referencia Enero – mayo 2021.	104
4.4.9. Blancos Finos	105
4.4.10. Precisión	106
4.4.11. Criterio de Aceptación	106
4.4.12. Exactitud	109
4.4.13. Criterio de Aceptación	109
4.4.14. Contaminación	114
4.4.15. Criterio de aceptación	115
4.4.16. Laboratorios	116
4.4.17. Certificación de laboratorios, protocolos	116
4.4.18. Métodos analíticos y precisión	117

4.4.19. Equipos de preparación de muestras y analíticos _____	118
4.4.20. Controles de calidad internos, CCLAS _____	118
4.4.21. Reportes certificados _____	119
4.4.22. Análisis de datos _____	119

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS:

- Instrumentos de Recolección de datos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Identificación de Variables Independientes	41
Tabla N° 2. Operacionalización de las variables, Intervinientes.	43
Tabla N° 3. Distancia expresada en kilómetros y tiempo de desplazamiento.	49
Tabla N° 4. Distancia expresada en kilómetros y tiempo de desplazamiento Arequipa - Juliaca	49
Tabla N° 5. Límites de detección laboratorio San Rafael.	94
Tabla N° 6. Resumen de las labores ejecutadas. Enero – mayo 2021.	96
Tabla N° 7. Resumen de los datos de análisis realizados. Enero – mayo 2021.	97
Tabla N° 8. Tasa de inserciones. Enero- mayo 2021.	97
Tabla N° 9. Cantidad de lotes y muestras incluidas en este reporte.....	98
Tabla N° 10. Resumen Evaluación Precisión. Enero - mayo 2021.	99
Tabla N° 11. Desempeño de los estándares insertados. Enero mayo 2021.	100
Tabla N° 12. Exactitud Global del Sn para los estándares insertados. Enero –	101
Tabla N° 13. Resumen Blancos Gruesos (Contaminación). Enero – mayo 2021.	101
Tabla N° 14. Resumen Blancos Finos (Contaminación). Enero – mayo 2021.	102
Tabla N° 15. Resumen control granulométrico. Enero - mayo 2021.	103
Tabla N° 16. Doble Medición de Desviación de Sondajes. Enero – mayo 2021. ... <i>Doble Medición de Desviación de Sondajes. Enero – mayo 2021</i>	103
Tabla N° 17. Resumen Evaluación Precisión. Enero – mayo 2021.....	104
Tabla N° 18. Desempeño de los estándares insertados. Enero – mayo 2021.....	104
Tabla N° 19. Resumen Blancos Gruesos (Contaminación). Enero- mayo 2021.....	105
Tabla N° 20. Límites máximos y mínimos de detección de la mina San Rafael.	117
Tabla N° 21. Resumen estadístico de datos seleccionados.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación y relación entre Recursos y Reservas Minerales Código Jorc .	33
Figura 2. Ubicación de la mina San Rafael	49
Figura 3. Plano de la Geología Local de la mina San Rafael	58
Figura 4. Sección longitudinal de la mina San Rafael	58
Figura 5. Columna estratigráfica regional.....	68
Figura 6. Fases Tectónicas	73
Figura 7. Franja estannífera Perú-Bolivia-Argentina	78
Figura 8. Relación paregenética y de edades en la veta San Rafael.....	80
Figura 9. Fotografías	81
Figura 10. Sección longitudinal de la Veta San Rafael.....	83
Figura 11. Cociente Sn/Cu	85
Figura 12. Etapas de la mineralización	90
Figura 13. Vista 3D, mirando al NE, mostrando el Cuerpo Cyndhi.	94
Figura 14. Vista 01Cyndhi.	92
Figura 15. Gráfico de control para las muestras gemelas diamantina de la mina San Rafael.....	107
Figura 16. Gráfico de control para las muestras gemelas sistemático de la mina San Rafael.....	107
Figura 17. Gráfico de control para los duplicados gruesos de la mina San Rafael.	108
Figura 18. Gráfico de control para los duplicados gruesos de la mina San Rafael.	108
Figura 19. Gráficos de control de estándares de la mina San Rafael.	110
Figura 20. Gráfico de controles externos de la mina San Rafael.	114
Figura 21. Gráfico de control de blancos gruesos de la mina San Rafael.	115
Figura 22. Gráfico de control de blancos finos de la mina San Rafael.	116

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Determinación del Problema

El muestreo se considera como un procedimiento muy importante que permite conocerla valoración de la ley del mineral, con mayor énfasis en las perforaciones diamantinas; asimismo es necesario aplicar el control a los resultados de las leyes de mineral y garantizar la calidad, QA/QC en el muestreo sistemático, perforaciones diamantinas y lograr una alta calidad en los datos eficaz y eficiente.

El control de calidad en este caso a las muestras nos permite comprobar y realizar mejoramientos en los procesos, el control de calidad QA/QC, es necesario aplicar constantemente en todos los procedimientos, durante las etapas de recolección, preparación y análisis las muestras.

Existen errores en cada etapa que necesitan mejorarse en forma continua para asegurar la calidad de la información procesada, en el proyecto el cuerpo Cyndhi, nos brinda una información de calidad para determinar el incremento de recursos en la Mina San Rafael.

La mina San Rafael efectúa un control de calidad en el muestreo QA/QC, porque es necesario y de mucha importancia para sustentar las investigaciones sobre viabilidad técnica y financiera sobre cualquier proyecto minero.

En la mina San Rafael, se realiza el control de calidad QA/QC, en las muestras para validar los recursos estimados además de garantizar su confiabilidad, y permite tomar decisiones sobre las inconsistencias que se presenten.

Por lo tanto, es importante realizar una evaluación del muestreo y luego efectuar el control de calidad necesario en las etapas de un muestreo.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera el muestreo del cuerpo mineralizado del cuerpo Cyndhi influye en el incremento de recursos de la Mina San Rafael?

1.2.2. Problemas Específicos

¿De qué manera la precisión y exactitud en los valores de las leyes de muestreo determinan la calidad de las muestras del cuerpo Cyndhi de la Mina San Rafael?

¿En qué grado la contaminación en los valores de las leyes de muestreo influye en la calidad de las muestras del cuerpo Cyndhi de la Mina San Rafael?

1.3. Formulación del Objetivo

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el muestreo del cuerpo mineralizado Cyndhi en el incremento de recursos en la Mina San Rafael.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

Evaluar la precisión y exactitud en los valores de las leyes de muestreo para determinar la calidad de las muestras del cuerpo Cyndhi de la Mina San Rafael.

Determinar la contaminación en los valores de las leyes de muestreo para obtener la calidad de las muestras del cuerpo Cyndhi de la Mina San Rafael.

1.4. Justificación de la Investigación

Se justifica el presente proyecto porque nos va permitir conocer el valor de la información de un yacimiento mineral. Es preciso conocer la calidad con un sistema de control que nos permita tener la suficiente confianza en los datos proporcionados, permitiendo la inversión financiera en los proyectos. Los objetivos de una empresa minera es validar la información sobre la estimación de recursos del yacimiento. Por lo tanto, se utilizan métodos que aseguran la confiabilidad la información geológica, mediante el control y aseguramiento de la calidad.

1.5. Importancia y Alcances de la Investigación

1.5.1 *Importancia*

La importancia de realizar un muestreo de calidad se establece después de los acontecimientos en 1997 de Bre-X1, muy conocido en el ambiente minero; por esa razón la industria minera se ha preocupado por evitar situaciones de estafa de este tipo. En la actualidad la difusión de protocolos y procedimientos de QA/QC se ha extendido ampliamente; pues forman parte de la información obligatoria que requieren los inversionistas que proveen los fondos económicos para las inversiones mineras.

En la angustia de verificar los resultados confiables se ha generado el

desarrollo de procedimientos y diversas metodologías y/o las cuales sean aceptados y transparentes por todos como garantía de confianza de la información; estos procesos son los que han dado paso a la creación de códigos como NI-43-101, el código JORC, el SME, entre otros que son de cumplimiento obligatorio en toda auditoria de recursos y reservas.

El programa de QA/QC es considerado como columna vertebral en relación a la especificación de recursos, debido a que es la responsable de avalar la calidad de la información de la Base de Datos. sobre el Muestreo como un Control de la Calidad y Aseguramiento de la misma, siendo elementos necesarios en cada aspecto del procedimiento de la evaluación de cualquier yacimiento mineral; debido a que proporcionan confianza sobre las estimaciones de las reservas y los recursos minerales. La calidad de una estimación dependerá de la certeza de la información utilizada.

Es por ello la importancia de un programa y aplicación de un sistema de Control de Calidad “QA/QC” en la fase de muestreo geológico para validar la estimación de recursos.

1.5.2. Alcances de la Investigación

En la presente investigación se describirá las técnicas utilizadas en la aplicación del QA/QC en el proceso de muestreo geológico, con el objetivo de incrementar los recursos minerales en el cuerpo mineralizado Cindhy en la Mina San Rafael.

Asimismo, se pretende establecer algunas mejoras en los procesos del muestreo geológico no solamente de la Mina San Rafael sino de las unidades mineras relacionadas a esta actividad.

1.6. Limitación de la Investigación

Existen limitaciones en la obtención de información, el uso de datos, algunos conceptos, bibliografía especializada. Como las tesis con poco desarrollo en el tema de Muestreo subterráneo existen poca información en los repositorios nacionales y extranjeros en el tema de muestreo sistemático sería un buen tema para desarrollar en futuras tesis de grado.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Internacionales

Acevedo.M.J.N. (2017), en su investigación “Inteligencia de negocio en aseguramiento y control de calidad QA/QC para exploración minera” sustento el trabajo en la relevancia del proceso de aseguramiento y control de calidad en el muestreo y QA/QC análisis de sondajes para la obtención de información geológica de calidad, Los objetivos de este trabajo eran establecer procedimientos y controles QA/QC, para el muestreo, envíos de muestras y análisis de los resultados químicos de sondajes. Esto junto al manejo y validación de la base de datos y al control del trabajo realizado por el laboratorio primario análisis del tamaño de partícula y duplicados de rechazos y pulpas), permitiría contar con una base de datos ordenada y confiable para la toma de decisiones. Aseguramiento y Control de la Calidad QA/QC también Aseguramiento de la Calidad es prevención, mientras que el Control de la Calidad se relaciona con la detección de problemas Se Concluye que la base de datos del Proyecto era

confiable. Objetivo: Desarrollar el proceso de Aseguramiento QA/QC con Normas Internacionales NI-43-101 Jorc. Conclusiones: Los controles insertados para verificar la calidad de leyes fue superior al promedio (20%) llegando hasta 27.9% y 30%, Buena Precisión en el Muestreo, Obtener Base de Datos Confiable que se puede utilizar en el Cálculo de Reservas Implantando Cambios para futuras campañas similares.

Urtubia O. (2020), en su trabajo de investigación “Implementación y optimización de actividades de geología de Producción control de calidad mineral en el corto plazo mina San Antonio, división el salvador Codelco Región de Atacama Chile” los (muestreos/mapeos), método de almacenamiento en base de datos corporativa, procedimientos de QA/QC, modelamientos (geológico/estimación), El Objetivo era implementar una metodología de mapeo de bancos basada en Mina Escondida, se comienzan a realizar sistemáticamente los mapeos de pozos de tronadura en junio del año 2019, se modela la geología de corto plazo en base a los mapeos diarios, con actualización mensual, se realiza una separación de diagramas de disparo a través de software Datamine, en el QA/QC se gestionan materiales de referencia para una prueba aleatoria y analizar el parámetro de exactitud, se estructuran procedimientos de las actividades de geología, en proceso de oficialización, un reporte geo metalúrgico de alimentación de línea óxidos, para prevenir posibles riesgos en el procesamiento. Estas oportunidades de mejora Se concluyó una buena aplicación en el margen de predicciones minerales Objetivo se optimizo implementar técnicas y mejoras prácticas en actividades de geología en cuanto a QA/QC, Muestreo de minerales y sus leyes. Conclusiones La metodología empleada que involucra QA/QC y aseguramiento de la información procesada en todos los procesos que involucra

elmuestreo de minerales.

Urrutia R. (2019), en la Tesis desarrollado “Caracterización de la heterogeneidad de las unidades litológicas del yacimiento los bronces, región metropolitana de Chile” en el muestreo es una técnica empleada para la trascendental importancia para la industria minera, decisiones de carácter económico, viabilidad y factibilidad de un proyecto, se deciden y ejecutan sobre la base las propiedades y/o atributos extrapolados a partir las muestras para todo el yacimiento. El rol que juega la geología en esta materia es esencial, y un conjunto de análisis químicos que permiten integrar los resultados y desarrollar conclusiones significativas. En función del análisis de los resultados obtenidos (constantes de muestreo, error fundamental, cantidad de muestra se concluye sobre la validez del protocolo actual de toma y preparación de muestras de la operación, se resalta la importancia económica del muestreo e identifican posibles pérdidas económicas al efectuar un procedimiento de muestreo incorrecto. Objetivo Caracterizar el muestreo toma y preparación de muestras que involucra QA/QC. Conclusiones Tratamiento de Muestreo de minerales empleando QA/QC en todos los Procesos analizados en la información que involucra muestreo geológico.

Arias V. (2018), en el proyecto de investigación “Zonificación de paragénesis de las vetas colorada, Katherine y Gaby Norte en la Sociedad Civil Minera Goldmins ubicada en el distrito aurífero polimetálico Portovelo Zurama permitirá incrementar el conocimiento del área e identificación de nuevos blancos exploratorios. La información geológica esta identificación de la mineralización, texturas, litología, alteraciones y estructuras determinadas mediante análisis macroscópicos de muestras de mano y microscópicos de secciones zonas

mineralizadas económicamente rentables fundamentadas en asociaciones mineralógicas-texturales y leyes promedio de oro, plata y cobre definidas con análisis químicos. geológico aplicando en, que permitirá definir el tipo de mineralización y aportar con el desarrollo científico Objetivo Determinar asociaciones y distribuciones mineralógicas en las vetas mediante análisis macro y Micro Muestreo para determinar paragénesis zonificación del mineral mediante análisis Macroscópico y Microscópico Conclusiones determinar la mineralización de interés principalmente texturas en la distribución del mineral análisis químicos texturales supergenas.

Chuqui A. (2018), en la tesis sustentada “Zonificación metalogénica de vetas de los sectores M y R de la mina Goldmins, ubicada en la parroquia Malvas, cantón Zaruma de la provincia de El Oro” La geología consiste de rocas volcánicas intermedias-ácidas, brechas volcánicas y tobas de origen freatomagmático atribuidos a los miembros Muluncay y Portovelo de la Unidad Portovelo de edad Oligoceno tardío – Mioceno objeto de estudio son producto de diversos procesos de apertura y relleno, atribuidos a por lo menos nueve fases hidrotermales asociadas en, los datos generados en este estudio fueron compilados en una base multitemática geológica que se presenta, para establecer la zonificación metalogénica de los sectores M y R; además, de presentar zonas potenciales para el mejor aprovechamiento de los recursos existentes con datos confiables aplicando protocolos y control de Calidad QA/QC Objetivo Pg. 29. Detalla aplicación del Control de Calidad QA/QC Inserción de Muestras y Protocolos para estimar exactitud analítica Conclusiones Aplicado a Procesos de Muestreo parte obligatorio del Proceso de Muestreo.

2.1.2. Nacionales

Camma H. (2017), en su tesis “Aplicación del QA/QC en el Proceso Geológico, para validar la Estimación de Recursos y Reservas, de la Unidad Operativa Chungar”, el objetivo de aplicar el control y aseguramiento de la calidad QA/QC, en cada una de las etapas del proceso geológico. Dentro de la Unidad Operativa Chungar, está ubicada la Mina Animón que es un yacimiento polimetálico de Zinc, Plomo, y Cobre, de propiedad de Empresa Administradora Chungar S.A.C, y se encuentra ubicada en el flanco oriental de la cordillera occidental de los Andes Peruanos, políticamente se ubica en el Distrito de Huayllay, Provincia y Departamento Pasco a una altitud de 4,600 m.s.n.m. En el yacimiento de Mina Animón, que es un depósito hidrotermal de origen filoniano el caso Bre-X en 1997, crean códigos y normas internacionales, como NI-43-103 del Canadá, el JORC (“Joint Ore Reserves Committee”) de Australasia, El control y aseguramiento de la calidad QA/QC tiene el objetivo de asegurar la integridad de la información, (asegurar que los resultados del muestreo sean de alta calidad y confiabilidad) y en última instancia garantizar que los datos generados sean de naturaleza y estándares tales que permitan su utilización en estimaciones del recursos y reservas, control de leyes, reconciliaciones, a través de la excelencia operativa. La calidad de estimación de recursos y reservas, depende de factores geológicos, muestreo primario, muestreo secundario (preparación y análisis), interpretación geológica, factores de densidad, el control y aseguramiento de la calidad del proceso geológico, registro de datos, validación de datos y métodos de procesamiento de datos, entonces el control y aseguramiento de la calidad, nos ayuda a verificar y a optimizar la calidad de información, de esta manera se evita sobreestimar los recursos. Volcán Compañía

Minera cuenta con procedimientos y protocolos de control y aseguramiento de la calidad QA/QC, que hacen posible validar la estimación de recursos y reservas.

Ramírez B. (2017), la tesis sustentada “estudio geológico y mineralización del UP Carahuacra proyecto de exploración y estimación de recursos de la veta Mary Nv 1020” se detalló la UP Mina Carahuacra UEA Yauli, de Volcán Compañía Minera SAA. Y está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, en el centro del Perú. El yacimiento de Carahuacra se encuentra en flanco W del anticlinal de Chumpe, dentro de la formación Paria, Las intrusiones ocurridas son las que han traído las soluciones mineralizantes en las que opera la Mina Carahuacra. Dentro de los procesos de minado, está la explotación subterránea las cuales disminuyen las reservas minerales del yacimiento, Objetivo: lo que debe ser repuesto e incrementado mediante los estudios y trabajos de proyectos de exploración con laboreos de avances horizontales (galerías) y sondajes diamantinos a las diferentes estructuras del yacimiento, en el presente caso hacia veta Mary, Metodología de Trabajo: Empleando planos aplicando control de calidad QA/QC supervisando los procesos de Muestreo Primario, Muestreo Secundario. El Muestreo diamantino. Conclusiones: se logró sustentar las reservas que se postulaba con relación a todo el proceso estudiado.

Ancalle Q. (2020), en su tesis “Logueo geológico muestreo y QA/QC en perforación diamantina proyecto Puite Colorada en el departamento de Moquegua de la compañía minera Zahena S.A.C.”, ubicado en el distrito el Algarrobal, provincia de Ilo, departamento de Moquegua, realizado en la empresa Minera Zahena S.A.C con precisión la información primaria original y eso garantiza la calidad de la información geológica, geoquímica, geotécnica y topográfica

almacenada. Desarrollo de QA/QC en muestreo, gravedad específica y base datos. resultados de las perforaciones realizadas no refleja ningún tipo de yacimiento; con respecto al programa de control y aseguramiento de la calidad QA/QC, en esta etapa de exploración. Estas son algunas del objetivo de encontrar depósitos que serían fundamentales para el desarrollo sostenible.

Apaza P. (2020), en su investigación “Control de calidad (QA/QC) de los cuerpos catas contacto sur medio y mascota unidad minera Yauricocha”, el área de investigación se encuentra ubicada en el distrito de Alis, Provincia de Yauyos, Departamento y Región de Lima, El muestreo en interior mina aplicando los protocolos de muestreo y QA/QC, ha permitido mitigar los errores aleatorios y sistemáticos, esto también ha llevado a optimizar los procesos analíticos, que han permitido mejorar y optimizar los ensayos de laboratorio y que sirvieron para obtener el cálculo de recursos y reservas del yacimiento, siendo el muestreo representativo y efectuando un buen control de calidad QA/QC, se obtiene una buena precisión del muestreo y análisis respectivo, los estándares de control de calidad se aplicaron para monitorear la exactitud del análisis y detectar las parcialidades analíticas.

Valdivia F. (2017), en su trabajo de investigación “Estudio geológico y control de calidad (QA/QC) en la unidad minera Arcata, la mineralización de mena del horizonte de metales preciosos y básicos muestra un intervalo vertical de aproximadamente 300 m, empieza en cota 4600 a 4450 m.s.n.m., y una extensión lateral de 1,500 a 2,500 m. El muestreo en interior mina aplicando el QA/QC les permite avalar la mitigación de los errores aleatorios logrado optimizar los procesos analíticos, un buen ensayo de laboratorio y que sirvieron para obtener el cálculo de recursos y de reservas del yacimiento, logrando efectuar

un buen control de calidad o QA/QC para obtener una precisión del muestreo y análisis respectivo, siendo el muestreo representativo, los estándares de control de calidad se aplicaron para monitorear la exactitud del análisis y detectar las parcialidades analíticas (págs.. 20 – 45).

2.1.3. Locales

Valdivia P. (2017), en su tesis de grado sustentó el proyecto de investigación “Reinterpretación geológica, perforación diamantina y cubicación de recursos minerales en el cuerpo Eliana, unidad minera San Rafael – Minsur s.a., Melgar, Puno”, en el yacimiento estannífero de San Rafael, ubicado políticamente en el distrito de Antauta, perteneciente a la provincia de Melgar, departamento de Puno. Trata básicamente sobre la reinterpretación geológica, perforación diamantina y cubicación de recursos minerales de estaño del cuerpo integración de toda la información disponible (mapeos geológicos de niveles, taladros, muestreo de canales, etc.), en trabajo se postula la existencia de un cuerpo mineralizado en el bloque techo de la veta San Rafael debido a la conjunción de vetas, vetillas y venillas mineralizadas de casiterita con fuerte alteración clorítica. Estas estructuras bloquen techo de la veta San Rafael, resultado del relleno de fracturas tensionales de bajo buzamiento que se desarrollan entre las vetas San Rafael y Vicente. La existencia de información de taladros antiguos y labores mineras limitadas para la óptima definición potencialmente económica, nos hace plantear una campaña de perforación diamantina orientada al reconocimiento y delimitación del supuesto cuerpo mineral, para la posterior cubicación de recursos minerales.

Jorge R. (2019), el presente trabajo de investigación “Incremento de

recursos minerales con perforación diamantina entre las cotas 4250-4375, de veta Rosario-unidad minera san Rafael, Melgar Puno”, se efectuó en la unidad minera San Rafael, propiedad de Minsur S.A; ubicada políticamente en el departamento de Puno, provincia de Melgar, en el distrito de Antauta; perteneciente a la cordillera oriental de los Andes, en el cinturón estannífero Perú-Bolivia-Argentina, en el nevado San Bartolomé de Quenamari. Tiene como objetivo determinar e Interpretar las características geológicas y geoeconómicas de la veta Rosario; con perforación diamantina entre las cotas 4250-4375 y contribuir en el incremento del recurso mineral en la veta Rosario. Los métodos de investigación realizados para el cumplimiento de nuestros objetivos fueron: mapeos geológicos, perforación diamantina, logueo geológico de cores, muestreo de cores y de labores subterráneos, análisis de muestras obtenidas (cores y de canales) y estimación geoestadística de recursos minerales. La veta Rosario se encuentra emplazado en un stock Monzogranito peraluminoso En el muestreo geológico se obtuvo 285 muestras de Cores y 173 muestras de canales de labores subterráneas, los que sirvieron para realizar una estimación geoestadística. Con los trabajos realizados se demostró el incremento de recursos minerales de 37,523 TM con potencia promedio 2.25m y ley de 4.66%Sn de la veta Rosario.

Macedo C. (2018), la tesis sustentada “Características geológicas e incremento de recursos de veta Vicente centro piso, mina san Rafael, Melgar - Puno”, la Unidad Minera San Rafael, de propiedad de Minsur S.A., se encuentra ubicada en el Departamento de Puno, Provincia de Melgar, Distrito de Antauta, en el nevado Quenamari de la Cordillera de Carabaya, perteneciente a un segmento de la Cordillera Oriental de los Andes, a una altitud de 4,500 m.s.n.m. La Unidad Minera San Rafael, se encuentra entre las grandes provincias estañíferas en el

mundo, dentro del cinturón estañífero Perú – Bolivia – Argentina. Es el yacimiento de origen Hidrotermal de más alta ley en el mundo. Se encuentra emplazada en un intrusivo monzogranito peraluminoso a biotita – cordierita. Presenta facies de grano grueso y facies de grano fino a megacrystales de K., con edad de 24.6 a 24.7 Ma. Actualmente la falta de nuevos yacimientos de estaño a nivel mundial, el precio actual del estaño y la migración de cuerpos a vetas de la mina San Rafael hacen que sea necesario buscar nuevas zonas de exploración ya sea ubicando nuevos targets en zonas más alejadas a la explotación actual, lo que elevaría el costo de mineral; y buscando zonas de recuperación de mineral que anteriormente fueron poco estudiadas por tener valores con menor contenido de ley de estaño, pero con volúmenes significativos, siendo importantes en la actualidad por encontrarse muy cerca a los valores que trata de planta de mineral de unidad minera San Rafael por debajo de 2% de Sn como ley de cabeza. Siendo este el objetivo del presente informe. Objetivo Incrementar Reservas de Mineral de Estaño en la Veta Vicente centropiso Mina San Rafael Conclusiones Incrementar Recursos dentro de la Veta Vicente Centro Piso 250.386 Tm Ley 1.94% Sn el Incremento sirvió para Nueva Zona de Explotación Tipo cuerpo con mayor aporte Tm y Menor Costo La veta Vicente abre un nuevo programa de exploración.

Tito M. (2021), en su tesis “Estimación de recursos mineros por el método geoestadístico del sistema de vetas Vicente en la unidad minera San Rafael-Minsur, Puno” El yacimiento minero San Rafael se ubica en el nevado de Quenamari de la cordillera de Carabaya, políticamente está ubicado en el Distrito de Antauta, Provincia de Melgar, Departamento de Puno, a una altitud de 4.500 m.s.n.m. El objetivo del estudio fue estimar los recursos minerales por el método

geoestadístico del sistema de vetas Vicente, en base a la geología y geoestadística, teniendo en consideración los procedimientos aplicables del código JORC y la norma canadiense NI 43-101. La metodología empleada fue de tipo descriptivo, analítico y propositivo considerando para ello fases o etapas durante la investigación, para la estimación de recursos se hace uso del software de modelamiento y estimación Datamine. La data empleada consta de: perforación diamantina y canales de muestreo; para la interpretación geológica y posterior el sólido 3-D, se contó con información de planos geológicos y de muestreo. El interpolador geoestadístico el kriging sesgos 2,444,444Tn con una ley de 2.34%Sn, recursos indicados 1,311,827Tn ley de 0.96%Sn y recursos inferidos 350,869Tn con una ley de 0.51%Sn.

Condori C.C.V. (2021), en este Informe se evalúan los procedimientos para el CC que la unidad minera San Rafael, ha llevado a cabo durante el periodo de enero a Julio 2021, con el fin de evaluar las diferentes fases y la efectividad de los procedimientos empleados durante la ejecución de las labores de perforación, muestreo, preparación y análisis de estos. La metodología empleada para el tratamiento y evaluación de las muestras de control se alinean a los procedimientos desarrollados por AMEC, así como otros procedimientos estadísticos o estándares que regularmente se utilizan en esta industria. La precisión es evaluada por el Método Hiperbólico (Simón, 2004), la exactitud por medio del método Reducción al Eje Mayor (RMA) y también con los Control Charts, con algunos parámetros incluidos.

2.2. Bases Teóricas - Científicas

2.2.1. Evaluación del Control de Calidad

El control de la calidad y el aseguramiento (AC y CC), también conocidos

como QA/QC por sus iniciales en inglés, son dos componentes de primera importancia de cualquier sistema de manejo de la calidad. ISO (1994) define el aseguramiento de la calidad como “La agrupación de acciones planificadas y sistemáticas que se requieran para avalar que el producto, proceso o servicio podrán satisfacer los requerimientos estipulados de calidad”. Por otra parte, también establece al control de calidad como “Las técnicas y actividades operacionales realmente que se utilicen para satisfacer las necesidades de la calidad ". (Simón. A, 2012)

El programa de AC de la exploración geológica usualmente consiste en protocolos escritos que describen al menos los procedimientos de muestreo, preparación y análisis de muestras, y también incluye el protocolo de control de calidad (CC) (Shaw, 2009). Por su parte, el CC consiste en el desempeño de la calidad, o “el sistema de actividades dedicadas a verificar si las actividades de control de calidad son efectivas” (Van Reeuwijk, 1998). Mientras que el AC tiene como fin la prevención de problemas, el propósito del CC es detectarlos, en la eventualidad de que ocurran, evaluando su amplitud, y tomar medidas apropiadas para minimizar sus efectos. El CC en la exploración geológica se enfoca principalmente en la evaluación de la precisión, la exactitud y la contaminación en los diferentes pasos del proceso de muestreo- preparación-análisis. (Jorc, 2012)

2.2.2. Evaluación de la Precisión

Precisión

Es la habilidad de la repetición en forma consistente los resultados de una medición que ocurran en condiciones similares. Refiriéndose de forma estadística, la precisión se encuentra vinculada con la varianza de error y/o

error relativo, pero que servirá como base para determinar a la precisión como una magnitud cuantitativa. En relación a la práctica la precisión se podrá medir con los duplicados, como: (Simón. A, 2012)

- En la recolección de la muestra se evalúa con la muestra Gemela.
- En la preparación se evalúa con los duplicados gruesos
- En el análisis se hace a través de duplicados finos o de pulpa.

Otra manera de evaluar la precisión, es mediante el reanálisis de los materiales recolectados de las muestras de rechazo grueso. La diferencia con los duplicados “originales” es que el análisis se realiza en otro lote y es de práctica común para validar información cuando se ha tenido un error relativo alto. (Jorc, 2012).

Con el objeto de tener en cuenta el efecto de distorsión provocado por la baja precisión comúnmente presente en los niveles cercanos al límite de detección, AMEC ha desarrollado el método hiperbólico (Simón. A, 2012). Este método incluye el cálculo del error relativo (ER) como el valor absoluto de la diferencia entre los valores del original y del duplicado, dividido por el promedio entre los dos valores, según la ecuación (1):

$$ER = \frac{2|V_o - V_d|}{(V_o + V_d)} \quad (1)$$

Dónde: V_o = Valor Original

V_d = Valor Duplicado

Donde o_i es el valor de la muestra original y d_i es el valor de la muestra duplicada. Seguidamente, se evalúa cada par de muestras o_i y d_i mediante la ecuación cuadrática de una hipérbola según la ecuación (2): (Simón. A, 2012)

$$y^2 = m^2 x^2 + b^2 \quad (2)$$

- Para $x, y \geq 0$, donde y es $\max [o_i, d_i]$, x es $\min [o_i, d_i]$, m es la pendiente de la asíntota, y b el valor del intercepto. La hipérbola definida Muestras Gemelas
 - Duplicados Gruesos $ER=30\% (m=1.35)$.
 - Duplicados Finos $ER=20\% (m=1.22)$.
 - Duplicados Finos $ER=10\% (m=1.11)$.

de este modo es considerada como el límite de aceptación de los pares de duplicados en un gráfico Máximo versus Mínimo (Max-Min). Finalmente, se calcula la tasa de errores (TE), como la relación entre el número de pares fallidos (aquellos que caen fuera del área delimitada por la hipérbola y la línea $y=x$), y el número total de muestras. Una tasa de errores máxima de 10% es convencionalmente considerada como aceptable para los tres tipos de duplicados. (Simón. A, 2012)

Inicialmente se debe determinar el límite práctico de detección (LPD) a partir de los resultados de los duplicados de pulpa disponibles. El LPD corresponde al valor por debajo del cual el ER supera de modo consistente el umbral de 100%. (Masson B. Kerr2000) (Simón. A, 2012)

AMEC recomienda procesar los resultados de las muestras gemelas y duplicados gruesos y de pulpa por el método hiperbólico para la evaluación de la precisión de muestreo, submuestreo y analítica, respectivamente. El parámetro m toma los siguientes valores: para las muestras gemelas, 1.35, correspondiente a un ER límite de 30%; para los duplicados gruesos, 1.22, correspondiente a un ER límite de 20%; y para los duplicados de pulpa, 1.11, correspondiente a un ER límite de 10%. Al parámetro b se le asigna un valor

equivalente a diez, cinco o tres veces el LPD decada elemento, respectivamente (en el caso del oro, el LPD se multiplica por 20, 10 y 5, respectivamente). (Simón. A, 2012)

2.2.3. Evaluación de la Exactitud

Es aquella proximidad en promedio sobre una medición de un valor real o aceptado como un valor “verdadero”. Refiriéndose de forma estadística, la exactitud mantiene relación con la media, la cual debe de ser insesgada, quiere decir sin alguna desviación sistemática. (Simón. A, 2012)

La exactitud se puede medir con los estándares, de esta forma se podrá mantener monitoreado al comportamiento del laboratorio de análisis. Por lo cual se utilizan los estándares para cada elemento de interés en un proyecto u operación minera. (Simón. A, 2012)

Otro modo de evaluar la exactitud es a través de muestras de chequeo que son las muestras tomadas de las pulpas para hacer un reanálisis en un laboratorio externo.

Para explicar los términos de exactitud y precisión se suele usar una analogía referida a los blancos de disparo, ver figura. (Simón. A, 2012)

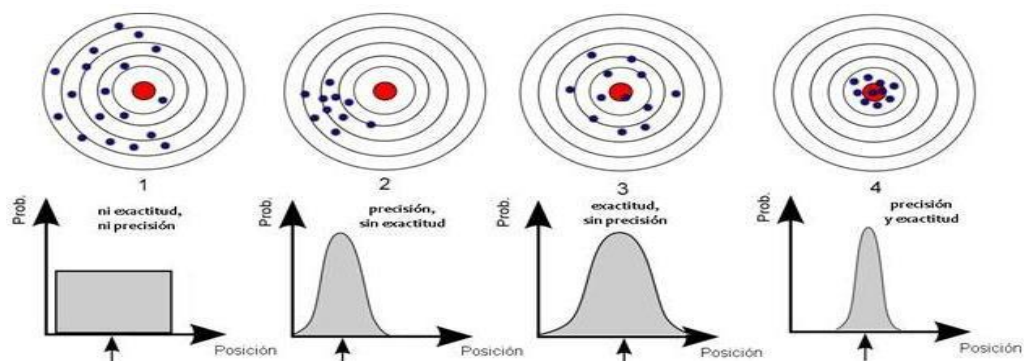


Figura N°. 1. Exactitud VS precisión.

Nota: Comparación entre Precisión y Exactitud, Copyright 2012 Por Simón, A

2.2.4. Materiales de Referencia

El método más eficiente y comúnmente usado para evaluar la exactitud es insertar materiales de referencia (MR) en los lotes analíticos. Al procesar los datos de los MRs, comúnmente se preparan gráficos de control. El propósito de estos gráficos, como lo indica su nombre, es determinar si los valores resultantes de la prueba están o no en control. Los MRs se usan en los programas de CC para evaluar la exactitud, y muchos geólogos utilizan el valor certificado y la desviación estándar que aparecen en los certificados de los MRs para establecer límites de control. Sin embargo, la desviación estándar mide la variabilidad, y por tanto la precisión (o más correctamente dicho la imprecisión). La condición de control (o de fuera de control) no se relaciona con la exactitud, sino con la precisión. Por tanto, los gráficos de control son indicados para evaluar precisión, y no exactitud. (Simón. A, 2012)

(Simón. A, 2012) Por otra parte, la propia definición original de los gráficos de control establece que los límites de control deben ser ajustados al proceso al que se refieren.

Utilizar el valor certificado y la desviación estándar de una prueba interlaboratorios (round robin) para definir límites de control de otro proceso es estadísticamente incongruente. (Simón. A, 2012)

Los gráficos de control se deben usar para determinar cuáles valores de los MRs obtenidos en el laboratorio durante el análisis de los lotes ordinarios son suficientemente precisos para ser utilizados en la evaluación de la exactitud. Los límites de control ajustados a ese proceso deben ser calculados sobre la base de la media y la desviación estándar resultantes del proceso evaluado, en este caso el análisis de los lotes ordinarios en el laboratorio. Sólo después de realizar esa

evaluación se puede estimar la magnitud y el sentido del posible sesgo de los análisis producidos por el laboratorio. Ese es, en última instancia, el propósito final de la evaluación de la exactitud. No habrá una evaluación de la exactitud si no se determina el valor de dicho sesgo durante el período evaluado. Tales límites de control ajustados a proceso también serán dependientes del tiempo. (Simón. A, 2012)

Los valores fuera de control reflejan la ocurrencia de problemas que siempre deben ser investigados, pero la forma de solucionarlos dependerá de su naturaleza. Un modo práctico de determinar la posible causa de un valor fuera de control de un MR es solicitar al laboratorio la repetición de este MR y de algunas muestras adyacentes. Si como resultado de la repetición se observa algún patrón claro y significativo de sesgo, se puede asumir que todo el lote (o la porción del lote entre dos MRs sucesivos) había sido afectado por ese sesgo, y que por tanto todo el lote (o la porción mencionada) debe ser repetido. (Simón. A, 2012)

Por el contrario, si la repetición no muestra claras indicaciones de sesgo, o si las diferencias entre los valores originales y las repeticiones no son significativas, se puede asumir que el valor fuera de control fue originado por problemas aislados de precisión. En ese caso, es innecesario solicitar al laboratorio la repetición de todo el lote.

Para monitorear la exactitud, AMEC recomienda preparar inicialmente gráficos de control utilizando los resultados obtenidos para cada MR durante el período evaluado, con el objetivo de identificar eventuales muestras fuera de control.

AMEC evalúa la exactitud a través del sesgo calculado para cada material de referencia y elemento mediante la fórmula 3: (Simón. A, 2012)

$$\text{Sesgo (\%)} = (PReo / MV) - 1 \quad (3)$$

Donde $PReo$ representa el promedio de los análisis del MR reportados por en el período, calculado tras excluir los valores fuera de control, y MV es el valor certificado del MR. El sesgo es comúnmente calificado según los siguientes rangos: bueno, entre:

-5% y +5%; cuestionable, entre -5% y -10%, o entre +5 y +10%; inaceptable, bajo - 10% o sobre 10%. (Simón. A, 2012)

Adicionalmente, se calcula el coeficiente de variación (CV) realmente obtenido en el período, antes de excluir los valores fuera de control. Un valor del CV que no exceda el 5% es indicador de una buena precisión analítica. (Simón. A, 2012)

Una vez procesados los datos de todos los MRs utilizados, AMEC recomienda estimar el sesgo global para cada elemento mediante gráficos de exactitud, en los que los valores medios de cada MR son ploteados contra los correspondientes valores certificados. La pendiente m de la línea de regresión resultante es utilizada para calcular el sesgo global según la ecuación (4): (Simón. A, 2012)

$$\text{Sesgo Global (\%)} = m - 1 \quad (4)$$

2.2.5. Muestras de Control Externo

Otro método frecuentemente utilizado de modo complementario para evaluar la exactitud de un laboratorio es el envío a un laboratorio secundario de duplicados de pulpa previamente analizados en el laboratorio primario. Cuando se emplea este procedimiento, se recomienda que se inserten otras muestras de

control (duplicados de pulpa, MRs y blancos finos) en el lote de control externo. (Simón. A, 2012)

Para evaluar las muestras de control externo, AMEC recomienda que se preparen gráficos de Eje Mayor Reducido (RMA por sus iniciales en inglés; Sinclair, 1999, referido por Long, 2005). El método RMA proporciona un ajuste sesgado para dos conjuntos formados por pares de valores de (muestras originales y duplicadas) que se consideran independientes uno de otro. En esta situación, primero se calcula el coeficiente de determinación R^2 entre los dos laboratorios, que mide la bondad del ajuste, y luego el sesgo del laboratorio primario con relación al laboratorio secundario se determina como sigue: (Simón. A, 2012)

$Sesgo (\%) = 1 - RMAS$, donde $RMAS$ es la pendiente de la línea de regresión RMA del laboratorio secundario con relación al laboratorio primario para el elemento respectivo. En el anexo C se presenta una descripción del método RMA. (Simón. A, 2012)

2.2.6. Evaluación de la Contaminación

Es aquella transferencia de material de un medio circundante a la muestra; esta situación se puede ocurrir en todo el procedimiento del muestreo, siendo posible que cierta porción de un material sólido o en solución llegue a ser retenida de forma accidental en un equipo o herramienta de muestreo, por lo cual termine contaminando la muestra que quiere ser obtenida. La contaminación se analiza por medio de los blancos. Y considerándose la producción a un nivel significativo de contaminación de un componente, cuando los resultados de las muestras tipo “blancos” arrojan valores que exceden el margen permitido. (Simón. A, 2012)

AMEC recomienda evaluar la contaminación durante la preparación y el

análisis a través de gráficos en los que se plotea el valor de los blancos gruesos y finos, respectivamente, contra el valor de las muestras precedentes. Se establecen límites de posible contaminación en los niveles de cinco y tres veces el LPD, respectivamente, y se calcula en cada caso la tasa de contaminación aparente (TCA) de cada elemento como la relación porcentual entre el número de blancos aparentemente contaminados y el número total de blancos. (Simón. A, 2012)

La regresión lineal de los puntos ploteados en el gráfico de Blanco versus Muestra Precedente permite evidenciar si existe una tendencia de contaminación clara de los blancos en la medida en que las muestras precedentes tienen leyes más altas. AMEC considera que no existe contaminación significativa si la TCA no excede el valor de 2%, aunque para algunos elementos en los que la precisión de los análisis permite llegar a límites de detección extremadamente bajos, como el cobre, la TCA puede alcanzar valores superiores sin que eso implique necesariamente la existencia de contaminación significativa. (Simón. A, 2012)

2.2.7. Errores en el Proceso de Muestreo

El análisis del control de calidad se realiza en base a resultados de ensayos químicos; los que se plasman en diagramas de dispersión; para este análisis es importante considerar las siguientes definiciones: (Simón. A, 2012)

Error Relativo: también denominado error accidental, es aquel error inevitable que se produce por eventos únicos durante el proceso de muestreo. (Simón. A, 2012)

Error Aleatorio: Es aquel que se produce de igual modo en todas las mediciones que se realizan en el proceso de muestreo; puede estar relacionado al método de recolección de la muestra, un defecto de origen, diseños inadecuados de los

instrumentos o equipos utilizados, el método de análisis; también a la actividad o particularidades del personal. (Simón. A, 2012)

Para estudiar los errores tanto sistemáticos como aleatorios es importante clasificarlos usando la teoría de muestreo basada en los principios de Pierre Gy, el cual provee una manera secuencial para hacer el seguimiento, y evaluar las fuentes de error para poder minimizar su efecto en el proceso de muestreo. (Simón. A, 2012)

Los errores más importantes en el proceso de muestreo se producen en la toma o recolección, durante la preparación y en el análisis de las muestras. También se adicionan errores por fallas humanas, los cuales pueden ser; cruces de muestras, malas prácticas en la recolección, preparación y análisis de las muestras, en algunos casos se adiciona errores intencionales como el fraude y sabotaje. Para identificar y estudiar los errores, se han establecido algunos controles como realizar duplicados, pasar blancos, insertar estándares entre otros. (Simón. A, 2012)

2.2.8. Errores en la Recolección de la Muestra

Se trata de los errores relacionados a las características propias del mineral la toma de la muestra o muestreo. (Simón. A, 2012)

Heterogeneidad

Esta referido a las variaciones de constitución como forma, tamaño, densidad, composición mineralógica, química y otras propiedades físicas y la distribución de los componentes del lote o población. La Heterogeneidad es fuente principal del error fundamental y de la segregación. (Simón. A, 2012)

Error fundamental del muestreo

Se considera así al error propio de la constitución de la muestra, es decir la propiedad intrínseca del material. Es por ello, que este error no podrá ser eliminado o reducido; el mezclado u homogenizado no reduce este error; no obstante, para un estado dado de conminación y determinado peso de la muestra, el error fundamental del muestreo es el menor posible. En pequeña escala, la heterogeneidad de constitución de la muestra se le considera como responsable del error fundamental. (Simón. A, 2012)

Error de agrupamiento y segregación

Surge como una consecuencia de la distribución heterogénea del material, por lo cual, este error representa un complemento al error fundamental del muestreo; siendo considerado de un carácter adicional, a causa que en la práctica las muestras no son recolectadas tomándose un fragmento a la vez, sino que se constituyen de varios incrementos. Si bien puede controlarse este error, optimizando el peso de la muestra, es decir aumentando la cantidad de incrementos por muestra. (Simón. A, 2012)

Error del incremento del peso

Se produce a causa que, al recolectarla muestra no todos los incrementos tienen el mismo peso, es decir es un error por parte de la constitución de la muestra. (Simón. A, 2012)

Error de delimitación del incremento

Este error surge cuando no todos los elementos del material en el lote

tienen la misma probabilidad de elección para conformar la muestra (Pierre Gy, 1982; Pitar, 1993); considerándose como una situación común y produciendo en el muestreo de mineral quebrado, cuando solo se coge material de la parte superior de la pila, es decir que la parte inferior de la pila no está representada en la muestra; siendo de esa forma que se genera un sesgo en el muestreo debido a un error de delimitación. (Simón. A, 2012)

Error de extracción del incremento

Es el error en la recuperación de la muestra, ciertamente se encuentra ligado al centro de gravedad del incremento; son causados por sistemas de muestreo selectivos. (Simon.A, 2012) Sucede cuando se incumplen los procedimientos en la fase de recolección de muestras se adicionan errores de naturaleza aleatoria que se deben evitar. Estos pueden ser contaminación, deficiente limpieza del área, recolectar incrementos seleccionando preferentemente los materiales más suaves. Por ello la supervisión continua en los frentes de trabajo, es de suma importancia. (Simón. A, 2012)

2.2.9. Errores en la Preparación

La preparación de las muestras es el previo procedimiento ante el análisis químico de estas; siendo casi imposible secar, chancar, homogenizar, cuartear y pulverizar sin posibilidad de introducir algún error durante el proceso de la preparación de la muestra. En general los errores de preparación se relacionan con la integridad de la muestra y considerándose los siguientes errores: (Simón. A, 2012)

Error por contaminación

Se debe al polvo en el ambiente, material que se encuentre presente en el circuito de muestreo, abrasión de anillos de oro de los técnicos encargados de manipular las muestras, corrosión de los equipos. (Simón. A, 2012)

Error por pérdida de peso

Esta clase de error se produce por pérdida de material, como polvo que queda en las bandejas, chancadoras, ollas de pulverizado, también por la pérdida accidentada de una porción de la muestra. (Simón. A, 2012)

Error por alteración

Se da por alguna composición química, mineralógica y física. Existen errores en la Preparación de Muestras que están relacionados al diseño, construcción, operación y mantenimiento de la Sala de Preparación de Muestras. (Simón. A, 2012).

Errores en el Análisis

Corresponde a los errores que fueron producidos en el laboratorio de análisis; con el avance tecnológico la precisión y la estandarización de los equipos de obtuvieron mejoras sustanciales, no obstante, aún permanece la intervención humana dentro del procedimiento.

La gran cantidad de análisis en minería se refieren a ensayos que se determinen de la ley del mineral; siendo el método con mayor difusión el de digestión por agua regia y la lectura con Absorción Atómica. No obstante, se debe estar atento ante cualquier presencia de algún error, pese a que se puedan

encontrar controlados, aun se pueden suscitar en los análisis tales como: (Simón. A, 2012).

Cruce de muestras

Calibración de equipo

Contaminación digestión incompleta

Por lo cual se establecieron controles como; desarrollar duplicados, pasar blancos, estándares

2.2.10. Muestras de Control

En el proceso de muestreo; es necesario insertar controles que permitan analizar el grado de exactitud, contaminación y precisión de los resultados que se van a utilizar en la estimación de recursos de un yacimiento mineral. Para evaluar el grado de exactitud de un lote se deben insertar: materiales de referencia o estándares y muestras de chequeo para el laboratorio interno o de la operación. La precisión es evaluada en función de los resultados de los duplicados insertados en el proceso de muestreo y preparación. Los blancos contribuyen al monitoreo de la contaminación durante la preparación y análisis de la muestra. (Simón. A, 2012)

2.2.11. Control Granulométrico

De acuerdo a las normas de preparación de muestras, la fracción de partícula en la cual se ha reducido la heterogeneidad es en la malla #10 (2.0 mm) es por ello que el material debe de encontrarse encima del 90%, si en el control no se cumple con lo indicado, entonces se debe de reprocesar el lote, previo ajuste de los equipos de chancado. (Simón. A, 2012)

Asimismo, en el pulverizado se ha establecido que para las pulpas el control granulométrico debe ser en malla -140 al 95%; si en el control no se cumple con lo indicado, entonces se debe reprocesar el lote. Es importante considerar que en esta fracción el material será sometido a la digestión correspondiente, por ello es muy importante cumplir con esta condición por lo menos en un control por lote, pues podría influir en una inadecuada digestión que tiene implicancia en la estimación de la ley de mineral. (Simón. A, 2012)

2.2.12. Control de Peso

El control de pesos en el proceso de conminación es de vital importancia en la medida que puede indicarnos características muy importantes como la cantidad de humedad de la muestra o más grave aún la pérdida de finos y con ello la pérdida de ley de mineral. (Simón. A, 2012)

Los pesos se deben tomar en cada estación de trabajo desde la recepción hasta el pulverizado; de modo que se pueda identificar en que estación de trabajo se pierde mayor cantidad de material; también evalúa al sistema de extracción de polvo del laboratorio. (Simón. A, 2012)

Definiciones de recursos y reservas minerales

MINSUR S.A. adopto una normativa para los Informes de Recursos y Reservas Minerales los principios internacionales que sean referidos por el Joint Ore Reserves Committee (JORC), Australasian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), y Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia.

Estos principios considerados fundamentales son los siguientes: la

transparencia, total entrega de los datos oportunos, e idoneidad del personal evaluador.

Para adecuarnos a la normativa que se encuentra adoptando los hechos requeridos para brindar la confianza en los estimados por medio de la conceptualización de la metodología de cada fase ya la vez sean sustentables, del mismo modo se aplicarán técnicas de verificación y validación que confirme los resultados obtenidos.

En la Figura siguiente se expone la relación secuencial que existe entre los datos de Exploración, reservas y recursos.

La clasificación de los estimados deberá considerar el marco de referencia, de tal forma que se reflejen los diversos niveles de confianza geológica y los variados grados de evaluación técnica y financiera.

En relación se incremente el conocimiento geológico, es posible que los datos de la exploración se consideren suficiente para la estimación como un Recurso Mineral.

Conforme incremente los datos financieros, es posible que parte del total de un Recurso Mineral se convierta en una Reserva Mineral. Las flechas de doble sentido entre los recursos y reservas que se incluyen las modificaciones en ciertos factores podrían hacer que el material estimado se desplace cambiando de categoría a otra.

La importancia relativa de los criterios sugeridos varía conforme cada yacimiento, pero dependerá del ambiente geológico, restricciones técnicas, condiciones legales y normas que existan en el proceso de la evaluación.

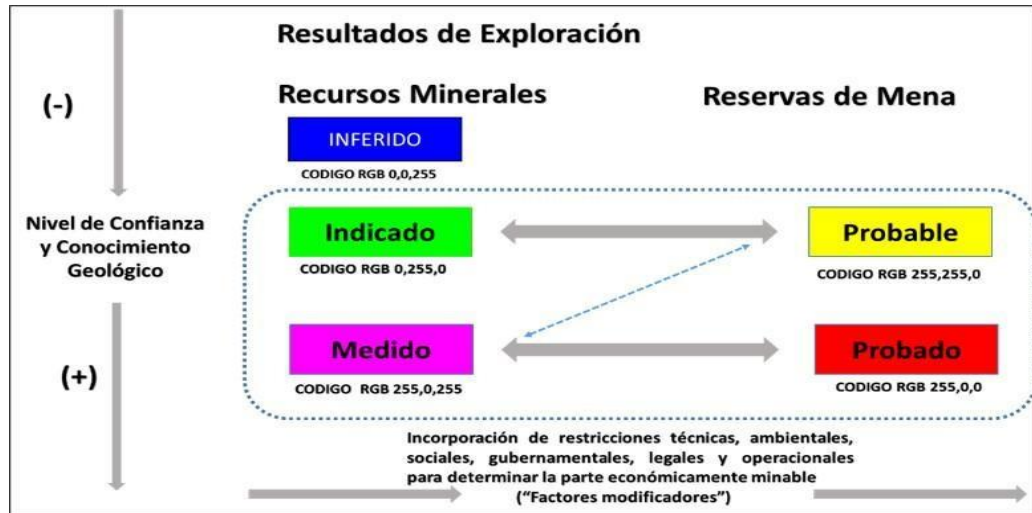


Figura 1. Clasificación y relación entre Recursos y Reservas Minerales Código Jorc

Fuente: Mina San Rafael

El Código JORC es un Código empleado para el Reporte Público, no es considerado como un Código que regule la forma en que el individuo Competente estime los Recursos Minerales o Reservas de Mena.

Los principales conceptos que MINSUR S.A. asume y lo condiciona a continuar se encuentran enunciadas en los párrafos siguientes.

2.2.13. Recursos Minerales

Son aquellas concentraciones de minerales que se deben a una existencia de forma natural en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad tales que la extracción financiera de un producto, en base a la concentración, ya se actualmente o potencialmente factible. La localización, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un *Recurso Mineral son conocidos y se estiman o interpretan* en base a los datos, evidencias y conocimiento geológicos determinados, con alguna contribución de otras disciplinas. (Jorc,

2012). Las declaraciones de los Recursos Minerales, usualmente son documentos de forma dinámica y cambiante que se son afectados por los factores como la tecnología, la infraestructura, los precios de metales y otros factores. Conforme se vayan modificando estos diversos factores, el material puede entrar o salir de la estimación de Recursos.

Las partes de un yacimiento el cual padezca de perspectivas razonables de extracción económica eventual, no deberán de ser incluidas en un Recurso Mineral.

Los Recursos Minerales se encuentran subdivididos, en orden según la confianza geológica creciente en las categorías de Inferido, Indicado y Medido. (Jorc, 2012)

2.2.14. Recurso Mineral Inferido

Es aquella parte de un recurso mineral cuyos tonelaje, leyes y contenido mineral se puedan estimar con un bajo nivel de confianza. Se le infiere o asume de evidencia geológica y/o de leyes asumidas, mas no son verificadas. El estimado se encuentra basado en los datos reunidos por medio de las técnicas oportunas en lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros, la cual podría ser limitado o de calidad - fiabilidad incierta. (Jorc, 2012)

Asumiendo la continuidad geológica y pudiendo o no ser respaldadas por muestras representativas o evidencia geológica. (Jorc, 2012)

La confianza en el estimado no es considerado suficiente como para aplicar parámetros técnicos y financieros, o desarrollar y ejecutar una evaluación financiera de prefactibilidad que merezca ser expuesto al público. (Jorc, 2012).

2.2.15. Recurso mineral indicado

Es la parte de un recurso mineral cuyo tonelaje, densidad, forma, características físicas, leyes y contenido mineral, los cuales se puedan estimar con un nivel de confianza razonable.

El estimado se basa en los datos de la exploración, muestreo y pruebas reunidas con diversas técnicas apropiadas de diferentes lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros. Los lugares se encuentran demasiado o inadecuadamente espaciados como para confirmar una continuidad geológica y de leyes, pero sí lo suficientemente cercanos como para asumirlas. Asumiéndose una continuidad geológica con muestras inadecuadamente espaciadas y que no permitirán confirmar en su totalidad.

La confianza en el estimado a pesar de ser menor que en la situación de los Recursos medidos, es considerada suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y financieros para una posible evaluación de prefactibilidad financiera. (Jorc, 2012)

El estimado se encuentra basado en datos de la exploración, muestreo e información reunido por medio técnicas apropiadas en base a los afloramientos, trincheras, pozos, taladros y pruebas de beneficio. (Jorc, 2012)

2.2.16. Recurso mineral medido

Es la parte de un Recurso Mineral cuyos tonelajes, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral que puedan ser estimados con un alto nivel de confianza. (Jorc, 2012)

El estimado se basa en los datos confiables y detallados de exploración, muestreo y pruebas que se reúnan con diversas técnicas oportunas de ciertos

lugares tales como en las afloramientos, trincheras, piques, beneficios y taladros. (Jorc, 2012)

Los lugares se encuentran separados con proximidad suficiente los cuales confirmen la continuidad geológica y/o la de leyes. (Jorc, 2012)

Se confirma la continuidad geológica por medio del muestreo que se encuentre oportunamente espaciado. (Jorc, 2012). La confianza en el grado de conocimiento de la geología y controles del yacimiento mineral, es suficiente que permita la aplicación oportuna de los parámetros técnicos y financieros que posibiliten una evaluación de viabilidad financiera. (Jorc, 2012)

2.2.17. Reservas Minerales

Es aquella parte legal y financiera que se extrae de un Recurso Mineral Medido o Indicado y en el cual se incluye materiales de dilución y descuentos por las mermas que no se pueden suscitar en el proceso del minado. Además de necesitar efectuar las evaluaciones que puedan abarcar investigaciones de prefactibilidad o factibilidad y considere los elementos del minado, además de un proceso en base a la metalurgia, financiero, mercadeo, legal, ambientales, sociales y políticos que se asumen de manera realista. (Jorc, 2012)

El término *económico* significa que aún no se ha establecido e incluso demostrado de forma analítica una posibilidad sobre la extracción o producción *rentable*, bajo hipótesis definidas de inversión. Las hipótesis deben establecerse de forma coherente, e incluir a los supuestos que se relacionen con los precios y costos que prevalecerán durante la vida del proyecto. La evaluación dinámica de las operaciones se basa en que un cálculo válido se efectuó en un momento determinado, pudiendo cambiarse de forma significativa cuando se disponga de

nuevos datos. (Jorc, 2012)

El término *legalmente* implica la nulidad de cualquier incertidumbre o duda en lo relacionado a los permisos que se requieran para el proceso del minado y el procesamiento de los minerales, ni tampoco con la resolución de ámbitos legales que se encontraran pendientes. (Jorc, 2012)

Sin embargo, se logra reconocer que las estimaciones de reservas, siendo estas predicciones de lo que pueda suceder en un futuro *tendrán cierto grado de inexactitud*. Reconociéndose además diversos técnicos que puedan ser analizados por la misma información, y estas se consideren interpretaciones y conclusiones discrepantes. La acción de comprobar, en una fecha posterior, que la estimación de una reserva fue inexacta a causa que no se contó con datos suficientes o a que se modificaron las condiciones financieras no significa necesariamente que la estimación se hizo de forma incompetente o fraudulenta. Los datos relacionados con la estimación de reservas deben tener una base sustentable debe hacerse de buena fe. (Jorc, 2012)

En algunas situaciones, las *Reservas Minerales* se encuentran reportadas de forma previa, pero pueden revertirse a *Recursos Minerales*. Su reclasificación no debe aplicarse cuando se prevé que los cambios serán temporales, de corta duración o cuando la Gerencia decide operara corto plazo en forma no económica (Jorc, 2012)

Como caso de ejemplo de estas circunstancias son la caída del precio del producto, la cual se espera su duración de espera sea corta, emergencia temporal en la mina, huelga de transportes, etc. (Jorc, 2012)

Estas se subdividen en orden de confianza de forma creciente en *Reservas Probables* y *Reservas Probadas*. (Jorc, 2012)

2.2.18. Reserva Mineral Probable

Es aquella parte financiera que se extrae de un Recurso Mineral Indicado y la cual en ciertas circunstancias de un Recurso Mineral Medido. Esta Reserva abarca materiales y también los elementos por merma pueden suscitarse en el proceso de la explotación. (Jorc, 2012)

Tiene relación con el desempeño a nivel de una investigación de pre factibilidad o factibilidad con las consideraciones relacionadas a los elementos financieros modificadores; estas evaluaciones comprueban que la extracción se puede justificar de forma razonable a la hora de desarrollar el informe. (Jorc, 2012). Una reserva mineral probable padece de menor confianza que una Reserva mineral probada y su estimado deberá tener una calidad suficientemente para cumplir la función de pilar a decisiones en base a los compromisos mayores de capital y al desarrollo final del yacimiento.No obstante, se necesita mayores datos para la demostración de la continuidad geológica y su ley. (Jorc, 2012)

En algunas situaciones, un Recurso Mineral Medido podrá llegar a consolidarse como una Reserva mineral probable, a causa de la incertidumbre la cual se asocia con los factores modificadores que se deben tomar cuenta. (Jorc, 2012)

Se indica esta relación con una línea punteada (en esta circunstancia no abarca una reducción en el nivel de confianza o conocimiento geológico); en una circunstancia similar, los elementos modificadores deben ser expuestos y explicados de forma fehaciente. (Jorc, 2012)

2.2.19. Reserva Mineral Probada

Es aquella parte financiera que se extrae de un Recurso Mineral Medido

que incorpora a los descuentos por mermas y también a los materiales de dilución en el proceso de la explotación. La aplicación de la categoría de Reserva Mineral Probada esto abarca el más alto grado de confianza en el estimado y se considera la existencia de suficientes datos disponible para comprobar de forma razonable la continuidad geológica y la ley. (Jorc, 2012)

“Se basa en generar modificaciones por factores de minado, metalúrgicos, financieros, legales, ambientales, sociales, políticos y gubernamentales. Estas evaluaciones comprueban que la extracción es oportuna al momento de generar el informe. Usualmente se relaciona al material que se encuentra minando y por el cual existe un plan de mina detallado.” (Jorc, 2012)

Los Recursos Minerales mencionados no tienen posibilidad de convertirse directamente en alguna Reservas Minerales Probadas. (Jorc, 2012).

2.3. Definición de Términos básicos

Muestreo geológico

El muestreo es la única forma de establecer la calidad de las menas. Siendo por medio del muestreo que se analizan las aptitudes físicas, el cual contiene recursos químicos presentes, además de las especificaciones técnicas de las rocas encajonantes y los minerales.

Sesgo

Se considera con ese término a las desviaciones y también a las inconsistencias las cuales se acontecen durante el muestreo la preparación y análisis de la muestra; como en el caso del muestreo con la alteración superficial del afloramiento el cual le añade inconsistencias en la obtención de la muestra,

por lo cual es recomendable limpiar la superficie empleando un cincel; adicional a ello presenta sesgo por contaminación, o por alguna inadecuada recuperación y por también por falencias humanas. (Jorc, 2012)

Blanco

Material estéril o desprovisto de elementos de interés el cual permite medir el grado de contaminación en el proceso de muestreo. (Jorc, 2012)

Duplicado

Es la muestra de control que replica valores similares a la muestra original. (Jorc, 2012)

Error

Diferencia entre el valor obtenido y el valor real debido a agentes externos en el proceso de muestreo. (Jorc, 2012)

LDP

Límite práctico de detección, es un valor numérico utilizado para construir las curvas hiperbólicas que permiten realizar la interpretación de los duplicados, se obtiene utilizando la base de datos de los duplicados finos en un año. (Jorc, 2012).

MRE

Son materiales de referencia certificados utilizados como patrones para comprobar la exactitud del laboratorio primario. (Jorc, 2012)

Muestra Gemela

Llamada también “twin sample”; es una muestra tomada en el mismo lugar y bajo las condiciones en las que se recolectó la muestra primaria. (Jorc,

2012)

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

El muestreo del cuerpo mineralizado Cyndhi contribuye en el incremento de recursos de la Mina San Rafael.

2.4.2. Hipótesis específicas

La precisión y exactitud en los valores de las leyes de muestreo determinan la calidad de las muestras en el cuerpo Cyndhi de la Mina San Rafael.

La contaminación en los valores de las leyes de muestreo no contribuye en la calidad de las muestras en el cuerpo Cyndhi de la Mina San Rafael.

2.5. Identificación de variables

Tabla N° 1.

Identificación de Variables Independientes, Dependientes, Intervinientes.

Variab	Concepto	Indicador
Variab	Medidas sistemáticas para asegurar la calidad y ley del Mineral.	Medidas sistemáticas para asegurar la calidad y ley del Mineral.
Muestreo del Cuerpo mineralizado	Probabilidad de conocer la contribución del cuerpo mineralizado en los Recursos de la Mina San Rafael	Probabilidad de conocer la contribución del cuerpo mineralizado en los Recursos de la Mina San Rafael
Variable Dependiente Incremento de Recursos.	experiencia del trabajador.	experiencia del trabajador.
Variable Intervinientes. Control de Muestras.		
Hipótesis		
Hipótesis "a"	Hipótesis "b"	
1) Variables Independientes Precisión y	1) Variables Independientes Valores.	Contaminación de
	2) Variable Dependiente	Calidad de Muestras.

Exactitud.	3) Variable Intervinientes Preparación de Muestras.
2) Variable Dependiente Calidad de Muestras.	
3) Variable Intervinientes Experiencia del Perforista.	

Nota: Tabla de identificación de variables empleado para sustentar los indicadores de la presente tesis, denominada “Muestreo del cuerpo Mineralizado Cyndhi en el incremento de recursos Minerales Mina San Rafael 2021.”

2.6. Definición Operacional de Variables e indicadores

Tabla N° 2.

Operacionalización de las variables

Variable	Tipo de Variable	Definición	Operacionalización	Indicador	Unidad
Muestreo del Cuerpo Mineralizado	Independientes	Técnica apropiada para obtener pequeña porción de muestra de un volumen Máximo representativa, proporcional, libré de contaminación equiprobable	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ubicación Marcado extracción embolsado de muestras ✓ Dimensiones y cantidades de muestras <ul style="list-style-type: none"> ✓ Espaciamiento ✓ Marcado delimitación de canales 	Precisión exactitud	%
Incremento de Recursos	Dependiente	Obtención de valores para medir Recursos mediante leyes de laboratorio y estimar según el grado de confianza y conocimiento del factor Geológico Recursos Minerales <ul style="list-style-type: none"> ✓ Inferido ✓ Indicado ✓ Medido 	<p>Por el Grado de Confianza Factor Geológico</p> <p>Por la obtención de Valores para medir Recursos mediante leyes de laboratorio</p>	Ley y volumen del mineral	TM



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de la presente investigación es Aplicada con un enfoque cualitativo.

3.2. Nivel de la investigación

Es descriptivo porque con la investigación se busca medir u obtener datos de forma independientes o agrupada en base a las definición o variables de las cuales se trate.

Es aplicativo porque se busca resolver el problema del incremento de recursos en la Mina San Rafael, en el contexto de la calidad del muestreo. (Samuel 2015)

3.3. Métodos de investigación

Para la presente investigación de estudio se utilizará un método Analítico - Sintético, porque en base a los resultados de los datos individuales se llega a una conclusión sobre la calidad de los datos de la información en una forma íntegra.

3.4. Diseño de investigación

El diseño Corresponde a un diseño no experimental de corte transversal (transaccional) – descriptivo, porque se realiza la caracterización de los minerales presentes en el área de estudio.

3.5. Población y muestra

La población de la investigación de las muestras es la totalidad de muestras de la mina San Rafael, de las que se utilizaran las muestras sistemáticas en perforaciones diamantina realizadas desde el mes de enero del 2021.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Los datos para realizar el estudio son proporcionados por la empresa, los reportes de muestreo para realizar la evaluación del control de calidad y realizar las posibles regularizaciones que se pueda efectuar. Instrumentos:

Reporte de muestreo sistemático.

Reporte de muestreo de perforación diamantina.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Técnicas

En esta investigación se usa el Control de Calidad y aseguramiento para determinar la aptitud de las muestras geológicas.

Procedimientos:

Los procedimientos son los usados para determinar los estándares

característicos del aseguramiento y control de calidad.

Instrumentos de Evaluación

Los instrumentos de evaluación son aquellos que se utilizan para evaluar los estándares del control de calidad y sistema de aseguramiento.

3.8. Tratamiento estadístico

En la presente investigación los datos son obtenidos después de realizar el diagnóstico estadístico establecido según AMEC.

La evaluación se desarrolla por medio de la estadística descriptiva, en la cual se obtiene la media, moda, desviación estándar, y otros. Además de las tablas y gráficos que se obtengan en el programa Microsoft Excel, los cuales facilitan la interpretación y análisis de los resultados obtenidos de la investigación.

3.9. Orientación Ética filosófica y epistémica

Si un artículo, revista, investigación es publicado, a esta acción se le considera como unos recursos esenciales para un desarrollo de una red cognoscente, debido a que aporta conocimientos coherentes y respetados según su tipo de investigación. El cual refleje la calidad del trabajo de investigación realizado por el autor, así como el respaldo que le ha brindado la institución. Por lo cual es importante establecer ciertos estándares en relación al comportamiento ético que se espera.

Autoría del artículo: La autoría se limita al autor, o los participantes que intervinieron en la realización y desarrollo de la investigación expuesta.

Originalidad y plagio: Se debe tener seguridad de que lo redactado en el trabajo de investigación sea original, y los autores y partícipes redacten con

originalidad y/o referenciando de forma correcta a fin de evitar un plagio

Acceso y retención de datos: El documento, investigación publicada, debe contar con datos brutos que lo avalen, es decir, esos datos deberán estar listos para posteriormente ser publicados.

Reconocimiento de fuentes: Se debe reconocer la contribución de otras investigaciones referenciadas para el desarrollo del trabajo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

4.1.1. Ubicación

La empresa de MINSUR S.A, es la propietaria de la mina San Rafael, que se encuentra ubicada en el departamento de Puno, provincia de Melgar, distrito de Antauta, en el nevado de Quenamari que pertenece a la Cordillera de Carabaya,

Altitud de 4,500 m.s.n.m. siguientes coordenadas UTM WGS 84: Zona: 19 S Este: 357039 Norte: 8426675



Figura 2. Ubicación de la mina San Rafael

4.1.2. Accesibilidad

A la mina San Rafael, se accede comúnmente por vía aérea desde Lima a Juliaca volandouna hora y media, luego por carretera en un viaje de 265 Km demorando 3 horas.

Tabla N° 3.

Distancia expresada en kilómetros y tiempo de desplazamiento.

Desde	Hasta	Distancia	Tiempo
Lima	Mina San Rafael	1359 km	1:50 Hrs
Lima	Juliaca	1273 km	1.20 Hrs

Nota: Tabla de referencia de desplazamiento para acceder a la Unidad Minera San Rafael.

La segunda es realizar un viaje aéreo directo de Lima hasta el aeródromo San Rafael, siendoel tiempo de vuelo de 2 horas, luego se accede por carretera por 8 Km con un tiempo de 20minutos hasta llegar a la mina.

Tabla N° 4.

Distancia expresada en kilómetros y tiempo de desplazamiento Arequipa - Juliaca

Desde	Hasta	Distancia	Tiempo
Arequipa	Juliaca	270 km	4:30 Hrs
Juliaca	Mina	150 km	2:00 Hrs

4.1.3. Historia, Antecedentes

La explotación del distrito minero San Rafael tiene dos etapas bien definidas: una por cobrey la otra por estaño, en ambas se siguieron métodos tradicionales de prospección y exploración.

Exploración por Cobre

En 1913, una compañía Germano-chilena hizo algunos trabajos mineros al noroeste, en la zona de Umbral. En el año de 1946, Mauricio Hochschild exploró sin éxito los denuncios deGonzáles Polar en Umbral y Patrón, y luego en la veta San Rafael en 1949, descubierta porel Señor Rafael Avendaño en 1947.

En 1950 se formó The Lampa Mining Co. Ltda., la que exploró las propiedades de Gonzáles, quien en 1956 transfirió parte de sus denuncios a Minas Unión S.A. Esta empresa operaba en el otro lado del nevado Quenamari, hizo algunos denuncios en la zona de San Rafael y denunció algunos caducos de Gonzáles.

En 1958, el señor Edgar Vidal compró los denuncios de Minas Unión, hizo otros denuncios y dio en opción la mina Umbral a Lampa. En este año, Gonzáles vendió todas sus propiedades a esta compañía, la que inició trabajos de exploración y desarrollos subterráneos en las vetas San Rafael, Umbral y San Germán, e instaló una planta deflotación de 50 t/d en 1960. En los relaves de cobre se descubrió la casiterita con leyes de 0.6 % a 1 %, con lo que se inició

desde entonces la recuperación de este mineral como subproducto en mesas gravimétricas en una nueva planta de 100 t/d, con una recuperación de 41 %.

En 1966, Lampa vendió sus propiedades, entre ellas la mina San Rafael con 45,700 t y 6.15 % Cu, a la casa Grace y se formó la compañía Minsur S. Ltda. Se construyó otra planta de flotación y de gravimetría de 250 t. En 1969, que fue aumentada a 350 t. Esta compañía trabajó la parte sur de las vetas San Rafael, Vicente, Jorge y Patricia. En 1977, los valores de cobre descendieron a menos de 3 % y la veta San Rafael se debilitó y empobreció en el nivel 533, a lo que se sumaron problemas con el sindicato minero y la comunidad minera. Ante esta situación, la mina San Rafael y otras propiedades de Minsur S. Ltda. Fueron ofrecidas a varias compañías mineras.

La mina Quenamari, vecina de la mina San Rafael y propiedad de Minas Unión, del Ing. Roger Vidal, estuvo también en venta durante esos años como mina de cobre y estaño. Esta mina era la más conocida y publicitada, a diferencia de la mina San Rafael.

Exploración por Estaño

En 1977 se formó Minsur S.A. y se adquirieron las propiedades de Minsur S. Ltda., entre ellas la mina San Rafael con 745,231 TMS con 2.67 % Cu y 1.06% Sn.

Las exploraciones se concentraron en el intrusivo hacia el norte y en profundidad. Hubo la creencia de que la veta estaba mejor formada en las pizarras y que no profundizaba en el intrusivo. En 1978 se compró la mina Quenamari.

En los primeros años de Minsur S.A., los valores de estaño estaban en el orden de 0.8% a 1%. Conforme se avanzaba en el intrusivo y hacia el norte de la

veta San Rafael, los valores de estaño aumentaban a 1.5% y 2%, hasta que en el nivel 600 se encontró un cuerpo de mineral u ore shoot de 20m por 30m, con estaño grueso o botroidal y con valores de hasta 15 %. La exploración siguió en el intrusivo en los niveles inferiores en una veta bien formada con valores de 2% a 3% Sn.

El conocimiento de la paragénesis y de las secuencias de la mineralización, así como los estudios de inclusiones fluidas de la veta San Rafael (Palma, 1981) fueron valiosos para ubicar la mineralización en su etapa correspondiente y para guiar mejor las exploraciones. La observación minuciosa de la mineralogía, las interpretaciones de cocientes metálicos de estaño y cobre (Arenas, 1980b; Petersen, 1988), el conocimiento del zonamiento mineralógico horizontal y vertical, la presencia de clorita en las vetas, la alteración hidrotermal representada por la cloritización de las cajas y la presencia de clorita en las vetas y cuerpos de mineral fueron también guías valiosas para la exploración.

4.1.4 Geomorfología Regional

Para el presente trabajo el aspecto geomorfológico regional se ha tomado de referencia el estudio geológico realizado por el INGEMMET, del cuadrángulo de Macusani hoja 29-V, boletín "A" N°79.

4.1.5 Unidades geomorfológicas.

Relieve cordillerano.

Está conformada por nevados, cerros más altos y picos pronunciados. La glaciación cuaternaria es uno de los agentes que modeló el terreno; en esta unidad geomorfológica aún se observa la acción del hielo sobre la roca, en algunos

lugares se conservan glaciares los cuales forman parte de nevados y están cerca a los 5400m.s.n.m. como el Queroni (5259m.s.n.m.), Toldoqueri (5250m.s.n.m.), Balansani (5354m.s.n.m.), Ravelinas (5200m.s.n.m.), Muro Muruni (5200m.s.n.m.), Vilajota (5098m.s.n.m.), San Francisco (5294m.s.n.m.), San Bartolomé (5250m.s.n.m.), Cerro Jatun Pinguilluni y cerro Pacharalla (5100m.s.n.m.), todos pertenecientes a la Cordillera Oriental (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

Laderas cordilleranas.

Bordea la unidad de relieve cordillerano, forman pendientes moderados, con perfiles asimétricos y disectados por quebradas profundas. Se ubican entre el relieve cordillerano y las peneplanicies andinas, entre 4250-4924m.s.n.m. aproximadamente; la glaciacióncuaternaria modeló el terreno formando cerros de mediana altura. Está compuesta de rocas del paleozoico superior (areniscas, calizas y conglomerados), ubicados en la zona norte de la depresión Ananea-Crucero- Cojata (De la Cruz, Lopez, León, & Lara, 1996).

Peneplanicie andina.

Está unidad presenta superficies planas levemente onduladas y cerros pequeños de baja altura, disectados por ríos sinuosos los que forman pequeñas lagunas y bofedales; producida mayormente por aguas de escorrentía (ríos, arroyos), los que formaron peneplanicies como Calapampa a 4109 m.s.n.m., por donde discurre las aguas del ríocrucero, también en Macusani las pampas Lacca y Ccaluyo a 4380 m.s.n.m aproximadamente; pudiéndose a un observar numerosas lagunas como Quellhuajota, Ñequejota, Parinajota, Chichani,

Condoriquiña, Tocsajota, entre otras. Esta unidad está formada por depósitos aluviales, glaciofluviales de pie de monte y morrénicos. (De la Cruz, Lopez, León, & Lara, 1996).

Lomas.

Está ubicada en los bordes de las peneplanicies. Presenta pequeñas elevaciones de terreno, los perfiles son moderadamente convexos y de bordes redondeados y alargados, son formados por la acción glacial producto del aplanamiento del terreno los que sufrieron erosión y remoción en masa; estas unidades destacan al norte de pampa Calapampa en Huayrapata a 4250 m.s.n.m. aproximadamente, en la zona sur del nevado San Francisco de Quenamari en Cumani a 4350.m.s.n.m. aproximadamente y a los extremos de pampa Ccaluyo en Macusani a 4500m.s.n.m aproximadamente, los que presentan depósitos de pie de monte, depósitos glaciofluviales y morrenas (De la Cruz, Lopez, León, & Lara, 1996).

Colinas intracordilleranas.

Forman colinas altas que se elevan progresivamente de las peneplanicies hasta las zonas más conspicuas de cumbres intracordilleranas, litológicamente está compuesta por rocas del paleozoico superior, conforman el paso de las cumbres intracordilleranas a las áreas más bajas y de relieve suave, están expuestos en el cerro Puma Orcco, Condorquiña estos a 4550

m.s.n.m. aproximadamente, al NO de Carmen en el cerro Arjatira y Cayco a 4750 m.s.n.m. aproximadamente (De la Cruz, Lopez, León, & Lara, 1996).

Cumbres intracordilleranas.

Conforman las partes más saltantes de la Pre-Cordillera de Carabaya. Está constituida por rocas del Paleozoico que sigue una dirección N 60° W aproximadamente, con 12 km de ancho. Presentan una topografía abrupta, con montañas disectadas por ríos profundos como el río Crucero, río Pirhuani, río Condoriri); las montañas de esta unidad tienen altitudes que se aproximan a los 5,000 m.s.n.m. los cerros representativos son: Condorpata (5107m.s.n.m.), Ichumoroco (4718m.s.n.m.), Ccalacruz (4930m.s.n.m.) (De la Cruz, Lopez, León, & Lara, 1996).

Sinclinorio de Putina.

En la hoja de Macusani está ubicado en el extremo suroeste, constituido por colinas y cerros de crestas alargadas los cuales siguen un control estructural, son disectadas por ríos y quebradas en dirección N-S. Se ubican en altitudes entre 4000 y 4800 m.s.n.m., esta unidad tiene una composición litológica de capas rojas, areniscas y calizas, las formaciones que la componen son Muni, Huancane, Ausangate y el grupo Moho (De la Cruz, Lopez, León, & Lara, 1996).

Valles fluviales.

En el cuadrángulo de Macusani, está ubicada al sur de las peneplanicies, con direcciones Norte-Sur, forman una sección transversal en forma de “V” formando cursos inferiores de los ríos, están emplazados en fondos de planos rellenados por depósitos fluviales sueltos como limo, arena, gravas que contienen cantos rodados redondeados y subredondeados; entre los ríos que forman estos tipos de valles podemos mencionar Pichichuane, Viculhine, Pacobamba en

Pampa Calapampa, también los ríos Ajoyani y Antauta y desaguan al río Crucero (De la Cruz, Lopez, León, & Lara, 1996).

Valles glaciares.

En la hoja de Macusani esta unidad predomina en la parte central y nororiental conforman los cursos superiores de los ríos, con una orientación Norte-Sur y Sureste Noroeste. Se ubican en el nexo de los nevados y los cursos medios de los ríos y peneplanicies aluviales, tienen una forma típica de “U” presentan un fondo curvo o casi planar, conformados por depósitos de morrenas y glaciofluviales; estos valles pueden observarse en las nacientes de los ríos Cayconi, Chullumayo, Añucaya, Trapiche, Achasiri, Queyacucho, así como también en los cursos superiores del río Antauta y Pirhuani. (De la Cruz, Lopez, León, & Lara, 1996).

4.1.6. Geología Regional

La geología regional ha sido estudiada por Laubacher (1978) y Kontak (1984). En la región existe una gruesa secuencia marina del Paleozoico Inferior, como las lutitas de la formación San José, de edad Ordoviciano Medio; las lutitas, areniscas y cuarcitas de la formación Sandia, de edad Ordoviciano Superior, y las lutitas intercaladas con cuarcitas del grupo Ananea, del Devónico-Silúrico, que han sufrido los efectos de la tectónica comprensiva herciniana temprana. Rocas del Paleozoico Superior han sufrido los efectos de la tectónica herciniana final, representada por areniscas y lutitas del grupo Ambo, de edad Missisipiana; lutitas y calizas del grupo Tarma, de edad Pensilvaniana, y calizas del grupo Copacabana, de edad Pérmico Inferior. El tectonismo anterior fue seguido por un

levantamiento continental que dio origen a los sedimentos continentales y volcanismo del grupo Mitu, de edad Pérmico Medio a Superior, sobre los cuales se depositaron secuencias calcáreas, arenosas y lutíticas del Cretáceo.

Las rocas paleozoicas de la Cordillera de Carabaya fueron intruidas por rocas peraluminosas de los plutones Limacpampa, Limbani, Aricoma y Coasa, agrupados en el batolito de Coasa, de edad Triásica. Hacia el noroeste se encuentra un Plutón de sienita nefelínica peraluminosas y volcánicos per alcalinos, ambos del Jurásico; así mismo, el complejo San Gabán (Kontak, 1991).

En la depresión de Crucero y en las estribaciones de la Cordillera o precordillera de Carabaya existen rocas ígneas extrusivas e hipabisales del terciario. Las rocas extrusivas comprenden lavas y piroclásticos, basaltos, shoshonitas, riolitas y riolitas del tipo S, además, intrusivos hipabisales peraluminosos emplazados entre los 22Ma y 26Ma, del Oligoceno Superior- Mioceno Inferior. Otro tipo de rocas comprende piroclásticos e hipabisales riolíticos fuertemente peraluminosos con biotita, sillimanita, muscovita, andalucita, turmalina, que fueron emplazados entre 6.5Ma y 17Ma del Mioceno Inferior a Superior (Sandeman, 1997).

Los intrusivos triásicos y terciarios forman parte del dominio magmático del arco interior de la Cordillera oriental, la que ha tenido una evolución diferente al dominio magmático del arco principal de la Cordillera occidental (Clark, 1984).

Para el presente trabajo el aspecto geológico regional se ha tomado de referencia el estudio geológico realizado por el INGEMMET, del cuadrángulo de Macusani hoja 29-V, boletín “A” N°79. A continuación, se describen las unidades litoestratigráficas que yacen en los alrededores del área de estudio, ordenados del más antiguo al más reciente (ver figura N°. 4 y 5).

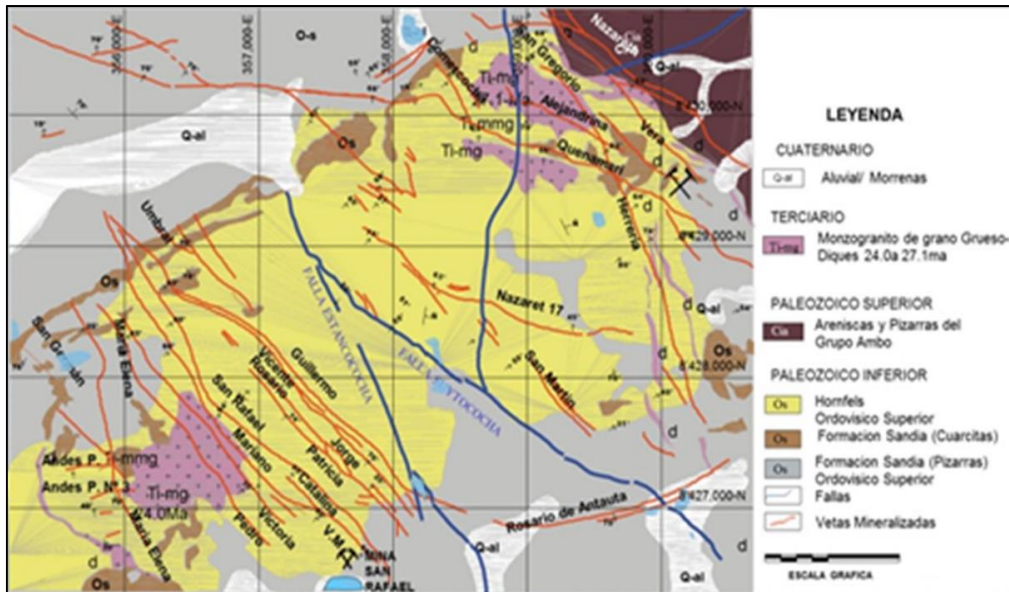


Figura 3. Plano de la Geología Local de la mina San Rafael

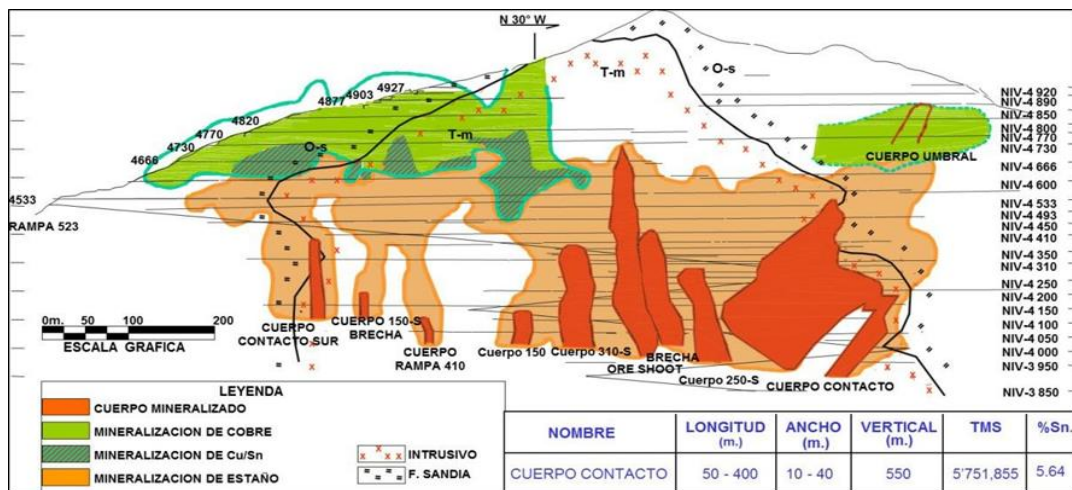


Figura 4. Sección longitudinal de la mina San Rafael

4.1.7. Estratigrafía Regional y Local

Describiendo la estratigrafía de la mina San Rafael puedo mencionar a la

formación Ananea, la cual aflora al NO del nevado San Francisco de Quenamari, esta unidad está compuesta generalmente de limo arcillitas pizarrosas, limolitas pizarrosas con algunas intercalaciones de areniscas cuarzosas, siendo posible encontrar pizarras micáceas de color gris oscuro a negro. Además, se puede encontrar diversos depósitos recientes, rellenando valles, depresiones y planicies.

4.1.8. Formación Ananea (SD-a).

“Es una secuencia gruesa de lutitas negras afectadas con esquistosidad de flujo, finamente estratificadas que afloran en la localidad de Ananea, en la Cordillera Oriental de los andes” (Laubacher, 1978).

En el cuadrángulo de Macusani se ubican al NNW, en la quebrada Huicsamani, Huarachani y al NW del nevado San Francisco de Quenamari. Estos afloramientos presentan una dirección SSE-NNW, tiene una composición de limo arcillitas pizarrosas, limolitas pizarrosas con algunas intercalaciones de areniscas cuarzosas y pizarras micáceas de color gris oscuro a negro. Esta unidad da origen a formas suaves de colinas y cerros bajos. Presentan una marcada foliación paralela a la estratificación, la base de esta formación no se observa, no se puede determinar el grosor de la secuencia, sin embargo por las exposiciones que existen, se infiere que tiene un grosor mayor de 1000 metros, infrayace con una aparente concordancia al Grupo Ambo, los datos paleontológicos reportados y sus relaciones estratigráficas se pueden asignar a la Formación Ananea una edad que va del Silúrico hasta el Devónico (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.9. Grupo Ambo (Ci-a).

En el año 1949 fue descrita como una secuencia de areniscas, lutitas carbonosas en capas delgadas de carbón y a veces tobas, con un grosor

aproximado de 900 m. en los alrededores de la localidad de Ambo, departamento de Huánuco en el centro del Perú (NEWELL, N., CHRONIC, J. Y ROBERTS).

En el cuadrángulo de Macusani tienen una dirección NO-SE generando relieves de formas moderadas a abruptas, se ha diferenciado dos secuencias litológicas. La primera presenta una intercalación de limoarcillitas con areniscas; las limoarcillitas contienen micas y se presentan en capas con más de 1 metro de grosor, las areniscas son de color gris blanquecino a gris, son cuarzosas y presentan alto contenido de moscovita. La secuencia superior se caracteriza por areniscas cuarzosas con niveles de limoarcillitas laminares; las areniscas son de grano fino a medio de colores gris blanquecino a gris, algunas presentan bandas ferruginosas en la que toma un color brunáceo, también presenta láminas de moscovita. La potencia de estos estratos varían de 0.15 a 0.90m, las areniscas presentan estructuras que pertenecen a paleocorrientes, truncadas por capas subhorizontales alineadas lateralmente, se interpreta como de origen fluvial, este grupo no se encuentra una sección completa en el cuadrángulo de Macusani; Sin embargo se ha medido dos secciones en diferentes lugares con 372 y 484 m de grosor, este grupo subrayase al grupo Tarma con un contacto nítido y concordante, la mayoría de la fauna corresponde a una edad del Misisipiano del Carbonífero inferior (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.10. Grupo Tarma (Cs-t).

El nombre fue asignado por DUMBAR y NEWELL, N. D. (1946) en el cerro Aullabamba aproximadamente 4 kilómetros al SW de Tarma.

En el cuadrángulo de Macusani se ubican en la parte central y sur de esta hoja, formando fajas angostas con dirección NW-SE. Está compuesta de abajo hacia arriba por areniscas feldespáticas de colores blanquecinas a verdosas,

con algunas intercalaciones de calizas, el grosor de este grupo es variable y se pueden encontrar de entre 50 a 180 metros. En la localidad de Antauta está constituida por areniscas parcialmente arenosas, con cementocalcáreo de colores rojizo, verde a verde grisáceo, con calizas areniscosas, también areniscas carbonatadas de grano fino de color rojo violáceo, areniscas calcáreas de color crema en capas delgadas, calizas violáceas y areniscas calcáreas verdosas y verdes de grano medio, este Grupo es concordante sobre el Grupo Ambo y subyace al Grupo Copacabana. Se le ha asignado una edad que corresponde al Pensilvaniano perteneciente al Carbonífero superior (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.11. Grupo Copacabana (Pi-c).

DOUGLAS en 1914 describió una secuencia calcáreo-pelítica en Bolivia a orillas del lago Titicaca en la península de Copacabana. Posteriormente KING en 1930 le asignó la edad correspondiente al Pérmico inferior; CABRERA La ROSA & PETERSEN en 1936 le dan la categoría de formación, DUMBAR y NEWELL en 1946 le asignan la categoría de grupo, NEWELL, CHRONIC y ROBERTS en 1953 establecieron cuatro zonas de fusulínidos: *Silvaseptopora*, *Triticites opimus*, *Pseudoschwagerina uddeni* y *Parafusulina* (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

En el Cuadrángulo de Macusani de manera general presentan una dirección NWSE; en las abras de Usicayos y Coasa presentan una dirección NW-SE, en la zona noroeste de la mina San Rafael a 5 km. aproximadamente presenta una dirección NE-SW, en la parte este y noreste de Antauta presenta una dirección NW-SE, Los afloramientos se caracterizan por originar formas abruptas con grandes escarpas verticales; está compuesta litológicamente por calizas en capas

gruesas, de un color claro, el grosor varía desde 70 hasta los 180 metros; sobreyace al Grupo Tarma en forma concordante y subyace al Grupo Mitú en forma discordante, se le asigna la edad del Pensilvaniano (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.12. Grupo Mitú (PsT-mi).

Este grupo fue descrito como una secuencia molásica por (Mc LAUGHLIN, 1924) en Cerro de Pasco en el centro del Perú, y posteriormente (NEWELL, N. et. al, 1949) describe a este grupo en la cordillera oriental a los afloramientos molasicos del Pérmico superior (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

En el cuadrángulo de Macusani aflora formando franjas con una dirección NWSE, originando una topografía escarpada de relieve abrupto, este grupo fue localizado en el sector del río Chullumayo. Está compuesta por dos tipos de litofacies que no pueden separarse debido a la interdigitación entre ambas. La primera unidad es una secuencioclástica constituida por brechas sedimentarias con clastos de calizas micriticas, areniscas arcósicas rojas y areniscas cuarzosas con matriz areniscosa roja en capas de 1.50 m. La segunda unidad pertenece a una litofacies volcánica formada por lavas andesíticas de textura porfírica, con fenos de plagioclasa de hasta 0.03 m de longitud, en una pasta micro a criptocristalina con cantidades menores de feldespatos potásicos, cuarzo, piroxenos y anfíboles, presentan colores rojo violáceo y gris. El grosor de este grupo es de 1000 metros aproximadamente, sobreyace de forma discordante al grupo Copacabana, este grupo se encuentra expuesto en el sector del río Condoriri, río Viscachani, cerro Cancachiri entre otros, la edad del grupo Mitú está

comprendida entre el Pérmico superior y el Triásico inferior (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.13. Grupo Moho (Kis-mo).

Newell, (1949) es una secuencia conformada por areniscas, limoarcillitas y calizas que afloran en los alrededores de la localidad de Moho, en la Norte del lago Titicaca, al SO del cuadrángulo de Macusani los afloramientos de este grupo son restringidas, este grupo está compuesto por tres formaciones: Viluyo, Ayavacas y Hanchipacha (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

- **Formación Viluyo (Ki-vi).**

Esta formación fue descrita por LOPEZ, J. C. (1996), como una secuencia peliosamítica cuyo afloramiento se encuentra en la margen derecha del río Viluyo por la carretera Nuñoa - Macusani (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996)

En la hoja de Macusani los afloramientos está ubicadas en las cabeceras del río Condoriri y en la hacienda Cangalle, presenta una coloración rojiza, tiene un grosor de 126 metros. Esta secuencia sobreyace en concordancia a la formación Huancané e infrayace a la formación Ayavacas, la edad de esta unidad está en el intervalo Albiano-Cenomaniano (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

- **Formación Ayavacas (Kis-ay).**

Estudiada por Cabrera La Rosa y Petersen (1936) en la localidad de Ayavacas en la margen derecha de la carretera Juliaca – Taraco (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

El afloramiento de esta formación está ubicado en el sector SO del

cuadrángulo de Macusani en forma de fajas angostas con rumbo NO-SE, los cuales forman crestas o farallones; litológicamente está constituida por calizas micríticas de colores gris oscuras agris claras, el grosor de esta formación es casi constante y son menores de 20 metros, suprayace concordantemente a la formación Viluyo y subyace también concordante a la formación Hanchipacha. Newell (1949) asignó una edad correspondiente al Cenomaniano inferior (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

- **Formación Hanchipacha (Kis-ha).**

En los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani, Audebaud, E (1967,1973) describe como una secuencia compuesta de limoarcillitas, areniscas y calizas.

En el cuadrángulo de Macusani los afloramientos se ubican en el sector suroeste de la hoja, en la franja Mesozoica, los cuales originan colinas suaves, lomas y crestas. Litológicamente está constituida por areniscas cuarzosas de grano fino a medio de color blanquecino, también de areniscas arcólicas de grano fino de color rojo, formando capas de 0.10 a 0.35 metros; ocasionalmente presentan horizontes de limoarcillitas y lodolitas bien laminadas de color rojo violáceo, esta formación tiene un grosor de 200 metros, subyace a la formación Ayavacas de manera concordante e infrayace a la formación Ausangate también de manera concordante, se le asigna una edad correspondiente al Campaniano – Maastrichtiano (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

- **Formación Ausangate (KsP-au).**

Audebaud, E (1967 y 1973) describe como una secuencia pelito – samítica de color rojo. En el cuadrángulo de Macusani esta formación aflora en el sector

suroeste formando lomas amplias y colinas con laderas de poca pendiente; litológicamente está compuesta por una secuencia de limoarcillitas, limolitas, areniscas arcósicas y lodolitas, las limoarcillitas y limolitas se presentan en mayor cantidad formando capas de hasta 0.20 metros, también se puede encontrar areniscas cuarzosas de grano fino de color blanquecino en capas de 0.10 hasta 0.30 metros de grosor, sobreyace concordante sobre la formación Hanchipacha, se le asigna una edad de entre Campaniano-Maestrichtiano (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

- **Formación Cayconi (PN-ca).**

La formación Cayconi fue estudiada por Laubacher, et. al. (1988), describió una secuencia sedimentaria interestratificada con rocas volcánicas basálticas y sílico peraluminicas. En el estudio del cuadrángulo de Macusani solo se considera la secuencia Volcánica que tiene una composición de basaltos de color gris oscuro los que están cubiertos por tobas riodacíticas blancas, presenta un grosor que va de 100 y 150 metros, se le asigna una edad que va del Oligoceno superior al Mioceno inferior (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.14. Depósitos recientes.

En los alrededores del área de estudios existen diversos depósitos recientes los que podemos mencionar: depósitos morrénicos, depósitos glaciofluviales, depósitos aluviales, y depósitos fluviales.

- **Depósitos morrénicos (Qpl-mo).**

Estos depósitos rellenan valles glaciares antiguos los que están por encima

de los 4,200 metros, están constituidos por brechas de composición variada, presentan clastos que están englobados en una matriz arenosa, la estratificación es muy mala, esta mayormente expuesta en la parte norte de Macusani en el cerro Contaduría, cerro Huayrapata y cerro Huajra Marca (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

- **Depósitos glaciofluviales (Qh-gf).**

Estos depósitos son originados a partir de la erosión y removilización de los depósitos morrénicos causados por la deglaciación, están compuestos por gravas que presentan clastos de hasta 0.50 metros de diámetro, entre redondeados y subredondeados los que están en una matriz arenosa y areno - limosa, estos depósitos son observables en el cerro Huari Umaña, cerro Amaysanca, fundo Ajamani, Pampa Lacca y Pampa Ccaluyo (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

- **Depósitos aluviales (Qh-al).**

Estos depósitos se ubican en los flancos de los valles y quebradas tributarias, también forman superficies subhorizontales, están compuestas por gravas polimicticas en una matriz arenosa, se pueden observar en pampas Calapampa, Patinapampa, y Pacchani (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

- **Depósitos fluviales (Qh-fl).**

Estos depósitos se ubican en los fondos y riberas de los ríos, están constituido por gravas gruesas y finas polimícticas, arenas gruesas y finas, y depósitos limo arcillosos. En el cuadrángulo de Macusani Se localizan a lo largo

del río Antauta y Crucero (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.15. Rocas ígneas.

En el cuadrángulo de Macusani se encuentran dos cuerpos intrusivos del Cenozoico relacionado estrechamente al yacimiento de San Rafael, de composición granodiorítica y monzogranito, el Plutón de San Francisco de Quenamari y el Plutón de Yurac Apacheta.

4.1.15.1. Plutón de San Francisco de Quenamari (Nm-sf/mgr).

Está ubicado a unos 25 km al SE de la localidad de Macusani, constituye el núcleo del nevado San Francisco de Quenamari, presenta una morfología de cono destruido, el que es observable en imágenes satelitales; es un cuerpo intrusivo de forma rectangular con dimensiones de 7 km de largo con 4.5 km de ancho, que representa un área aproximada de más de 10 km², El Plutón es una granodiorita, con facies de monzogranito porfirítico, presenta mega cristales de feldespatos de varios centímetros de longitud en una pasta microgranular alotriomórfica de cuarzo y feldespato potásico; el intrusivo corta a las pizarras de la formación Ananea y a las areniscas del grupo Ambo, los cuales produjeron metamorfismo y dieron origen a rocas de tipo corneanas y cuarcitas; este plutón está asociado al yacimiento estannífero de San Rafael cuya edad fue asignada por Clark et. al. (1984) y Kontak (1985) entre 25.9 - 22.6 Ma., es decir en el límite del Oligoceno - Mioceno (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.15.2. Plutón de Yurac Apacheta (Nm-yu/mgr).

Está ubicado al SE de la hacienda Cangallo a 6 km aproximadamente, en la quebrada Coñicoto, en la margen izquierda del río Crucero, en el límite Sur del cuadrángulo de Macusani. Este cuerpo intrusivo es monzogranito de color gris, con ligero tono parduzco de textura granular hipidiomórfica, presenta megacristales de feldespatos, con alteraciones arcillosas y cloríticas, este Plutón intruye a las calizas del grupo Copacabana y las areniscas del grupo Tarma, las calizas solo presentan silicificación. Según Laubacher (1977) el Plutón pudo haberse emplazado durante el mioceno (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

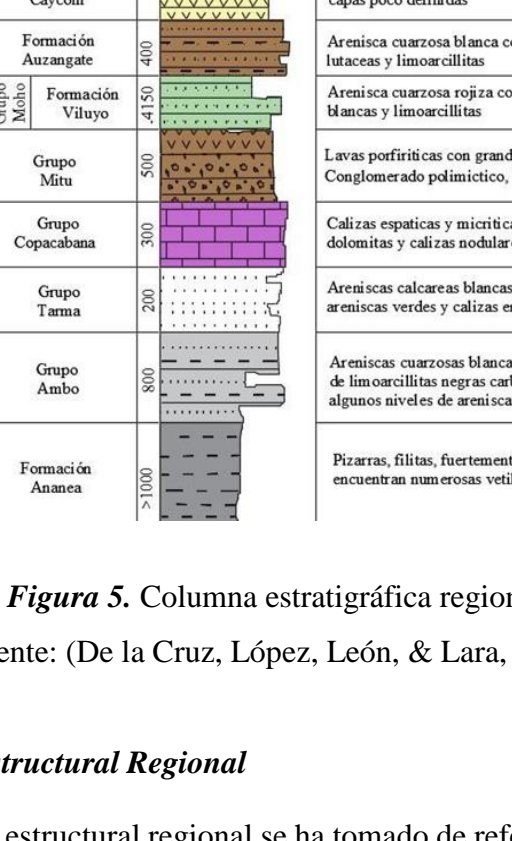
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES	Grosor(m)	COLUMNA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Depositos aluviales			Gravas y arenas de clastos polimícticos
		Pleistoceno	Dep. Glacio Fluviales			Gravas subredondeadas en matriz areno-limosa
			Dep. Morrenicos			Gravas y arenas brechosas en matriz areniscosa
	Oligoceno		Formación Cayconi		Basaltos gris oscuros, muy erosionados en capas poco definidas	
MESOZOICO	Cretácico	Superior	Formación Auzangate	400		Arenisca cuarzosa blanca con intercalaciones de arenisca lutáceas y limoarcillitas
		Inferior	Grupo Moho Formación Viluyo	4150		Arenisca cuarzosa rojiza con niveles de areniscas cuarzosas blancas y limoarcillitas
PALEOZOICO	Permiano	Superior	Grupo Mitu	500		Lavas porfíricas con grandes fenocristales de plagioclasa Conglomerado polimíctico, brechas y areniscas.
		Inferior	Grupo Copacabana	300		Calizas espáticas y micríticas gris clara con niveles de dolomitas y calizas nodulares en la base, niveles fosilíferos
	Carbonífero	Superior	Grupo Tarma	200		Areniscas calcáreas blancas y rojizas con intercalaciones de areniscas verdes y calizas en la base y techo respectivamente.
		Inferior	Grupo Ambo	800		Areniscas cuarzosas blancas y grisáceas con intercalaciones de limoarcillitas negras carbonosas y limoarcillitas violáceas, algunos niveles de areniscas con estratificación sesgada.
Dev.			Formación Ananea		Pizarras, filitas, fuertemente deformadas, se encuentran numerosas vetillas de cuarzo	
Silur.			Formación Ananea	>1000		

Figura 5. Columna estratigráfica regional.

Fuente: (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.16. Geología Estructural Regional

La geología estructural regional se ha tomado de referencia del estudio geológico realizado por el INGEMMET, del cuadrángulo de Macusani hoja 29-

V, boletín “A” N°79; en el que se tiene reconocido cinco zonas estructurales, cada una de ellas poseen características particulares estas zonas corresponden a:

- Bloque de Putina
- Bloque de Quelhua - Gilata
- Bloque de Corani-Macusani
- Bloque de Carabaya
- Depresión de Crucero – Ananea.

4.1.16.1. Bloque de Putina.

También llamado Sinclinorio de Putina, en el cuadrángulo de Macusani se ubica en el extremo SW y SE en forma de una faja continua con dimensiones de 10 km de ancho y 30 km de largo aproximadamente, los que se prolongan a los cuadrángulos de Nuñoa y Azangaro. En este bloque se destaca la deformación de la secuencia sedimentaria Mesozoica; constituida por rocas mayormente plásticas, los límites laterales están conformadas por umbrales de rocas paleozoicas, los pliegues tienen una dirección NW-SE y son de recorrido kilométrico con flancos moderados a amplios e invertidos en algunos casos, los anticlinales son apretados y en el núcleo se encuentra las formaciones Huancané y Muni, los sinclinales son amplios y en algunos casos se encuentran echados y en el núcleo se encuentra la formación Ausangate, las fallas son de tipo transversal con alto ángulo de buzamiento y desplazamientos a lo largo del rumbo. No se observan fallamientos profundos importantes debido a la cobertura (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.16.2. Bloque de Quelhua - Gilata.

Se denomina bloque Quelhua - Gilata a un macizo formado por rocas Paleozoicas.

Es una zona de mayor deformación cuyo sistema de fallamiento posee un rumbo andino (NW-SE), desplazado por fallas transversales que tienen rumbo NE-SW y E-W, el primer sistema presenta fallas normales longitudinales de profundidad, que afectan a la formación Ananea, el segundo sistema es la respuesta del primer sistema de fallamiento, estas fallas son controladas por la litología que presenta el macizo; los grupos Ambo, Tarma, Copacabana y Mitu conformaron un cuerpo rígido debido al grosor de la secuencia, la reactivación de algunas fallas longitudinales en profundidad representan el control estructural más importante para el ascenso de los magmas que dieron lugar a las rocas ígneas cenozoicas que afloran en este bloque. Los pliegues son anticlinales y sinclinales tumbados hacia el W o SW (mayoritariamente) y NE, los flancos son apretados con rumbos de eje NW-SE y NE-SW, lo que indica una superposición de fases tectónicas, de acuerdo a estas características esta zona ha sufrido un acortamiento relativamente considerable durante la tectónica andina (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.16.3. Bloque de Corani-Macusani.

Está ubicada al extremo NW del cuadrángulo de Macusani, constituye la prolongación distal de la zona estructural mayormente

expuesta en los cuadrángulos de Corani y Nuñoa, Este bloque conforma una fosa tectónica limitada por grandes fallas profundas (López J. C., 1966), en su basamento pueden alcanzar a las pizarras de la formación Ananea, sobre la cual descansan el grupo Ambo, Copacabana y Mitu, la fosa estructural está cubierta por rocas piroclásticas (tobas) los que ocultan estructuras preexistentes; se ubica prolongada hacia el Este de la localidad de Macusani, formando una extensa pampa denominada Pampa Ccaluyo cubierta por depósitos fluvioglaciares (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.16.4. Bloque de la cordillera de Carabaya.

Esta zona estructural está ubicada en el sector NE del cuadrángulo de Macusani, formando una franja alargada de 30 Km de ancho y 50 Km de largo, están constituidas por rocas del Paleozoico. Este bloque presenta un sistema de fallas inversas y pliegues echados que afectaron de manera principal al grupo Copacabana, en el abra de Usicayos y Coasaestas estructuras tienen una dirección NW-SE, los que están afectadas por pequeñas fallas transversales de rumbo NE-SO, en el sector de los nevados de Queroni y Vilajota presentan una dirección E-W los que forman parte de la inflexión de Macusani. El buzamiento de las fallas y pliegues están orientados al Este y Norte; en la parte Norte - centro del cuadrángulo de Macusani, las fallas y pliegues presentan un cambio importante en su dirección que vande NW-SE a E-W, predominando las fallas transversales, de manera general este sector del bloque se encuentra fracturada, fallada y plegada

(De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.16.5. Depresión de Crucero – Ananea

Morfológicamente presenta una extensa depresión somera a lo largo del río Crucero, iniciándose en centro poblado Carlos Gutiérrez pasando por la localidad de Crucero hasta Ananea, en ella están ubicadas las pampas: Callacachi, Pacchani, Patanipampa y Calapampa. Estructuralmente esta depresión corresponde a una fosa tectónica afectada por fallas normales hacia sus límites, el basamento debe estar formado rocas paleozoicas plegadas y falladas y sobre ellas presentan flujos piroclásticos que se originaron durante la fase distensiva, posterior al levantamiento de los macizos de rocas paleozoicas se depositaron los sedimentos de pie de monte del grupo Puno en esta depresión (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.17. Fases tectónicas

Las fases tectónicas han sido ordenadas en base a su secuencia, no se tiene evidencia de una verdadera cronología de los distintos acontecimientos, debido al abundante material paleontológico, las diferentes fases presentan ejes con direcciones predominantes NW-SE, en la parte central se alteran esto originado por la imposición de diversa tectónicas pero la Tectónica andina fue la que determino la dirección actual, de acuerdo a su comportamiento y deformación de las unidades litológicas según (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996). Se considera:

- Zócalo plástico, mayormente plegado y con pizarrosidad (formación.

Ananea).

- Un umbral conformado por rocas del Paleozoico superior.
- Zona de amortiguamiento, con plasticidad moderada (grupo. Tarma y grupo Copacabana).
- Una zona competente - incompetente formada por el Bloque de Putina, plegada y replegada por tectónicas de cobertura y superficiales.
- Una zona de amortiguamiento, conformada por rocas del Paleógeno (grupo. Puno y depósitos cuaternarios).

De acuerdo a las relaciones estructurales, estratigráficas y consideraciones realizadas se diferencian las siguientes fases tectónicas:

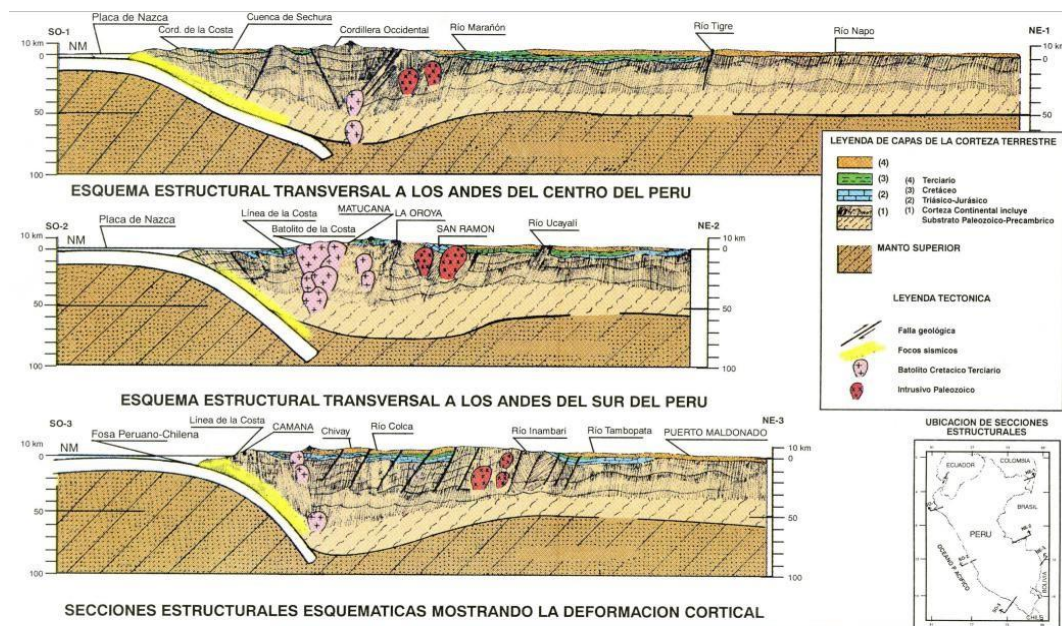


Figura 6. Fases Tectónicas

Fuente: INGEMMET, Cuadrángulo de Macusani hoja 29-V, boletín "A" N°79

4.1.18. Tectónica Hercínica.

Fase eohercínica: Comprende esfuerzos compresivos que ocurrieron aproximadamente a fines del Devoniano y el comienzo del Carbonífero,

Laubacher, G. (1977) y Douglas (1920), reportan evidencias de discordancias angulares existentes en la Cordillera Oriental; en el cuadrángulo de Macusani está representada por la discordancia entre la formación Ananea y el Paleozoico superior el cual no puede ser observada nítidamente (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

Fase tardihercínica: Es una fase compresiva que ocurrió en el Pérmico medio. (265 – 260 m.a.), y se evidencia por la discordancia entre los terrenos que tienen edades Permo - Carbonífero y Permo - Triásico (grupo Mitu), no se tiene reconocido en el centro del Perú, lo que evidencia que este esfuerzo tardihercínico en el SE representa la terminación de una cadena hercínica, el cual presenta una dirección de Norte-Sur desde Argentina, Bolivia, en el cuadrángulo de Macusani se manifiesta en el abra de Usicayos, donde se pueden observar la concordancia de las calizas del grupo Copacabana y un nivel de capas rojas limoarcillas y conglomerados que pertenecen al grupo Mitu. En esta época aparece de manera nítida la diferenciación de los bloques, el bloque Quelhua - Gilata se comporta como un alto estructural y se origina la separación del bloque de Putina, esta diferenciación se presenta como una depresión, el bloque de Carabaya también se diferencia teniendo relación con el emplazamiento del plutón de Coasa (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996)

Fase finihercínica: Esta fase presenta únicamente movimientos epirogenéticos durante el Meso- Jurásico, en el que continúa la diferenciación de los bloques, el bloque Putina se acentúa formando una cuenca en el que posteriormente se depositan las formaciones cretáceas (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

4.1.19. Tectónica Andina.

Fase Peruana: Es una fase compresiva del Finipaleoceno al Eoceno, este plegamiento andino es considerado el más importante el cual individualizó al ciclo andino. Se puede diferenciar claramente por la nítida discordancia que existe entre rocas del Cretácico y el grupo Puno indicado un levantamiento generalizado de toda el área, la ausencia de depósitos del Eoceno y Oligoceno evidencian este levantamiento. En esta fase se origina la depresión de Ananea – Crucero por la reactivación de fallas profundas, el bloque de Carabaya actúa como un umbral y origina plegamientos y fallas inversas, el bloque Quelhua – Gilata conforma las partes más distales del núcleo de la cordillera oriental y en ella se originan plegamientos y fallamientos de orientación NW – SE (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

Fase Incaica: Ocurre a fines del Oligoceno y comienzos del Mioceno con menor intensidad que la peruana, las estructuras son acentuadas y se reactivan aún más las fallas profundas produciéndose una fase distensiva y dando origen a un magmatismo intrusivo y extrusivo como la formación Quenamari y formación Cayconi (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

Fase Quechua: Tiene lugar en el Mioplioceno, el plegamiento es mucho menos intenso, La diferenciación de los diversos bloques se acentúan a un más, en especial la depresión Ananea – Crucero (De la Cruz, López, León, & Lara, 1996).

Levantamiento plio – cuaternario: En el cuadrángulo de Macusani este levantamiento es solamente de carácter epirogenético, con movimientos de ascenso o descenso muy lentos, producidos para compensar un desequilibrio isostático, acompañado por los procesos erosivos y aplanamiento debido a la

glaciación cuaternaria.

4.1.20. Metalogenia

Según el estudio realizado por INGEMMET(2008) el área de estudio corresponde a la Franja Metalogenética XIX del Perú, específicamente a depósitos de Sn-Cu-W, está ubicado al extremo suroeste de la Cordillera Oriental, en la cuenca de Putina, se encuentra limitada por sistemas de fallas NW-SE los que transcurren por Urcos Sicuani-Ayaviri y el sistema de fallas que controlan el sector Este de la cuenca Putina, en la zona de investigación la ocurrencia de la mineralización está estrechamente relacionada con stocks peraluminosos “tipo S”, cuya composición varía de monzogranitos a granodioritas (Kontaky Clark, 2002). Las rocas intrusivas tienen una edad de emplazamiento que están entre el Oligoceno - Mioceno y pertenecen a la extensión de granitoides de la Cordillera Real de Bolivia, los intrusivos cortan a pizarras y cuarcitas que pertenecen al Ordovícico, en esta franja el principal depósito es San Rafael, pero también destacan otros menores como Palca y Santo Domingo, cuya edad de mineralización están entre 25 y 22 Ma.

La Franja Metalogenética XIX del Perú es parte de la franja estannífera Perú Bolivia- Argentina (ver Figura N° 7), En lado boliviano esta franja ocupa más de 1000 km a lo largo de la cordillera oriental, coincidente con la flexura de la cordillera.

También asociados a eventos volcánicos de edades de entre 14 - 25 Ma., en el depósito Cerro Rico de Potosí se registró una edad más joven que el lado peruano aproximándose a 14 Ma (Zartman y Cunningham, 1995).

Esta franja comprende dos episodios específicos: El primer episodio en la

parte norte se caracteriza por un ambiente de rocas plutónicas y la mineralización tiene edad Triásica y el Mioceno, emplazada en sistemas hidrotermales de tipo "greisen", con mineralización penetrativa, en sistemas de vetas bandeadas y emplazadas en el contacto y dentro de los plutones. El segundo episodio se desarrolló durante el Mioceno de un magmatismo de tras- arco, en la cordillera oriental, al este de la cordillera occidental, magmas peraluminosos hicieron erupción desde cámaras magmáticas de pocas profundidades, formando grandes calderas resurgentes y campos volcánicos compuestos los que incluían domos y stocks, que dieron origen a brechas mineralizadas y sistemas de vetas polimetálicas enriquecidas en Sn, Ag, Zn, Bi, W, As, Sb fueron sobreimpuestas a la mineralización de tipo Pórfido estannífero, generando una mineralización con la complejidad característica de estos depósitos subvolcanicos, no se reconoce el origen de los metales, pero se puede postular que fueron aportados probablemente por la corteza continental, enriquecidas durante eventos de reciclaje cortical y por manto superior enriquecido en Sn los que produjeron energía térmica para iniciar la fusión anatectica de la corteza inferior en un ambiente intracontinental (HALLS & SCHNEIDER, 1988).

Los tres yacimientos más importantes:

- **Cerro Rico:** En Bolivia, departamento de Potosí, provincia de Tomas Frías, en el municipio de Potosí, más grande yacimiento de Ag conocido con mayor concentración de Sn en profundidad.
- **Siglo XX:** En Bolivia, departamento de Potosí, provincia de Rafael Bustillo, en el municipio de Lllallagua, el más grande yacimiento de Sn conocido (tonelaje Sn).
- **San Rafael:** En Perú, departamento de Puno, Provincia de Melgar, distrito

de Antauta, yacimientos de más alta ley de Sn conocido.

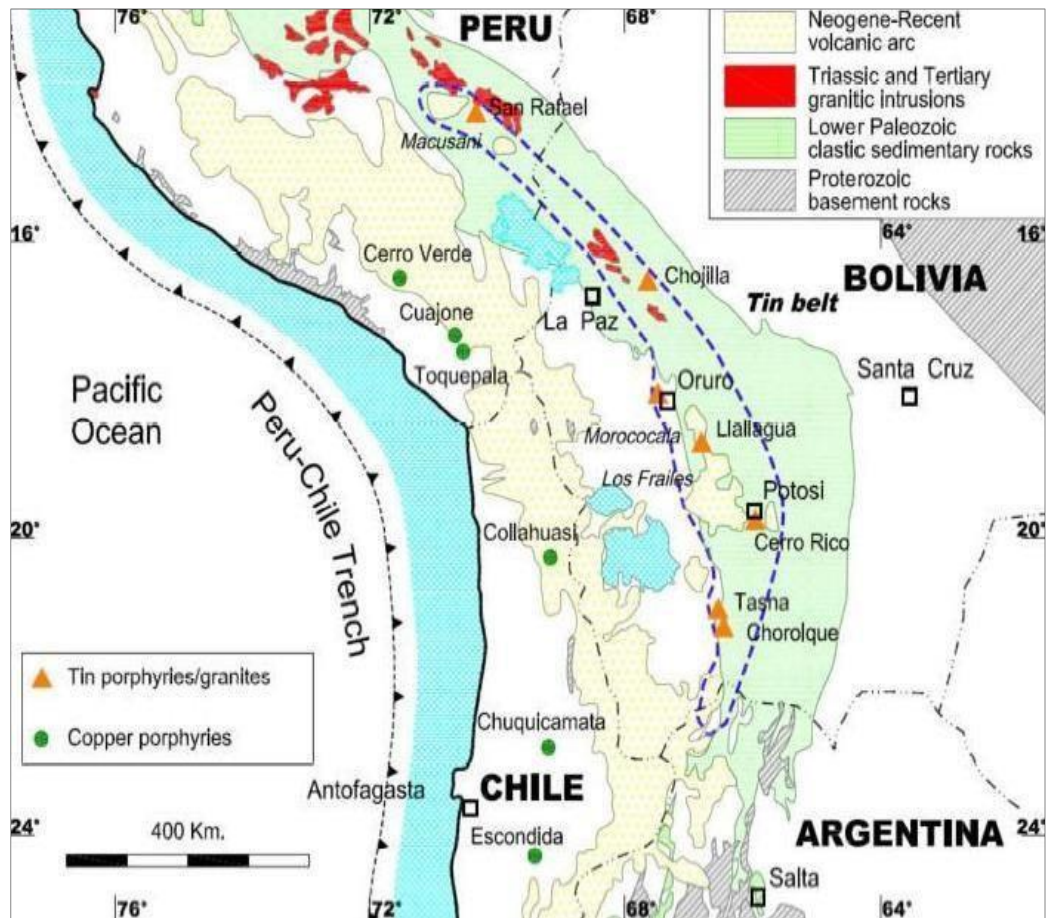


Figura 7. Franja estannífera Perú-Bolivia-Argentina

Fuente: Dietrich et (2000).

4.1.21. Geología Económica

La explotación del yacimiento de estaño San Rafael empezó en los años 1950. En esta época, solo se explotaba cobre en las partes más superficiales de la veta San Rafael. En los años 1960 se identificó la presencia de casiterita en el concentrado de cobre y se empezó a separarla con métodos gravimétricos.

En la actualidad, la mina San Rafael es la única mina de estaño del Perú, su capacidad de producción es de 3,000 TM de mineral de mena por día, lo que la ubica como la mina de estaño más importante del mundo. Produce el 12 % del estaño mundial ocupando el tercer puesto a nivel internacional después de China

e Indonesia. Con una ley promedio de 2.00 % Sn el yacimiento de San Rafael resulta ser el yacimiento de más alta ley explotado y conocido históricamente a escala mundial.

4.1.22. Mineralización y Paragénesis

Palma (1981) distinguió 4 etapas de mineralización. La secuencia de mineralización de la veta San Rafael es compleja, porque existen varias etapas en las que el cuarzo, clorita, casiterita y calcopirita fueron repetidamente precipitados.

Esta mineralización es similar a las vetas de Sn-Cu de Cornwall - Devon, Inglaterra. (Palma 1981, Clark 1983). (Ver Figura 8)

Primera Etapa: Vetas de Cuarzo – Turmalina

Vetillas de turmalina, vetas de cuarzo-turmalina y brechas de turmalina. Esta etapa no tiene valores económicos. Las temperaturas de homogenización de las inclusiones fluidas varían entre 385°C a 545°C y las salinidades entre 38 a 60 % de NaCl equivalente en peso.

Segunda Etapa: Caserita Botroidal-Cuarzo-Clorita

Esta es la etapa más importante de la mineralización de San Rafael. La casiterita botroidal está formada por agregados formados por la precipitación de una o más capas de casiterita megascópicas, con formas curvas y groseramente hemisféricas. Esta variedad de caserita es llamada estaño madera (wood tin) y es de color marrón claro a marrón. En esta etapa hay también abundante clorita y cuarzo, y cantidades menores de calcopirita, wolframita, scheelita, arsenopirita. A menudo se encuentra clorita finamente intercalada con casiterita botroidal. En algunos casos, la casiterita botroidal está recubierta por una fina capa de un mineral de color amarillo claro llamado valamorfitita. Las temperaturas de

homogenización de las inclusiones fluidas varían entre 220°C a 400°C y las salinidades entre 5 a 18% de NaCl equivalente en peso.

Tercera Etapa: Calcopirita-Casiterita acicular-Cuarzo-Clorita

Es la etapa principal de los sulfuros, con calcopirita asociada con esfalerita, galena, pirita, arsenopirita, pirrotita, estannita, fluorita, bismuto nativo, clorita, cuarzo, adularia y poca casiterita. La casiterita acicular (needle tin) está en agregados radiales. La clorita y cuarzo son los minerales de ganga más abundantes. Kontak (1984) sostiene que en una etapa final de esta mineralización la pirrotita fue convertida a marcasita, arsenopirita, pirita y siderita. Las temperaturas de homogenización de las inclusiones fluidas varían entre 210°C-420°C y la salinidad entre 18% de NaCl equivalente en peso.

Cuarta Etapa: Vetas de Cuarzo-Calcita

Vetas de cuarzo o de cuarzo y calcita, las últimas con trazas de calcopirita y alteración clorítica. Estas vetas son de pocos cm. a 12 cm. o más de potencia. Las temperaturas de homogenización varían entre 190°C a 290°C y las salinidades entre 1 y 5% de NaCl equivalente en peso.

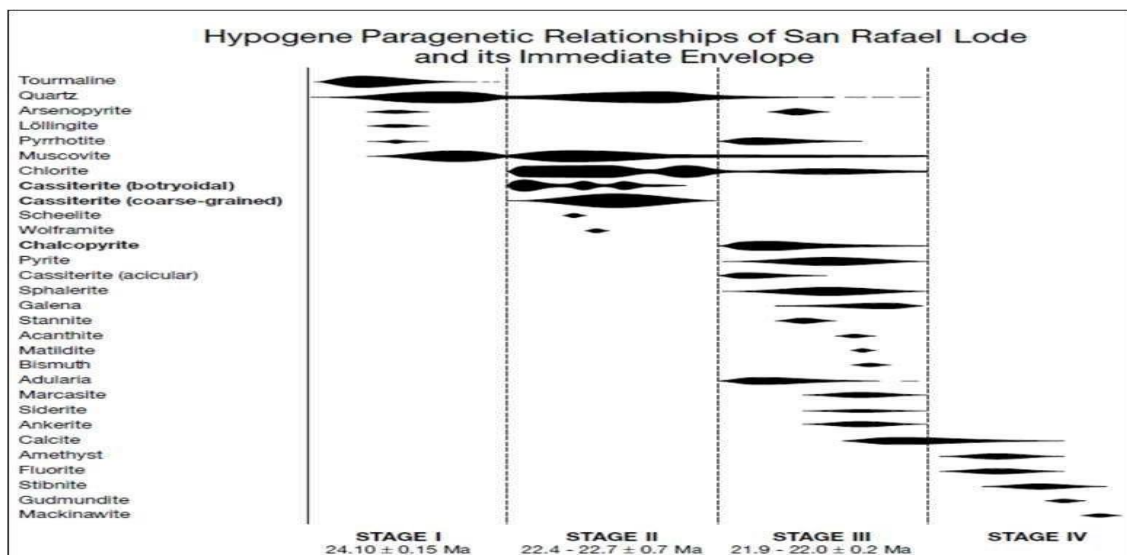


Figura 8. Relación paragenética y de edades en la veta San Rafael. Nota. Las fases I (vetas de cuarzo y turmalina precursoras) y II (vetas con casiterita) se muestran como eventos continuos, pero probablemente representan eventos discretos. (Clarck et al., 1983).

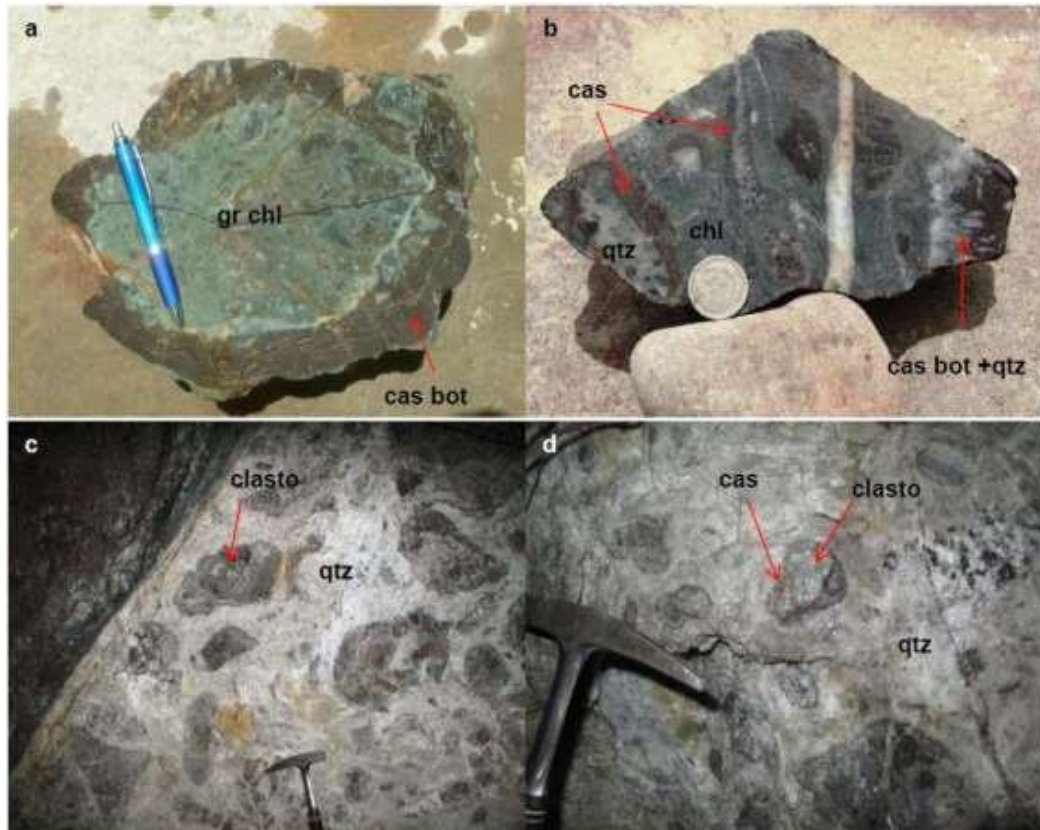


Figura 9. Fotografías

Nota: *a.* Casiterita botroidal (cas bot) como cemento de brecha con clastos de granito cloritizado (gr chl); *b.* Intercrecimiento de casiterita botroidal y cuarzo idiomórfico (cas bot + qtz) hacia el centro, en roca de caja cloritizada (chl); *c. d.* detalle de *c.*, Brecha matriz soportada con clastos subredondeados a redondeados de monzogranito cloritizado. La casiterita (cas) se depositó en aureolas alrededor de los clastos antes del cuarzo (qtz) (Fuente: Dpto. Geología mina San Rafael).

4.1.23. Alteración Hidrotermal

A simple vista, el monzogranito de la roca caja parece fresco, con excepción de una turbidez en las márgenes de los megacristales de feldespato alcalino, pero en secciones delgadas se observa texturas secundarias y minerales. El intrusivo está cloritizado en las cercanías de las vetas. Palma (1981) y Kontack (1984), reconocieron tres etapas de alteración:

a) Turmalina-Clorita-Casiterita

Representa la primera etapa de alteración. La turmalina está en la matriz o reemplazando al feldespato alcalino, la biotita está alterada a clorita en varios

grados. La casiterita está presente en varias cantidades.

b) Feldespato Alcalino

Durante la cual se formó albita secundaria o feldespato potásico

c) Sericita

Durante la cual la mica blanca reemplaza los feldespatos.

4.1.24. Zona. Miento De La Mineralización Zonamiento Horizontal

Mineralización polimetálica con esfalerita, galena, calcopirita y casiterita en agujas rodea a la mineralización de cobre y de cobre - estaño de San Rafael. Esta mineralización está presente al sur de las vetas Vicente, Mariano, Rosario de Antauta; al norte de la quebrada Umbral en el prospecto Linso; al oeste en las vetas Andes peruanos y Marianela, y hacia el este en las villas de José, Nazareth 17 y San Martín.

Zonamiento Vertical

El zonamiento vertical de la veta San Rafael está representado por una disminución de los valores de cobre en profundidad en un desnivel de 450m y por el aumento del estaño en profundidad por debajo del nivel 533, en un desnivel de 550m. (Ver figura N°. 10)

El máximo de la mineralización cuprífera es sensiblemente horizontal y corresponde con el isovalor 5 en color rojo (Ver figura N°. 11) en los niveles superiores hasta el nivel 666. Los isovalores mayores de 3 están en color verde y llegan hasta las proximidades del nivel 600, en la parte media del intrusivo. El mínimo de esta mineralización está representado por el isovalor 1, en color azul, empieza en el nivel 533 y decrece hasta 0,2 en los niveles inferiores, en los cuerpos de mineral. Los isovalores de cobre son simétricos, están en ambos lados

de los valores máximos en forma casi subhorizontal, donde la parte superior ha sido erosionada en gran parte.

Los isovalores de estaño (Ver figura N° 10), aumentan en profundidad desde menos de 1 hasta más de 10. El mínimo de esta mineralización está en el intrusivo, en ambos lados del contacto sur, está representado por el isovalor 1, en color azul, casi horizontal y coincidente con el nivel 533. El isovalor 2, de color verde, es ondulante y coincide con el nivel 600. El máximo de esta mineralización está representado por el isovalor 10, de color rojo, en varias zonas aisladas y concentradas hacia el contacto norte entre los niveles 533 y 050. Los isovalores de estaño 1 y 2 se cierran y tienden a ser simétricos hacia el contacto sur. El máximo de la mineralización está por debajo del mínimo de la mineralización.

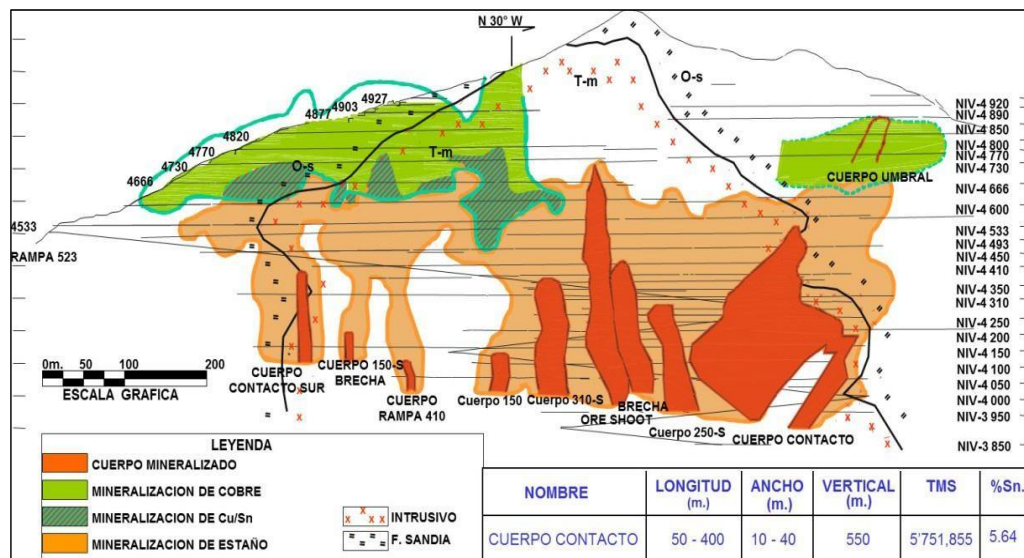
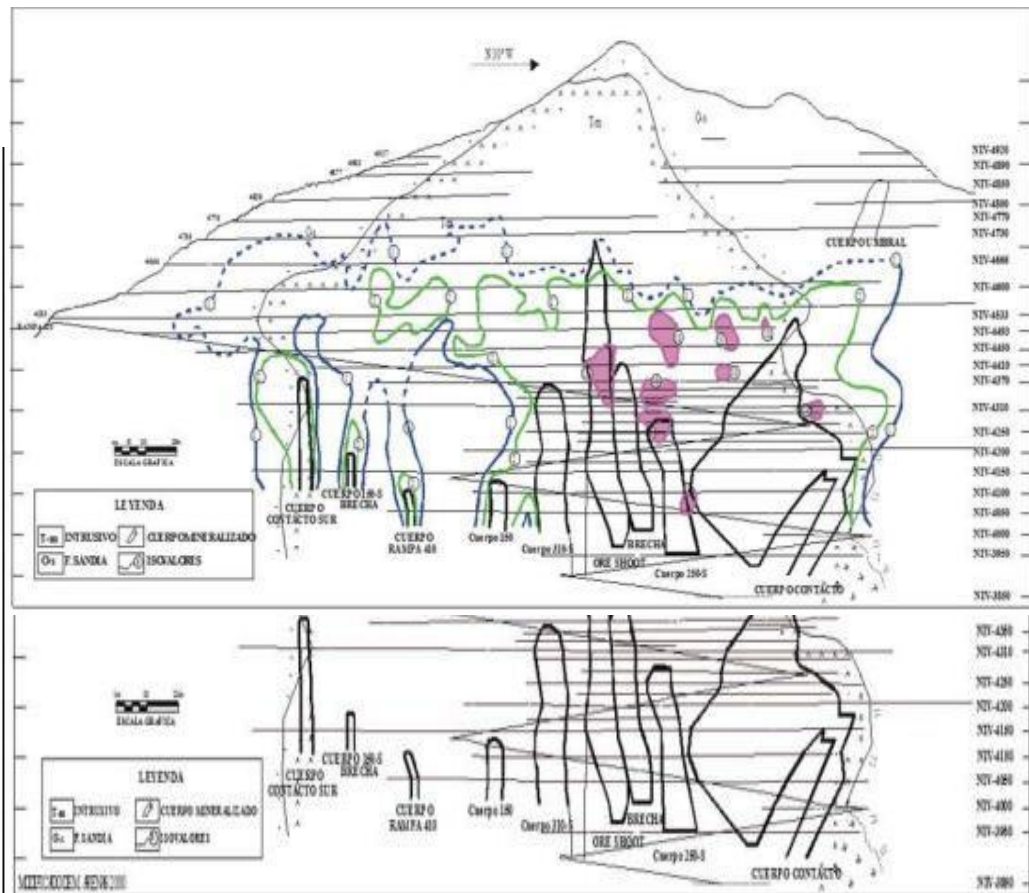


Figura 10. Sección longitudinal de la Veta San Rafael

Nota: Muestra el zonamiento de Sn (parte inferior), Sn y Cu (parte intermedia) y Cu (parte superior).

El zonamiento vertical de la veta San Rafael está mejor representado por el cociente Sn/Cu (Ver figura N°. 12). Estos cocientes aumentan desde 0, 1, 10 a 30, los que indican un incremento de estaño en profundidad acompañado

de una disminución del cobre, que era abundante en los niveles superiores. El isocociente 0,1 está en el nivel 820. El isocociente 10 es sensiblemente horizontal en el nivel 533, en la parte media y norte del intrusivo tiende a profundizar hasta los niveles inferiores. El máximo del cociente Sn/Cu está representado por el cociente 30 simétrico con el cociente 10, en las cercanías del contacto norte.



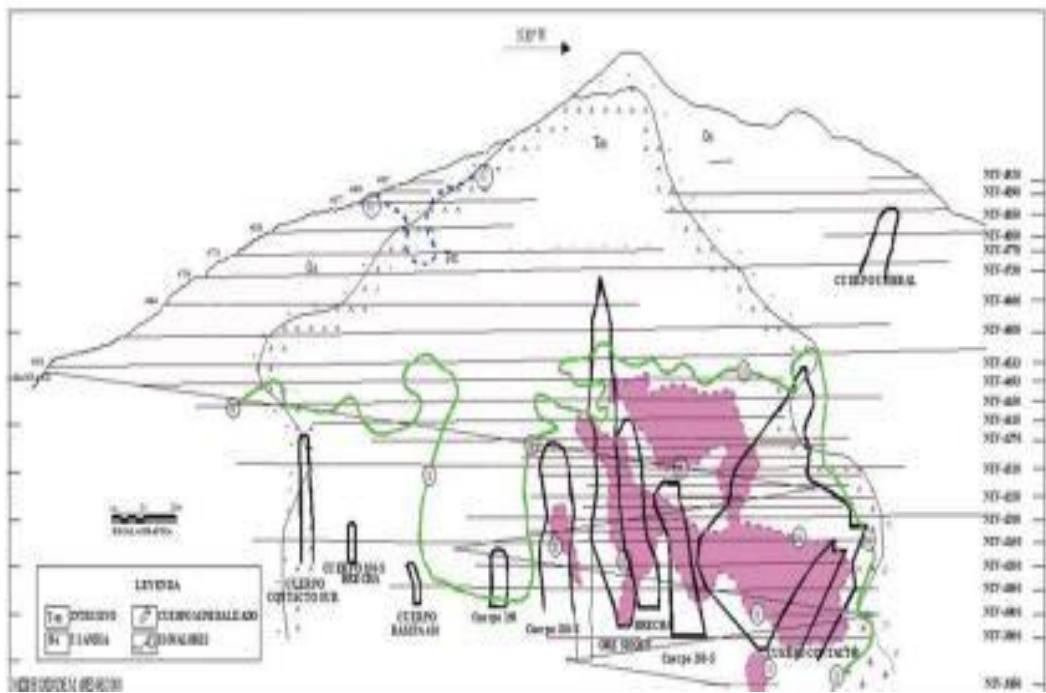
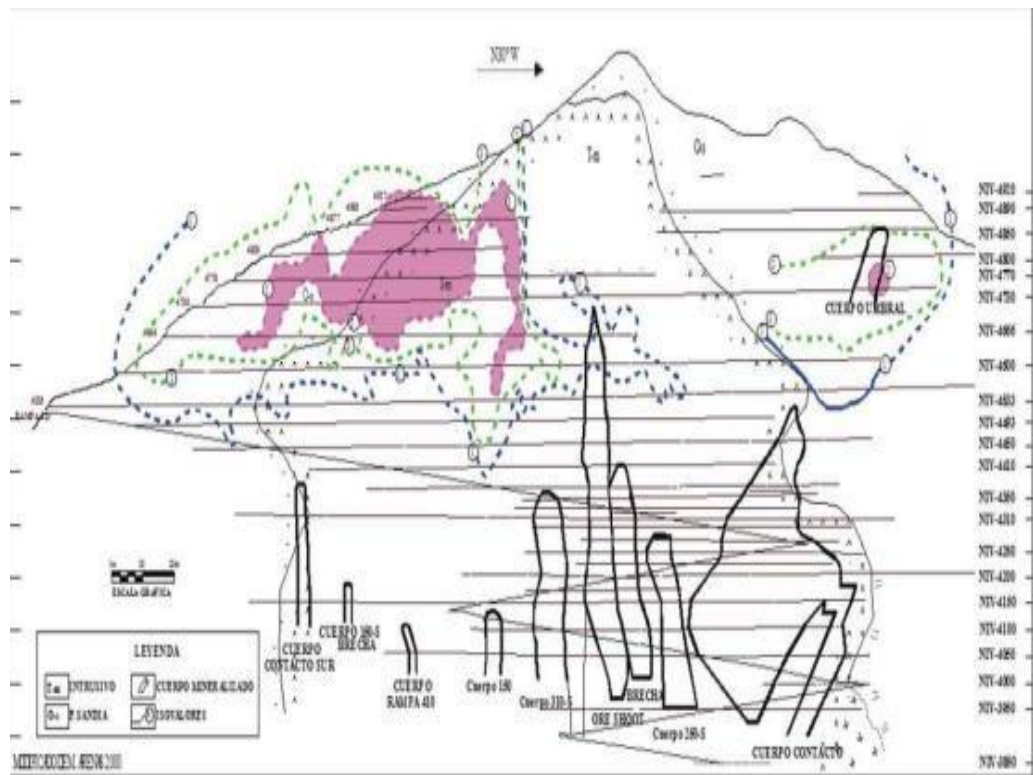


Figura 11. Cociente Sn/Cu

4.1.25. *Vetas y Cuerpos*

4.1.25.1. *Vetas.*

Las vetas están emplazadas en fallas pre-minerales del sistema andino NW-SE. Estas fallas del tipo normal con un fuerte componente horizontal al norte son desplazadas por fallas postminerales de rumbo NE-SW.

Se distinguen 3 sistemas de vetas. El más conocido tiene un rumbo NW-SE y buzamientos alNE, como las vetas San Rafael y Quenamari, y el menos conocido con un rumbo NW-SE y buzamientos al SW como las vetas diagonales y Herrería. Y un tercer sistema con rumbo EW y buzamiento al norte y sur, como Veta Rosario de Antauta y Veta Carmen.

Las vetas son más definidas y continuas en el intrusivo, mientras que en los metasedimentos son irregulares y discontinuas. Los afloramientos de las vetas son más definidos en Quenamari con anchos de 0,50 m a 2,00 m.

El afloramiento cuarzoso de la veta Jorge, de 2 m a 3 m de ancho es el más definido, mientras que el afloramiento de la veta San Rafael es el menos definido.

Estructuras de las vetas

Cambios en el rumbo de las vetas han influido en la formación de ciertas estructurasexternas. El rumbo de la veta San Rafael en los metasedimentos es N40°W, con un buzamiento de 60°-70° NE. Este rumbo cambia a N10°-20°W en el extremo central sur del intrusivo, pero con buzamientos similares.

Los lazos sigmoides compuestos son comunes en el extremo sur de la veta San Rafael en el intrusivo, nivel 533. Otros lazos sigmoides compuestos se observan en las vetas Vicente, Patricia y Rosario. Un lazo sigmoide compuesto y totalmente mineralizado se encuentra en la unión de las vetas Nazareth 1 y 2. Un link o unión une las vetas Mariano y San Rafael en el nivel 4730. Los ramales o splits son poco comunes.

Textura de las vetas

En la zona de cobre, las vetas no tienen espacios abiertos, la mineralización es cruciforme, simétrica, bandeada, a veces brechada, con estructuras en escarpela. En la zona de estaño, la textura es más compleja, está dominada por bandeamientos, brechamientos, geodas y drusas, en donde se han encontrado cuarzos piramidales de 15 cm de largo y 8 cm de ancho. Una textura común y simple es la siguiente: cajas piso y techo con vetillas de turmalina en monzogranito brechado, brecha clorítica con fragmentos de turmalina en ambos lados de las cajas, veta principal techo con cuarzo, clorita y casiterita botroidal. Esta textura es más complicada cuando la veta es más ancha, porque existen dos vetas, techo y piso, que encierran una mineralización brechada con estructuras en escarpela con núcleos de cuarzo o casiterita, clorita en bandas o en las brechas. El monzogranito está silicificado, ha perdido su textura original, a veces se observan los fenocristales de cuarzo. Un fracturamiento transversal o paralelo a la veta es común.

Forma de los Clavos de Mineral

En el sistema de vetas NW-SE y buzamiento NE, los clavos de mineral son continuos hacia el piso en el intrusivo, mientras que al techo

de las mismas es ramaleado, generando el segundo sistema de vetas con buzamiento SW.

El flujo mineralizante para las vetas en la mina San Rafael tiene una tendencia al NE.

4.1.25.2. Cuerpos de Mineral.

Los cuerpos de mineral de San Rafael son bolsonadas de gran tonelaje ricas en cobre o estaño. No hay mucha información sobre los cuerpos cupríferos, que existieron en los niveles superiores en ambos lados del contacto sur. El tonelaje de los cuerpos de mineral representó el 81% de las reservas de mineral de la mina San Rafael.

En la parte media del intrusivo hasta el contacto norte y por debajo del nivel 4410, se conocen 7 cuerpos estanníferos:

Cuerpo Rampa, 150-S, 310-S, Ore Shoot, Cuerpo de Brecha, Cuerpo 250-S y Cuerpo Contacto, cuyas apófisis se reconocen en los niveles 450 y 600. Estos cuerpos tienen anchos de 4 m a 30 m, longitudes de 30 m a 180 m y alturas conocidas de 10 m a 640 m. Están separados por tramos de veta, generalmente mineralizados, de 0,50 m a 1,50 m de potencia. En los hornfels se conoce el cuerpo Umbral cuprífero lejos del contacto norte.

Cambios en el rumbo de la veta San Rafael de N10°W a N60°-80°W han formado lazos sigmoides compuestos. En plano tienen la forma de una ampolla o huso, cuyos ramalestecho y piso tienen leyes de estaño más ricas que el cuerpo encerrado entre ellos, que está formado por un conjunto de vetillas, disseminaciones y brechamientos en el monzogranito

intensamente silicificado y cloritizado .

Los ramales techo y piso se unen en altura, se adelgazan y se convierten en una veta de 1,00 m de ancho o menos. Estos ramales no se unen en profundidad y son más verticales en profundidad.

Algunos de estos cuerpos de mineral tienen formas tubulares, como el ore shoot, o semiovalados, como el cuerpo contacto.

En general, estos cuerpos tienen formas prismoidales; y las secciones en plano tienen la forma de un lazo sigmoide compuesto. En plano y profundidad, los cuerpos tienden a unirse hacia el Noroeste en el Cuerpo Contacto, con excepción de los cuerpos Rampa y 150 - S, que aparentemente tienden a unirse hacia el sureste. Estos cuerpos podrían ser apófisis de un cuerpo principal no expuesto todavía, el que habría alimentado a las vetas de San Rafael.

4.1.26. Mineralogía

Los principales minerales hipogénicos de mena son: casiterita, estannita y calcopirita, en menor proporción bismutinita y plata (posiblemente en tetraédrica). Otros minerales son: valamorfita, esfalerita, galena, enargita, estibina, scheelita, wolframita. Los minerales de ganga son: cuarzo, clorita, sílice, pirita, arsenopirita, turmalina, calcita, fluorita, marcasita, pirrotita, rodocrosita, siderita y adularia.

Minerales secundarios por oxidación o por enriquecimientos supergénicos son: bornita, calcocina, covelita, cuprita, malaquita, cobre nativo, acantita en una ganga con goethita, limonita, pirolusita, psilomelano. Estos fueron abundantes en la parte superior de las vetas San Rafael y Quenamari.

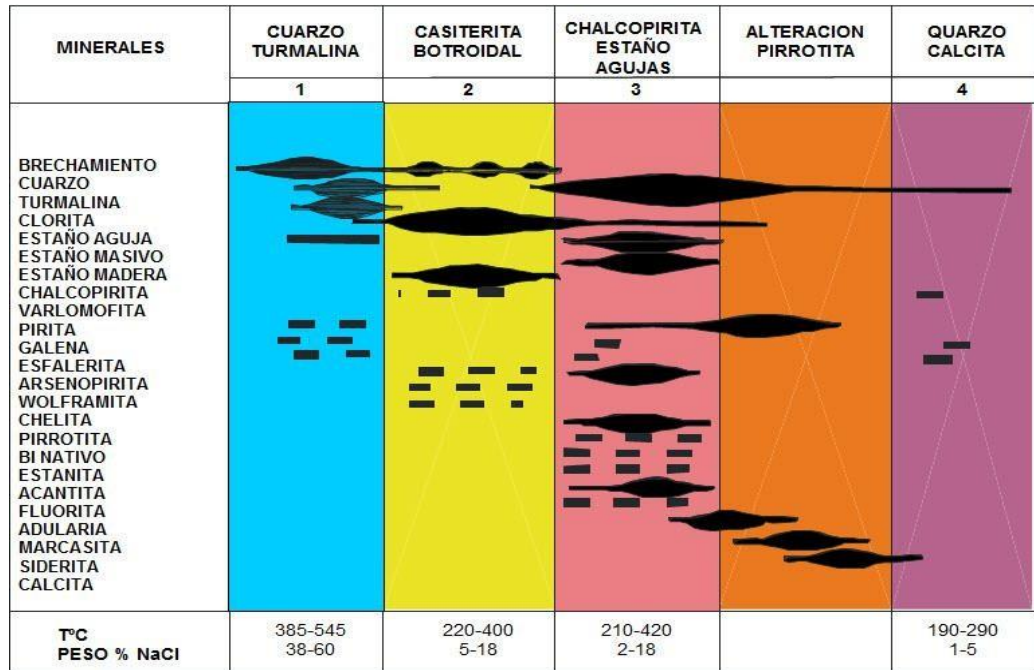


Figura 12. Etapas de la mineralización

4.1.27. *Edad de la Mineralización*

La edad de la mineralización de San Rafael es de 22.6 + 0.2 Ma. por el método K-Ar, obtenida en la adularia hidrotermal de la veta Jorge en el nivel 4820 (Clark, 1983).

4.1.28. *Controles de la Mineralización Controles Litológicos*

Las vetas, los clavos y cuerpos de mineral son más definidos en el intrusivo y en ~~profundidad~~ mientras que en los hornfels los clavos de mineral son más definidos en las cercanías del contacto. Cuando la veta está íntegramente en metasedimentos es irregular y poco persistente.

Controles Estructurales

Los sigmoides compuestos mineralizan indistintamente y por separado en los ramales y uniones, pero, en los cuerpos de mineral, toda la estructura esta mineralizada, con excepción de algunos tramos.

Cambios bruscos en el rumbo de las vetas hacia el este favorecen la

formación de cuerpos de mineral en las vetas San Rafael y Jorge. Buzamientos menores de 65° favorecen el enriquecimiento de las vetas y el ensanchamiento de las mismas.

Controles Mineralógicos

La abundancia de clorita en la veta y en los cuerpos de mineral está asociada con valores altos de estaño. La presencia de caserita botroidal y de estaño negro en los cuerpos o en la veta significa la persistencia de la mineralización estannífera en profundidad.

El incremento de esfalerita, galena y valores de plata significa el fin de la mineralización estannífera y la proximidad de una mineralización polimetálica.

4.2. Presentación de Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1. Análisis del Cuerpo Mineralizado Cyndhi

Estructura económica mineralizada ubicada a 530m al Oeste de la Veta San Rafael, se encuentra reconocida con laboreo solo en el nivel 4185 en una longitud de 284m entre las secciones 1700 a 1975. El presente año, se ha realizado una importante campaña de perforación diamantina con el objetivo de incrementar recursos y reconocer la estructura hacia los niveles inferiores. Los resultados obtenidos han sido los esperados, logrando reconocer la proyección hasta el Nv. 3950 y generando un importante incremento.

Estructuralmente presenta un rumbo promedio de N 32°W, su buzamiento varía entre 70° a 85° SW, su potencia entre 0.7m a 12.00m.

Mineralógicamente registra ensamble de clorita, cuarzo y casiterita. La concentración de mineral se da en disseminación y venillas tipo stockwork o cizalla, con esporádica presencia de sulfuros primarios (pirita, calcopirita).

Análisis petromineraográficos de muestras tomadas en los niveles 4199 y 4150 lo describen como:

Estructura compuesta por fenocristales de cuarzo Tipo I craquelados y de bordes corroídos por contacto con clorita I y moscovita; también por minerales Ferromagnesianos intensamente reemplazados por cloritas, rutilo y casiterita, se asocian a piritita y esfalerita. Cloritas I forman parte de la matriz acompañado a cristales de turmalina. Vetilla rellena de cuarzo II acompañada de cloritas II cortan a toda la muestra.

El zircón (trazas), se manifiesta con formas prismáticas de bordes subredondeados con tamaños menores a 0.1mm y se encuentran como inclusiones en los Ferromagnesianos.

Los minerales ferromagnesianos (piroxenos, biotita) (2%), se desarrollan como fenocristales de hábitos tabulares y tamaños inferiores a 2.5mm; son intensamente reemplazados por cloritas y casiterita. Presentan inclusiones de zircón y disseminaciones de rutilo y oquedades rellenos por cuarzo y moscovita; además, se asocia a piritita y esfalerita.

El cuarzo se presenta en dos posibles generaciones. El cuarzo primario (cz I) (45%), se halla como fenocristales de formas irregulares y subredondeados, con tamaños centimétricos y de bordes corroídos por contacto con agregados de cloritas I y moscovita. Algunos cristales se encuentran craquelados y dispersos; también, presentan inclusiones de posible turmalina. Mientras, el cuarzo de relleno (cz II) (5%), se aprecia como agregados granulares de bordes irregulares con tamaños menores a 1.2mm, rellena vetillas acompañado a cloritas II que cortan a toda la muestra. Presenta un espesor de aproximadamente 0.6mm.

La moscovita – sericita (15%) se muestra con formas escamosas

flexionadas y fibrosas radiales con tamaños menores a 0.2mm y se presenta acompañado a cloritas I corroyendo desde los bordes a cuarzo I.

Presencia de dos generaciones de cloritas. Las cloritas I (25%), se observa como agregados escamosos con tamaños por debajo de 0.1mm, ocurren intercrecidas con moscovita y formas triangulares de turmalina (trazas); reemplazan a fenocristales de minerales Ferromagnesianos acompañado a casiterita (trazas) y rutilo. En tanto, las cloritas II (8%), se exhibe como agregados aciculares radiales con tamaños de aproximadamente 0.4mm y rellena vetillas acompañado a cuarzo II.

El rutilo (trazas), se halla como como granos irregulares y en forma de agujas pequeñas y finas con tamaños menores a 0.1mm; se encuentran como inclusiones en los minerales ferromagnesianos.

La pirita (trazas), se exhibe de formas irregulares con tamaños de hasta 0.8mm y se encuentra asocia a minerales Ferromagnesianos. Se encuentra reemplazada por granos anhedrales de esfalerita (trazas), la cual presenta disseminaciones y/o exsoluciones de calcopirita; además, en luz transmitida muestra coloraciones rojas debido al alto contenido de hierro en su composición química.

Textura. - De relleno y reemplazamiento.

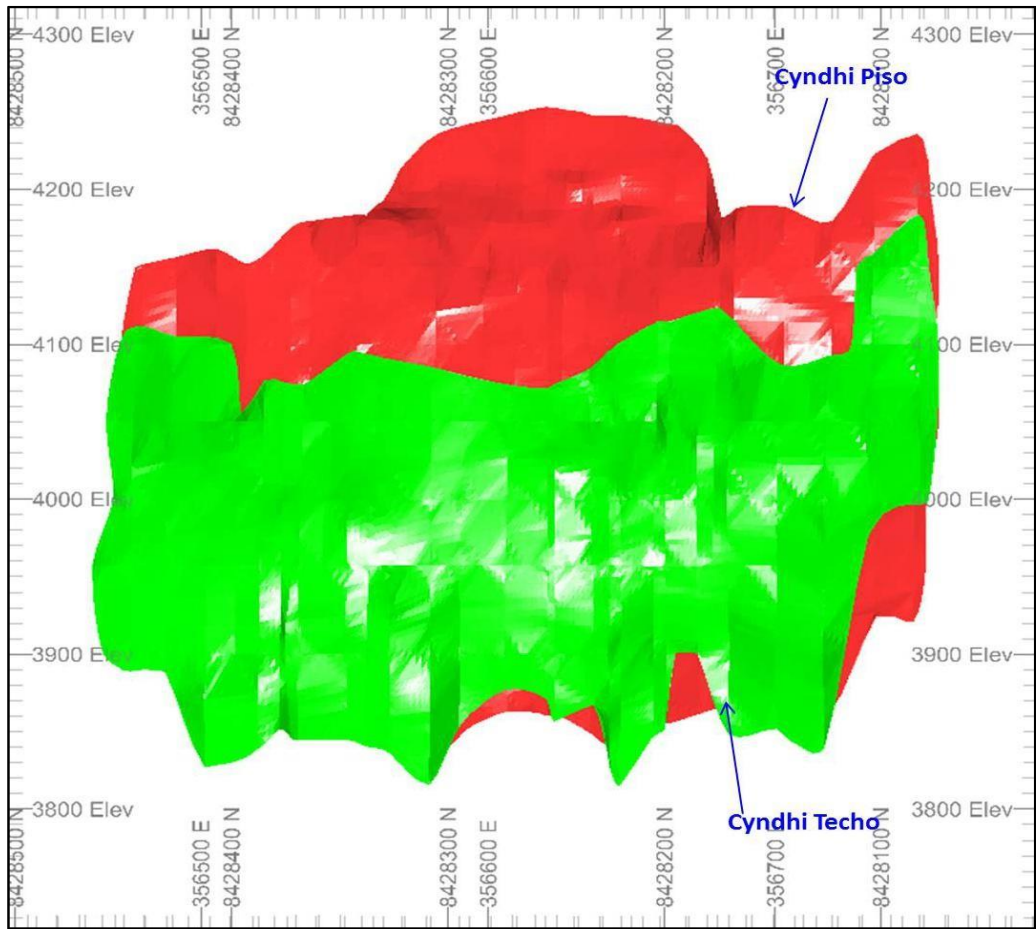


Figura 13. Vista 3D, mirando al NE, mostrando el Cuerpo Cyndhi.

Nota: Cyndhi piso (rojo) y Cyndhi techo (verde).

CYN_P	306_CYN_P_4080_1675_P1	-	-	9,888	2.40	5.86	237	-	-	9,888	2.40	5.86	237				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1700_P1	-	-	19,729	1.52	11.73	300	-	-	19,729	1.52	11.73	300				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1750_P1	-	-	53,141	2.18	16.52	1,130	-	-	53,141	2.18	16.52	1,130				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1800_P1	-	-	41,980	1.52	15.61	840	-	-	41,980	1.52	15.61	840				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1850_P1	-	-	27,734	1.50	10.76	417	-	-	27,734	1.50	10.76	417				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1900_P1	-	-	19,893	1.58	7.91	313	-	-	19,893	1.58	7.91	313				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1950_P1	-	-	-	-	-	-	30,017	1.81	9.10	544	30,017	1.81	9.10	544		
CYN_P	306_CYN_P_4080_2000_P1	-	-	-	-	-	-	10,858	2.95	5.42	320	10,858	2.95	5.42	320		
CYN_P	306_CYN_P_4080_2025_P1	-	-	-	-	-	-	2,427	0.07	2.24	2	2,427	0.07	2.24	2		
CYN_P	306_CYN_P_4080_1525_P1	-	-	-	-	-	-	4,572	0.64	3.91	29	4,572	0.64	3.91	29		
CYN_P	306_CYN_P_4080_1550_P1	-	-	-	-	-	-	4,750	0.96	3.59	46	4,750	0.96	3.59	46		
CYN_P	306_CYN_P_4080_1575_P1	-	-	-	-	-	-	6,155	1.81	4.37	111	6,155	1.81	4.37	111		
CYN_P	306_CYN_P_4080_1600_P1	-	-	-	-	-	-	8,317	3.72	6.20	309	8,317	3.72	6.20	309		
CYN_P	306_CYN_P_4080_1625_P1	-	-	-	-	-	-	8,146	4.45	6.68	383	8,146	4.45	6.68	383		
CYN_P	306_CYN_P_4080_1650_P1	-	-	-	-	-	-	11,198	2.62	8.18	294	11,198	2.62	8.18	294		
CYN_P	306_CYN_P_4080_1675_P1	-	-	13,845	1.91	5.53	284	-	-	13,845	1.91	5.53	284				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1700_P1	-	-	16,705	3.04	8.25	508	-	-	16,705	3.04	8.25	508				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1750_P1	-	-	46,230	2.39	12.14	1,107	-	-	46,230	2.39	12.14	1,107				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1800_P1	-	-	34,866	1.44	12.57	499	-	-	34,866	1.44	12.57	499				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1850_P1	-	-	21,865	0.68	9.02	147	-	-	21,865	0.68	9.02	147				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1900_P1	-	-	16,875	0.75	6.57	127	-	-	16,875	0.75	6.57	127				
CYN_P	306_CYN_P_4080_1950_P1	-	-	-	-	-	-	27,246	1.75	8.37	475	27,246	1.75	8.37	475		
CYN_P	306_CYN_P_4080_2000_P1	-	-	-	-	-	-	14,432	0.52	7.26	75	14,432	0.52	7.26	75		
CYN_P	306_CYN_P_4080_2025_P1	-	-	-	-	-	-	4,367	0.51	4.07	22	4,367	0.51	4.07	22		
CYN_P	306_CYN_P_4100_1525_P1	-	-	-	-	-	-	3,890	0.19	3.09	7	3,890	0.19	3.09	7		
CYN_P	306_CYN_P_4100_1550_P1	-	-	-	-	-	-	4,020	0.48	3.07	19	4,020	0.48	3.07	19		
CYN_P	306_CYN_P_4100_1575_P1	-	-	-	-	-	-	6,724	1.69	5.05	114	6,724	1.69	5.05	114		
CYN_P	306_CYN_P_4100_1600_P1	-	-	-	-	-	-	8,855	2.20	6.38	195	8,855	2.20	6.38	195		
CYN_P	306_CYN_P_4100_1625_P1	-	-	-	-	-	-	6,511	2.95	5.23	192	6,511	2.95	5.23	192		
CYN_P	306_CYN_P_4100_1650_P1	-	-	-	-	-	-	12,705	1.92	9.24	244	12,705	1.92	9.24	244		
CYN_P	306_CYN_P_4100_1675_P1	-	-	12,361	1.38	4.67	170	-	-	12,361	1.38	4.67	170				
CYN_P	306_CYN_P_4100_1700_P1	-	-	11,536	0.88	3.91	102	-	-	11,536	0.88	3.91	102				
CYN_P	306_CYN_P_4100_1750_P1	-	-	27,276	0.39	6.43	107	-	-	27,276	0.39	6.43	107				
CYN_P	306_CYN_P_4100_1800_P1	-	-	26,630	1.20	7.32	319	-	-	26,630	1.20	7.32	319				
CYN_P	306_CYN_P_4100_1850_P1	-	-	16,681	0.55	5.71	91	-	-	16,681	0.55	5.71	91				
CYN_P	306_CYN_P_4100_1900_P1	-	-	12,072	2.11	4.66	255	-	-	12,072	2.11	4.66	255				
CYN_P	306_CYN_P_4100_1925_P1	-	-	-	-	-	-	10,891	1.15	5.83	126	10,891	1.15	5.83	126		
CYN_P	306_CYN_P_4100_1950_P1	-	-	-	-	-	-	9,309	0.80	6.82	74	9,309	0.80	6.82	74		
CYN_P	306_CYN_P_4100_2000_P1	-	-	-	-	-	-	10,940	0.46	5.67	50	10,940	0.46	5.67	50		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1525_P1	-	-	-	-	-	-	3,447	0.05	2.57	2	3,447	0.05	2.57	2		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1550_P1	-	-	-	-	-	-	3,496	0.15	2.54	5	3,496	0.15	2.54	5		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1575_P1	-	-	-	-	-	-	6,357	2.01	4.66	128	6,357	2.01	4.66	128		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1600_P1	-	-	-	-	-	-	7,959	2.18	5.61	174	7,959	2.18	5.61	174		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1625_P1	-	-	-	-	-	-	5,475	3.08	4.27	188	5,475	3.08	4.27	188		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1650_P1	-	-	-	-	-	-	10,654	1.32	7.50	141	10,654	1.32	7.50	141		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1675_P1	-	-	-	-	-	-	10,648	0.16	4.03	17	10,648	0.16	4.03	17		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1700_P1	-	-	-	-	-	-	9,571	0.06	3.18	6	9,571	0.06	3.18	6		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1750_P1	-	-	-	-	-	-	18,114	0.16	3.96	29	18,114	0.16	3.96	29		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1800_P1	-	-	-	-	-	-	16,249	0.28	3.67	46	16,249	0.28	3.67	46		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1850_P1	-	-	-	-	-	-	13,078	0.05	2.77	7	13,078	0.05	2.77	7		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1875_P1	-	-	-	-	-	-	7,212	0.36	3.83	26	7,212	0.36	3.83	26		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1900_P1	-	-	-	-	-	-	8,924	0.48	3.36	43	8,924	0.48	3.36	43		
CYN_P	306_CYN_P_4120_1950_P1	-	-	-	-	-	-	5,450	0.20	3.98	11	5,450	0.20	3.98	11		
CYN_P	306_CYN_P_4120_2000_P1	-	-	-	-	-	-	7,383	0.09	3.51	7	7,383	0.09	3.51	7		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1525_P1	-	-	-	-	-	-	4,501	0.07	2.38	3	4,501	0.07	2.38	3		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1550_P1	-	-	-	-	-	-	3,625	0.12	2.00	4	3,625	0.12	2.00	4		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1575_P1	-	-	-	-	-	-	7,900	1.65	4.18	130	7,900	1.65	4.18	130		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1600_P1	-	-	-	-	-	-	9,274	2.30	4.64	213	9,274	2.30	4.64	213		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1625_P1	-	-	-	-	-	-	7,297	1.07	4.22	78	7,297	1.07	4.22	78		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1650_P1	-	-	-	-	-	-	12,486	0.81	5.78	101	12,486	0.81	5.78	101		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1675_P1	-	-	-	-	-	-	16,002	0.36	5.67	57	16,002	0.36	5.67	57		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1700_P1	-	-	6,465	0.04	3.10	3	-	-	6,465	0.04	3.10	3				
CYN_P	306_CYN_P_4140_1750_P1	-	-	13,251	0.09	2.98	12	-	-	13,251	0.09	2.98	12				
CYN_P	306_CYN_P_4140_1800_P1	-	-	11,799	0.12	2.56	15	-	-	11,799	0.12	2.56	15				
CYN_P	306_CYN_P_4140_1850_P1	-	-	8,405	0.08	1.87	7	-	-	8,405	0.08	1.87	7				
CYN_P	306_CYN_P_4140_1875_P1	-	-	-	-	-	-	3,975	0.27	3.54	11	3,975	0.27	3.54	11		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1900_P1	-	-	-	-	-	-	6,114	0.05	2.59	3	6,114	0.05	2.59	3		
CYN_P	306_CYN_P_4140_1950_P1	-	-	-	-	-	-	2,361	0.06	2.62	1	2,361	0.06	2.62	1		
CYN_P	306_CYN_P_4150_1700_P1	3,795	0.14	3.11	5	-	-	-	-	3,795	0.14	3.11	5				
CYN_P	306_CYN_P_4150_1750_P1	7,948	0.19	3.12	15	-	-	-	-	7,948	0.19	3.12	15				
CYN_P	306_CYN_P_4150_1800_P1	7,705	0.18	3.35	10	-	-	-	-	7,705	0.18	3.35	10				
CYN_P	306_CYN_P_4150_1850_P1	4,384	0.29	1.73	13	-	-	-	-	4,384	0.29	1.73	13				
TOTAL		387,406	2.61	10.12	10,101	835,268	1.73	10.86	14,443	582,910	1.37	5.41	7,999	1,805,584	1.80	8.94	32,543

Veta Cyndhi PV (306)

CYN_PV

AZONE	BLOQUE	Medido				Indicado				Inferido				TOTALS			
		TONNES	SN	THICK	TMF	TONNES	SN	THICK	TMF	TONNES	SN	THICK	TMF	TONNES	SN	THICK	TMF
CYN_PV	306_CYN_PV_3920_1625_P1	-	-	-	-	-	-	-	-	5,496	2.69	2.64	148	5,496	2.69	2.64	148
CYN_PV	306_CYN_PV_3930_1525_P1	-	-	-	-	2,757	3.47	121	96	-	-	-	-	2,757	3.47	121	96
CYN_PV	306_CYN_PV_3930_1525_P2	-	-	-	-	168	0.05	143	-	-	-	-	-	168	0.05	143	-
CYN_PV	306_CYN_PV_3930_1575_P1	-	-	-	-	2,408	4.74	136	114	-	-	-	-	2,408	4.74	136	114
CYN_PV	306_CYN_PV_3930_1575_P2	-	-	-	-	71	0.03	131	-	-	-	-	-	71	0.03	131	-
CYN_PV	306_CYN_PV_3930_1625_P1	-	-	-	-	7,750	3.26	279	253	-	-	-	-	7,750	3.26	279	253
CYN_PV	306_CYN_PV_3940_1525_P1	4,812	4.26	165	205	-	-	-	-	-	-	-	-	4,812	4.26	165	205
CYN_PV	306_CYN_PV_3940_1575_P1	2,667	6.63	144	177	-	-	-	-	-	-	-	-	2,667	6.63	144	177
CYN_PV	306_CYN_PV_3940_1625_P1	6,651	4.03	249	268	-	-	-	-	-	-	-	-	6,651	4.03	249	268
CYN_PV	306_CYN_PV_3950_1525_P1	3,908	4.41	2.11	172	-	-	-	-	-	-	-	-	3,908	4.41	2.11	172
CYN_PV	306_CYN_PV_3950_1575_P1	1,316	7.35	155	97	-	-	-	-	-	-	-	-	1,316	7.35	155	97
CYN_PV	306_CYN_PV_3950_1600_P1	1,442	4.74	162	68	-	-	-	-	-	-	-	-	1,442	4.74	162	68
CYN_PV	306_CYN_PV_3950_1625_P1	3,910	3.99	2.79	156	-	-	-	-	-	-	-	-	3,910	3.99	2.79	156
CYN_PV	306_CYN_PV_3967_1525_P1	5,044	6.00	190	302	-	-	-	-	-	-	-	-	5,044	6.00	190	302
CYN_PV	306_CYN_PV_3967_1575_P1	2,109	6.76	2.16	143	-	-	-	-	-	-	-	-	2,109	6.76	2.16	143
CYN_PV	306_CYN_PV_3967_1600_P1	2,423	4.46	2.10	108	-	-	-	-	-	-	-	-	2,423	4.46	2.10	108
CYN_PV	306_CYN_PV_3967_1625_P1	5,596	4.49	3.35	251	-	-	-	-	-	-	-	-	5,596	4.49	3.35	251
CYN_PV	306_CYN_PV_3980_1525_P1	5,746	6.29	158	361	-	-	-	-	-	-	-	-	5,746	6.29	158	361
CYN_PV	306_CYN_PV_3980_1575_P1	2,719	4.62	1.73	126	-	-	-	-	-	-	-	-	2,719	4.62	1.73	126
CYN_PV	306_CYN_PV_3980_1600_P1	4,511	4.05	2.82	183	-	-	-	-	-	-	-	-	4,511	4.05	2.82	183
CYN_PV	306_CYN_PV_3980_1625_P1	11,429	3.89	4.97	445	-	-	-	-	-	-	-	-	11,429	3.89	4.97	445
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1525A_P1	1,638	5.14	1.78	84	-	-	-	-	-	-	-	-	1,638	5.14	1.78	84
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1550_P1	-	-	-	-	3,074	5.16	153	159	-	-	-	-	3,074	5.16	153	159
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1575A_P1	767	3.01	1.79	23	-	-	-	-	-	-	-	-	767	3.01	1.79	23
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1575_P1	-	-	-	-	1,599	3.60	1.70	58	-	-	-	-	1,599	3.60	1.70	58
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1600A_P1	1,606	2.85	3.41	46	-	-	-	-	-	-	-	-	1,606	2.85	3.41	46
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1600_P1	-	-	-	-	3,500	2.54	4.22	89	-	-	-	-	3,500	2.54	4.22	89
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1625A_P1	2,346	1.26	6.25	30	-	-	-	-	-	-	-	-	2,346	1.26	6.25	30
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1625_P1	-	-	-	-	3,020	1.37	5.94	41	-	-	-	-	3,020	1.37	5.94	41
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1650A_P1	3,745	3.28	6.76	123	-	-	-	-	-	-	-	-	3,745	3.28	6.76	123
CYN_PV	306_CYN_PV_4000_1650_P1	-	-	-	-	3,129	3.80	5.79	119	-	-	-	-	3,129	3.80	5.79	119
CYN_PV	TOTAL	74,385	4.53	3.00	3,367	27,478	3.38	3.16	927	5,496	2.69	2.64	148	107,359	4.14	3.02	4,443

4.2.2. Control de calidad en muestras del Cuerpo Cyndhi

En este reporte se evalúan los procedimientos para el cuerpo mineralizado Cyndhi que la unidad minera San Rafael ha llevado a cabo durante el periodo de enero- mayo 2021, con el fin de evaluar las diferentes fases y la efectividad de los procedimientos empleados durante la ejecución de las labores de perforación, muestreo, preparación y análisis de estos. La metodología empleada para el tratamiento y evaluación de las muestras de control se corresponde con los procedimientos desarrollados por AMEC, así como otros procedimientos estadísticos o estándares que regularmente se utilizan en esta industria. La precisión es evaluada por el Método Hiperbólico (Simón. 2004), la exactitud por medio del método Reducción al Eje Mayor (RMA) y también por medio de los Control Charts, con algunos parámetros incluidos.

Métodos Analíticos.

Preparación de muestras y procedimientos para el control de calidad.

Límites de Detección del Laboratorio

El laboratorio de la mina realiza los análisis para los diferentes elementos, utilizando los siguientes métodos, según el tipo de muestra y solicitud del cliente. Un resumen de los límites de detección de dichos métodos para los diferentes elementos aparece en la siguiente tabla.

Tabla N° 5.

Límites de detección laboratorio San Rafael.

Método	LDT-SGS		LDP
	Inferior	Superior	(QA/QC)
Determinación de Azufre en minerales y concentrados por LECO (Espectrometría de masa)	0.00%	70.00%	
Determinación de Sn en muestras de mina y exploraciones por Volumetría Sn (%)	0.00%	80.00%	
Determinación de Pb por digestión total en muestras de mina y exploraciones por AA Pb (%)	0.01%		
Determinación de Zn por digestión total en muestras de mina y exploraciones por AA Zn (%)	0.00%		
Determinación de Cu por digestión total en muestras de mina y exploraciones por AA Cu (%)	0.00%		
Determinación de Ag por digestión total en muestras de mina y exploraciones por AA Ag (%)	0.03%		
Determinación de Fe por digestión total en muestras de mina y exploraciones por AA Fe (%)	0.00%		
Análisis de Sn en muestras de mina y planta por rayos X ASOMA Sn (%)	0.03%	80.00%	
Determinación de Pb, Zn y Cu en muestras de mina y exploraciones por XRF (Equipo Rayos X- Elvax) Pb, Zn y Cu (%)			

Fuente: Elaboración propia

Estándares o Materiales de Referencia Certificados

Durante este periodo fueron utilizados tres estándares para evaluar la exactitud del laboratorio de la mina San Rafael, un estándar de baja ley, un estándar de ley media y un estándar de alta ley. Estos estándares fueron preparados en el laboratorio de Inspectorate, con material proveniente de la mina.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Prueba de Hipótesis General

El muestreo realizado en el cuerpo mineralizado Cyndhi, relacionado a los canales y perforaciones diamantinas nos evidencian que la evaluación de control y aseguramiento de calidad en la mina San Rafael, a corto plazo serán muy importantes para poder determinar la efectividad del procedimiento de control y aseguramiento de calidad, a partir de esa comprobación se puede certificar que los trabajos que se realizan garantizarán el incremento de recursos en la mina San Rafael, con el objetivo de cumplir con los posteriores estudios siempre en cuando se cumplan con todos los protocolos establecidos.

4.3.2. Prueba de Hipótesis Específicos

Evaluar cada una de las fases del control y aseguramiento de calidad de manera separada y específica, serán determinantes para certificar que los trabajos que se realizan sean garantizados. Es decir, tener en cuenta la precisión y exactitud en los valores de las leyes de muestreo determinando la calidad de las muestras, así mismo tener presente la contaminación en los valores de las leyes, con la finalidad de garantizar el control y aseguramiento de calidad cumpliendo con los protocolos establecidos.

4.4. Discusión de Resultados

4.4.1. Evaluación de la Calidad.

Durante este periodo se ejecutaron trabajos de perforación de sondajes diamantinos y trabajos de muestreo en canales, estas operaciones fueron llevadas a cabo de acuerdo con los protocolos y procedimientos establecidos en el área de

geología de la unidad San Rafael. Las muestras colectadas fueron preparadas y analizadas en el laboratorio SGS para el análisis de los elementos “Sn” y “S”. El reporte que se presenta corresponde a toda la información obtenida de enero-mayo 2021, las Tablas N° 9, 10 y 11 a continuación reflejan un inventario de toda la información correspondiente a esta etapa, la Tabla N° 5 refleja las tasas de inserciones de muestras de control insertadas.

Tabla N° 6.

Resumen de las labores ejecutadas. Enero – mayo 2021

Descripción	Cant. Sondajes Canales	Cant. Muestras	Metros perforados
iamantina	10	560	1,710.10
Mina- Canales	130	825	452.19

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7.

Resumen de los datos de análisis realizados. Enero – mayo 2021

Tipo de Sondaje	Su %	
	Min	Max
Diamantina	0.03	23.97
Canales	0.03	38.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8.

Tasa de inserciones. Enero- mayo 2021.

PRACTICA RECOMENDADA			UNIDAD MINERA SAN RAFAEL			
			Cuerpo: Cyndhi			
			Enero – Mayo			
Parámetro evaluado	Muestras de control	Frecuencia	Tipo de control	Muestras normales	Muestras	Frecuencia
Precisión	MC Muestras gemelas ,MG	2%	MG		35	2.5%
	Duplicados gruesos DG	2%	DG		30	2.2%
	Duplicados pulpas DP	2%	DP		30	2.2%
Exactitud	Estándares ELB,	6%	ELB		30	2.2%
	ELM y ELM		ELM		32	2.3%
			ELA		28	2.0%
Contaminación	Blancos gruesos BG	2%	BG		30	2.2%
	Blancos finos BF	2%	BF		30	2.2%
	Controles externos CE	4%	CE		70	5.1%
TOTAL		20%		TOTAL		22.9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 9.

Cantidad de lotes y muestras incluidas en este reporte. Enero-mayo 2021.

N°	Mesas	Diamantina				Mina – canales			
		Lotes	Muestras originales	Controles	Total	Lotes	Muestras originales	Controles	Totales
1	Enero-mayo	10	394	83	477	18	663	162	825
Total		10	394	83	477	18	663	162	825

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Evaluación de la precisión. Enero - mayo 2021.

Muestras Gemelas (MG)Diamantina

En total fueron insertados 05 muestras gemelas durante el muestreo de Sistemáticas, lo que representa una tasa de inserción de 2.0%. Se prepararon gráficos Max-Min para el Sn. No se detectó fallo alguno resultando una tasa de error de 0.0%. El resultado de la evaluación de los duplicados de campo se considera dentro del rango aceptable. Tabla 09.

Canales

En total fueron insertados 30 muestras gemelas durante el muestreo de Sistemáticas, lo que representa una tasa de inserción de 3.6%. Se prepararon gráficos Max-Min para el Sn. No se detectó fallo alguno resultando una tasa de error de 0.0%. El resultado de la evaluación de los duplicados de campo se considera dentro del rango aceptable. Tabla 10.

Duplicados Gruesos (DG)

En total, fueron insertadas 30 duplicados gruesos lo que representa una tasa de inserción de 2.2%. Se prepararon gráficos Max-Min para el Sn. No se detectó fallo alguno resultando una tasa de error de 0.0%. El resultado de la

evaluación de los duplicados gruesos se considera dentro del rango aceptable.

Tabla 06.

Duplicados de Pulpas (DP)

En total, fueron insertadas 30 duplicados de pulpa lo que representa una tasa de inserción de 2.2%. Se prepararon gráficos Max-Min para el Sn. No se detectó fallo alguno resultando una tasa de error de 0.0%. El resultado de la evaluación de los duplicados de pulpas se considera dentro del rango aceptable.

Tabla N° 10.

Resumen Evaluación Precisión. Enero - mayo 2021.

Tipo Labor	Precisión muestreo (MG)				Precisión muestreo (DG)				Precisión muestreo (DP)			
	Total	M F	Error %	Condición	Total	M F	Error %	Condición	Total	M F	Error %	Condición
Diamantina Sn (%)	05	0	0.0 %	Aceptable	30	0	0.0 %	Aceptable	30	0	0.0 %	30
Canales	Sn	30	0	0.0%								

4.4.3. Exactitud

Durante este periodo, se han utilizados 03 estándares (ELB, ELM y ELA), se ha insertado un total de 90 estándares, resultando una tasa de inserción del 6.0%. Se realizaron los gráficos de control para Au en cada estándar y calculados la Media, Sesgo y Coeficiente de Variación de manera individual.

Los 03 tipos de estándares validan al Sn con sesgos aceptables. El CV resultó <5% lo cual indicaría que el laboratorio SGS de San Rafael trabajo con una precisión aceptable.

Tabla N° 11.
Desempeño de los estándares insertados (Exactitud). Enero mayo 2021.

Tipo Labor	MR	Elemento	Unidad	Media	Muestras	MFC	Sesgo (%)	CV (%)	Condición
Diamantina		ELB_SRF4	Sn	%	0.81	30	0	-3.8%	
			1.1%	Acceptable					
Canales		ELM_SRF4			32	-			Acceptable
		Sn	%	1.68	0	3.7%	0.9%		
		ELA_SRF4			28	-0.6%	0.5%		Acceptable
		Sn	%	3.18	0				

4.4.3.1. Estándares fuera de Control (MFC)

La finalidad de reanalizar las MFC es identificar la naturaleza del error aleatorio o sistemático. Durante este periodo no resultaron outliers (MFC).

4.4.3.2. Exactitud Global. Enero – mayo 2021

Fueron preparados los Gráficos de Exactitud para el Sn, un ajuste lineal fue llevado a cabo con el fin de determinar la exactitud global de los estándares insertados. Los puntos fueron anotados con los nombres de los estándares. Los parámetros resultantes (R², pendiente m de la línea de regresión de los mínimos cuadrados, intercepto b, sesgo general, y el número de outliers).

El cálculo de la exactitud global para el Au, confirma los resultados obtenidos para cada estándar individualmente, al resultar un sesgo está dentro de los límites permisibles. El alto valor del coeficiente de determinación R² muestra un buen ajuste de los mejores valores con los promedios de cada estándar. Tabla N°.11.

Tabla N° 12.

Exactitud Global del Sn para los estándares insertados. Enero – mayo 2021.

Tipo Elemento Labor	N	R2	m	b	Sesgo	MFC
Sistemáticas 90	Sn	0.999	1.008	-0.1	0.8 %	0

4.4.3.3. Controles Externos. Enero- mayo 2021.

En este periodo se enviaron 90 pulpas incluidas muestras de control (02 duplicados de pulpa, 06 SDTs y 02 Blancos finos) fueron enviadas como control externo al laboratorio ALS Lima que actúa como laboratorio secundario. Aun en espera de resultados.

4.4.4. Evaluación de la Contaminación. Enero – mayo 2021.

4.4.4.1. Blancos Gruesos

Durante este periodo fueron insertados un total 30 Blancos Gruesos, resultando en una tasa de inserción del 2.2%. Fueron preparados Gráficos de Blancos versus Muestra Precedente para Sn. No se ha detectado evento de contaminación alguno en la etapa de chancado, resultando una tasa de contaminación de 0.0%. Tabla N° 13.

Tabla N° 13.

Resumen Blancos Gruesos (Contaminación). Enero – mayo 2021.

Tipo de laboreo	Elementos	N° blancos	Unidad	Max. Previo	Max. Blanco	Limite de detección	Max. ratios	Contaminados	Tasa contaminación	Condición
Diamantina + Canales	Sn	30	%	33	0.12	0.05	2.4	0	0.0%	Aceptable

Fuente: Elaboración propia

4.4.4.2. Blancos Finos

Durante este periodo fueron insertados un total 30 Blancos finos, resultando en una tasa de inserción del 2.2%. Fueron preparados Gráficos de Blancos versus Muestra Precedente para Au y Ag. No se ha detectado evento de contaminación alguno en la etapa del análisis, resultando una tasa de contaminación de 0.0%.

Tabla N° 14.

Resumen Blancos Finos (Contaminación). Enero – mayo 2021.

Tipo de laboreo	Elementos	N° blancos	Unidad	Max. Previo	Max. Blanco	Limite de detección	Max. ratios	Contaminados	Tasa de contaminación	Condición
Diamantina + Canales	Sn	30	%	33	0.13	0.05	2.6	0	0.0%	Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Nota: Blancos Finos de Demostración Aceptable Fuente Geología QA-QC Minsur.

4.4.5. Controles Granulométricos. Enero – mayo 2021.

Con el objetivo de asegurar la obtención de una granulometría adecuada en el chancado y pulverizado de una muestra, se realiza una prueba después del chancado y otra después del pulverizado, donde se registran datos de masa total y masa pasante, a partir de los cuales se obtiene el porcentaje de masa pasante, que en nuestro caso debe de ser del 90% bajo malla 100 y 95% bajo malla 140.

Tabla N° 15.

Resumen control granulométrico. Enero - mayo 2021.

Proceso	Malla	N° muestras	Peso kg	Total	Masa retenida kg	Masa pasante kg	Masa pasante %
Chancado	Malla 10	24					92.3%
Pulverizado	Malla 140	30					97.9%

Fuente: Elaboración propia

4.4.6. Medición de Desviación de Sondajes. Enero – mayo 2021.

La medición de pozos es importante para la ubicación de las muestras y la trayectoria real del pozo, como parte del control de calidad se realiza aleatoriamente doble medición (In, Out) a un sondaje, realizado con el equipo de medición Reflex Gyro. La medición se realiza ingresando el equipo desde el collar del sondaje hasta el fondo del pozo (in) y luego desde el fondo del pozo hasta el collar del sondaje (Out).

Tabla N° 16.

Doble Medición de Desviación de Sondajes. Enero – mayo 2021.

MES	SONDAJE	PROF. DDH	PROF. MEDIC.	DIF.	PRIMERA MEDICIÓN (In)	SEGUNDA MEDICIÓN (Out)	VARIACIÓN FINAL
Enero- mayo	DDH- U- SRI- 20- 003	106.85	102.00	4.85	Desv. = Az. 1.0719° Desv. = Inc. 0.5144°	Desv. = Az. 1.0232° Desv. = Inc. 0.4650°	Variación = Azimut 0.0487° Variación = 0.0494° Inclinació ~ Variación Desviació =0.20 nTotal m
	Desv. total				= 0.75 m.	Desv. = 0.95 total m.	

4.4.7. Muestras Gemelas (MG)

En total fueron insertados 40 muestras gemelas durante el muestreo de canchas 1. Se prepararon gráficos Max-Min para el Sn, se detectó 12 fallos resultando una tasa de error de 30.0%. El resultado de la evaluación de los duplicados de campo se considera fuera del rango aceptable para el Sn.

Tabla N° 17.

Resumen Evaluación Precisión. Enero – mayo 2021.

Tipo Labor	Precisión muestreo (MG)			Error	Condición (%)
	Elemento	Total	MF		
Cuerpo Cyndhi1Sn (%)	40	12	30.0%	Inaceptable	

4.4.8. Evaluación Materiales de Referencia (Estándares). Enero – mayo 2021.

Durante este periodo, se han utilizados 03 estándares (ELB, ELM y ELA), se ha insertado un total de 40 estándares. Se realizaron los gráficos de control para Sn en cada estándar y calculados la Media, Sesgo y Coeficiente de Variación de manera individual.

Los estándares de ley media validan al Sn con sesgos aceptables mientras que los estándares de baja y alta validan al Sn con sesgos cuestionables. El cv resultó <5.7% lo cual indicaría que el laboratorio SGS de San Rafael trabajo con una precisión cuestionable.

Tabla N° 18.

Desempeño de los estándares insertados (Exactitud). Enero – mayo 2021.

Tipo Labor	MR	Elemento	Unidad	Media	Muestras	MF	Sesgo (%)	CV (%)	Condición
Diamantin	ELB_SRF	Sn	%	0.86	13	0	1.6%	5.1	Cuestionabl

a	4							%	e
y	ELM_SRF	Sn	%	1.65	14	0	-	3.9	Acceptable
	4							6.3%	%
Canales	ELA_SRF	Sn	%	3.00	13	0	-	5.8	Cuestionabl
	4							5.7%	% e

4.4.9. Blancos Finos

Durante este periodo fueron insertados un total 40 Blancos Gruesos. Fueron preparados Gráficos de Blancos versus Muestra Precedente para Sn. No se ha detectado evento de contaminación alguno en la etapa del análisis, resultando una tasa de contaminación de 0.0%.

Tabla N° 19.

Resumen Blancos Gruesos (Contaminación). Enero- mayo 2021.

Tipo de laboreo	Elementos	N° blancos	Unidad	Max. Previo	Max. Blanco	Limite de detección	Max. ratio	Contaminados	Tasa de contaminación	Condición
Diamantina + Canales	Sn	40	%	6.44	0.01	0.05	0.2	0	0.0%	Acceptable

El muestreo implementado en la mina San Rafael, tiene por finalidad detectar los problemas (cuando ellos ocurren, incluso si se siguen fielmente los protocolos de trabajo) y evaluar sus posibles efectos, tomando oportunamente las medidas correctivas. Se materializa mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras con la finalidad de evaluar la precisión, exactitud y contaminación en el muestreo de mina y testigos de perforación diamantina.

4.4.10. *Precisión*

La precisión es la habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares. La precisión se evalúa:

- 1) En el muestreo (error de muestreo): A través de muestras gemelas (medio testigo, canales paralelos).
- 2) En la preparación o la división (error de submuestreo): A través de duplicados gruesos (generados a partir de la primera división después del chancado).
- 3) En el análisis (error analítico).
- 4) A través de duplicados de pulpa (controles internos, duplicados de rechazo fino).

Se envían las muestras simultáneamente al laboratorio de la mina San Rafael, con diferente número, para garantizar que su identidad no sea reconocida.

4.4.11. *Criterio de Aceptación*

No más del 10% de los pares de muestras debe quedar fuera del campo delimitado por la línea $Y=X$ y la hipérbola $Y^2=m^2x^2+b^2$ con una pendiente m de la asíntota calculada para $b=0$ y un error relativo (ER) según el tipo de muestra:

- a) Muestras Gemelas: $ER = 30\%$ ($m=1.35$)
- b) Duplicados Gruesos: $ER = 20\%$ ($m=1.22$)
- c) Duplicados de Pulpa: $ER = 10\%$ ($m=1.11$)
- d) Tasa Máxima de Errores = 10% para cada tipo de duplicados.

a) Muestras Gemelas

Se tiene un programa de inserción de muestras gemelas en una proporción mínima del 2% del total de muestras enviadas al laboratorio de la mina San

Rafael, en los procesos de muestreo sistemático y perforación diamantina.

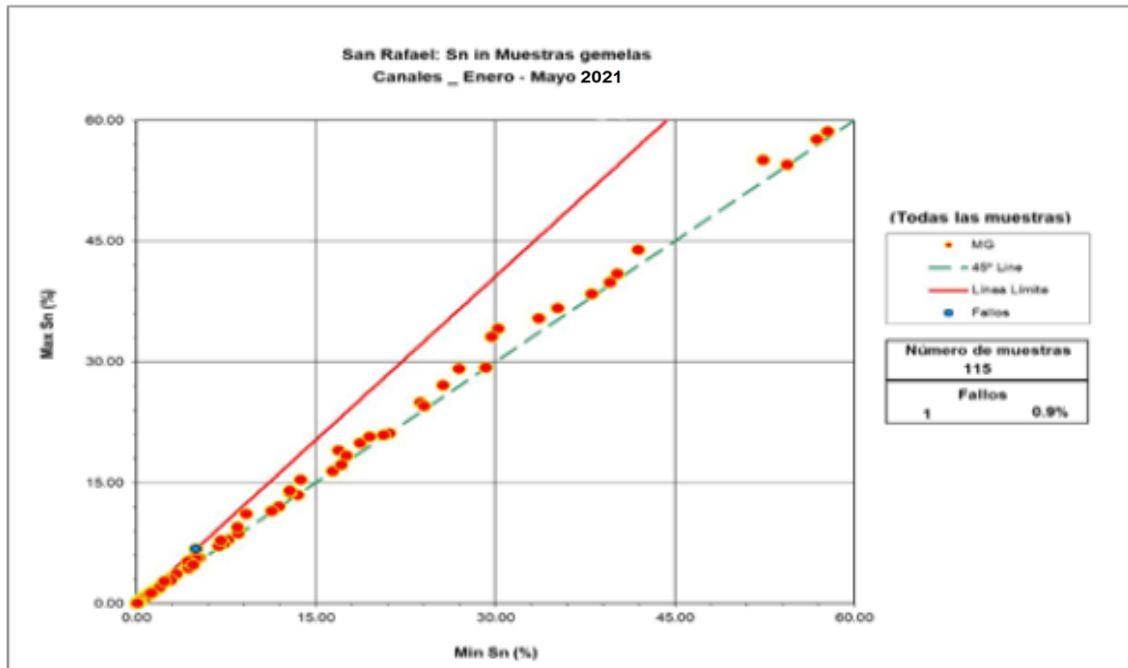


Figura 15. Gráfico de control para las muestras gemelas diamantina de la mina San Rafael.

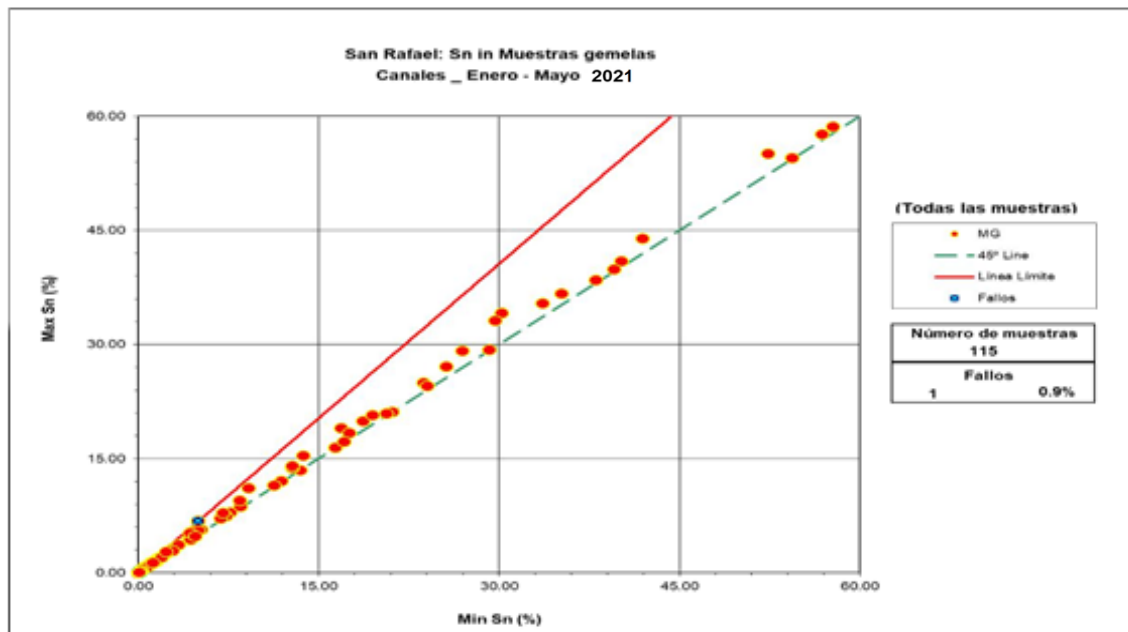


Figura 16. Gráfico de control para las muestras gemelas sistemático de la mina San Rafael.

b) Duplicados Gruesos

Se tiene un programa de inserción de duplicados gruesos en una proporción mínima del 2% del total de muestras enviadas al laboratorio de la mina San Rafael.

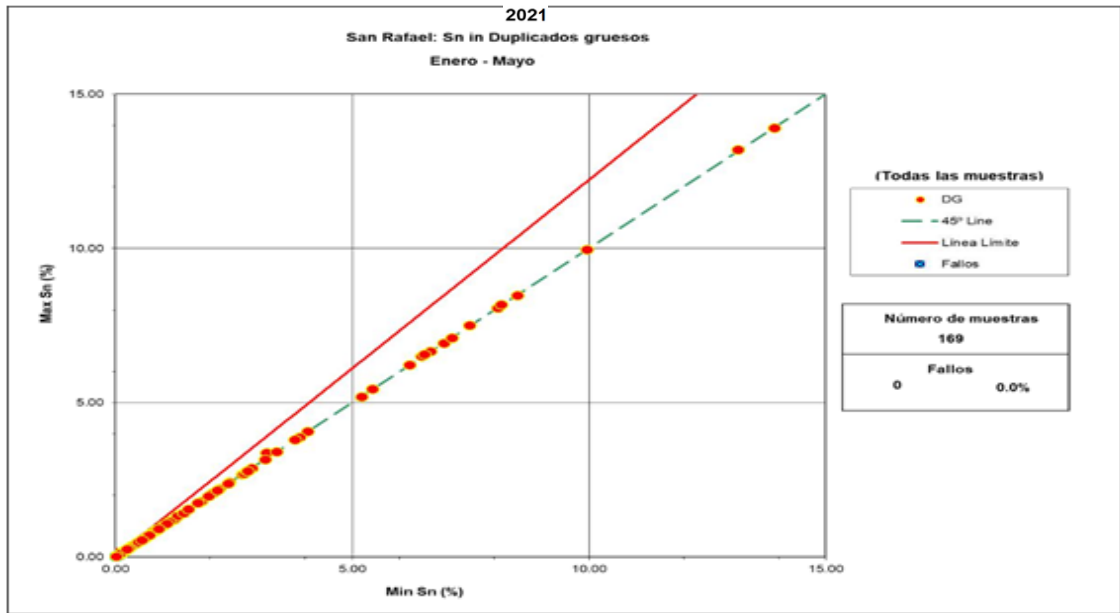


Figura 17. Gráfico de control para los duplicados gruesos de la mina San Rafael.

c) Duplicados de Pulpa

Se tiene un programa de inserción de duplicados gruesos en una proporción mínima del 2% del total de muestras enviadas al laboratorio de la mina San Rafael.

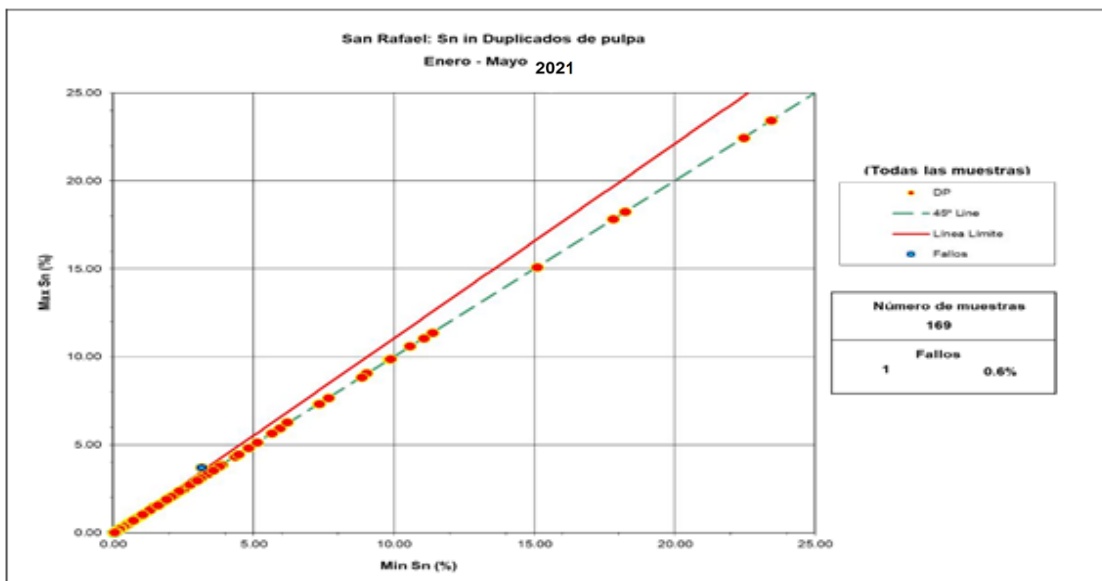


Figura 18. Gráfico de control para los duplicados gruesos de la mina San Rafael.

4.4.12. Exactitud

La exactitud es la proximidad de una medición a un valor “real” o aceptado como “apropiado”. La exactitud se evalúa:

- a) **En el laboratorio interno:** Se realiza a través de materiales de referencia (estándares), en la mina San Rafael se cuenta con tres tipos de estándar, certificados por un laboratorio externo calificado (Bureau Veritas Minerals). Estos estándares tienen códigos de identificación para ley baja: ELB_SRF4, ley media: ELM_SRF4 y ley alta: ELB_SRF4. Los estándares son enviados en forma anónima dentro del flujo analítico al laboratorio de la mina San Rafael bajo el servicio de SGS.
- b) **En el laboratorio externo:** Se reenvían muestras de chequeo (siempre duplicados de pulpa) a un laboratorio externo certificado, en este caso es ALS.

4.4.13. Criterio de Aceptación

Los resultados reportados por el laboratorio de la mina San Rafael (SGS) y por otro lado por el laboratorio ALS son ploteados en gráficos estadísticos y el criterio de aceptación es de acuerdo con el sesgo (S) resultante:

- a) $S < 5\%$, Bueno
- b) $S \geq 5\% - \leq 10\%$, Aceptable
- c) $S > 10\%$, Inaceptable
- d) Estándares

Se tiene un programa de inserción de estándares en una proporción mínima del 6% del total de muestras enviadas al laboratorio de la mina San Rafael,

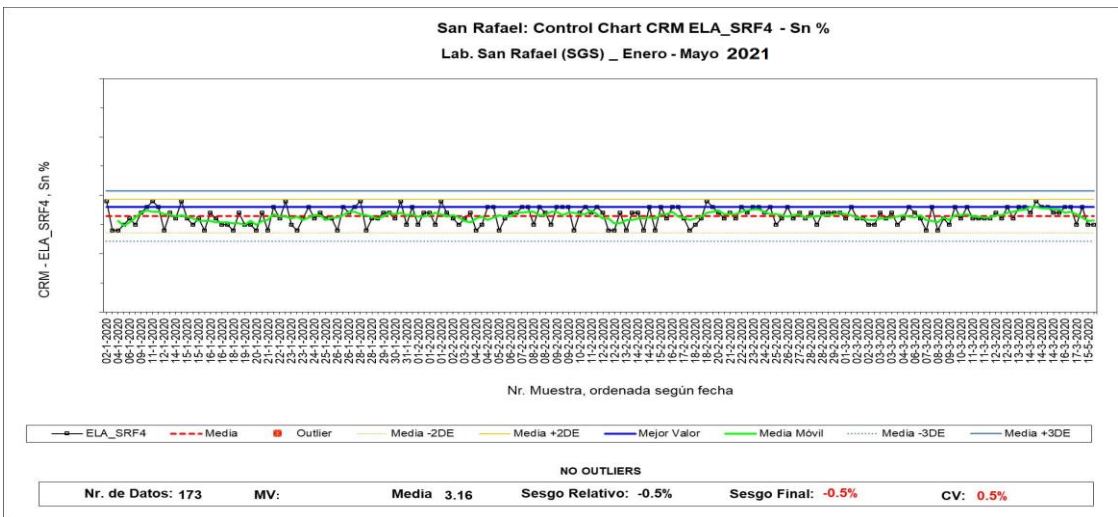
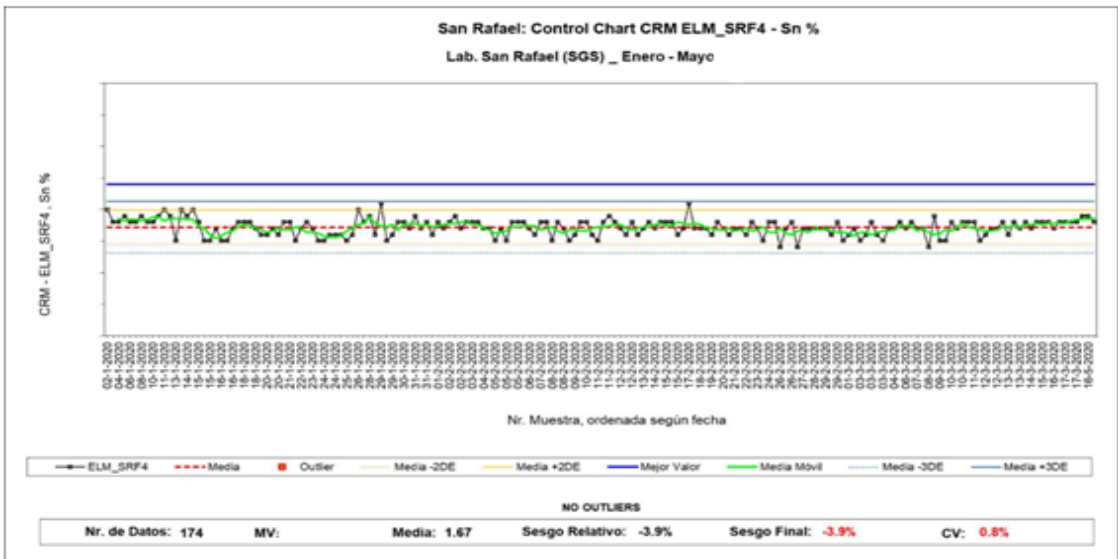
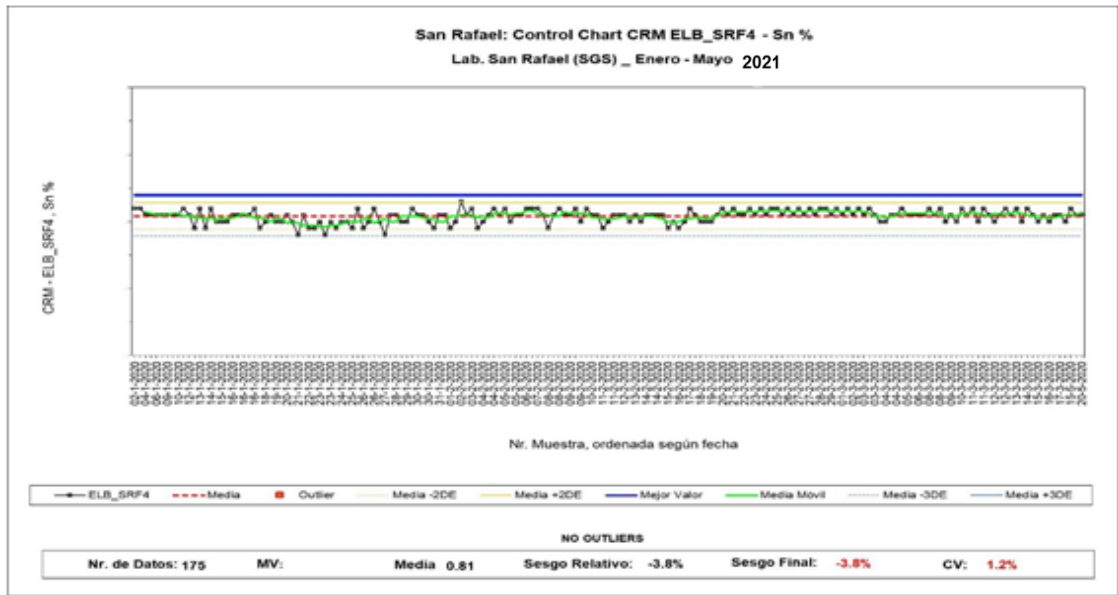


Figura 19. Gráficos de control de estándares de la mina San Rafael.

a) Controles Externos:

Se tiene un programa de inserción de controles externos en una proporción mínima del 4% del total de muestras enviadas al laboratorio de la mina San Rafael.

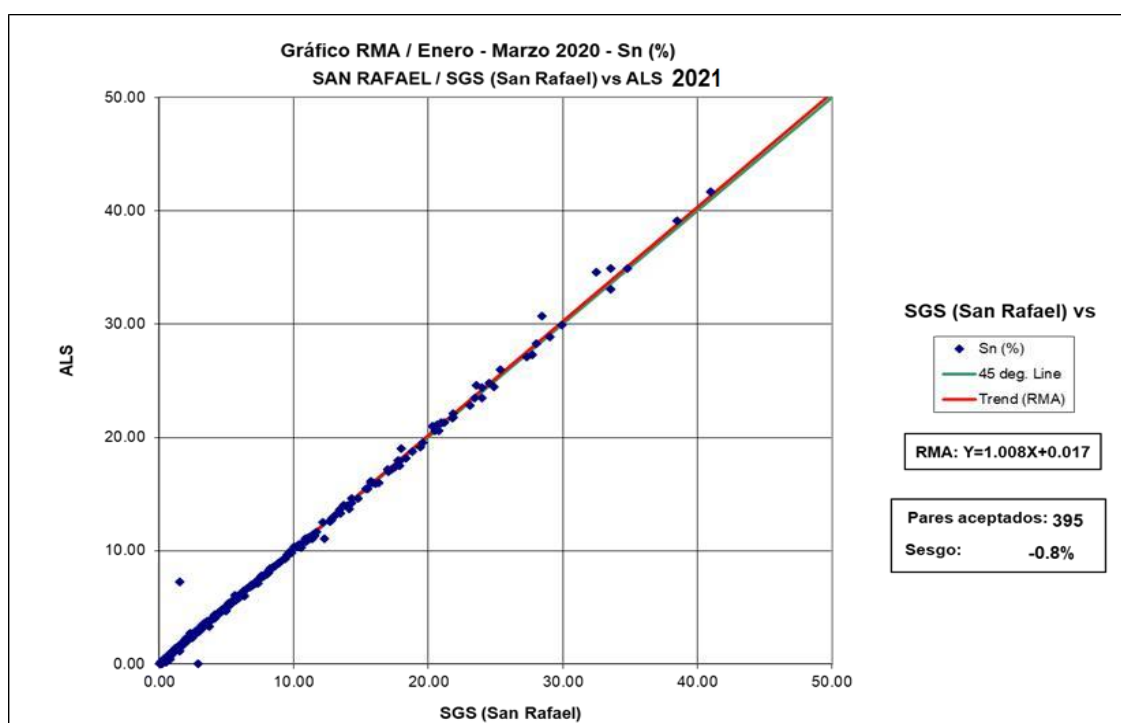


Figura 20. Gráfico de controles externos de la mina San Rafael.

4.4.14. Contaminación

La Contaminación es la transferencia involuntaria de material de una muestra o del medio circundante a otra muestra. La contaminación se evalúa:

- **Durante la preparación:** A través de blancos gruesos, son materiales con granulometría gruesa, en los cuales el contenido de %Sn se encuentra bajo el límite de detección del laboratorio de la mina San Rafael (0.03 %Sn). Se insertan los blancos gruesos de forma anónima en el flujo analítico a continuación de muestras con alta ley.

- **Durante el análisis:** A través de blancos finos, materiales pulverizados, en los cuales el contenido de %Sn se encuentra bajo el límite de detección del laboratorio de la mina San Rafael (0.03 %Sn). Se insertan los blancos finos de forma anónima en el flujo analítico a continuación de muestras con alta ley.

4.4.15. Criterio de aceptación

Los valores de los blancos no deben exceder en más de tres o cinco veces (blancos finos o gruesos respectivamente) los límites de detección del laboratorio de la mina San Rafael. La tasa de contaminación no debe superar el 2%.

a) Blancos Gruesos

Se tiene un programa de inserción de blancos gruesos en una proporción mínima del 2% del total de muestras enviadas al laboratorio de la mina San Rafael.

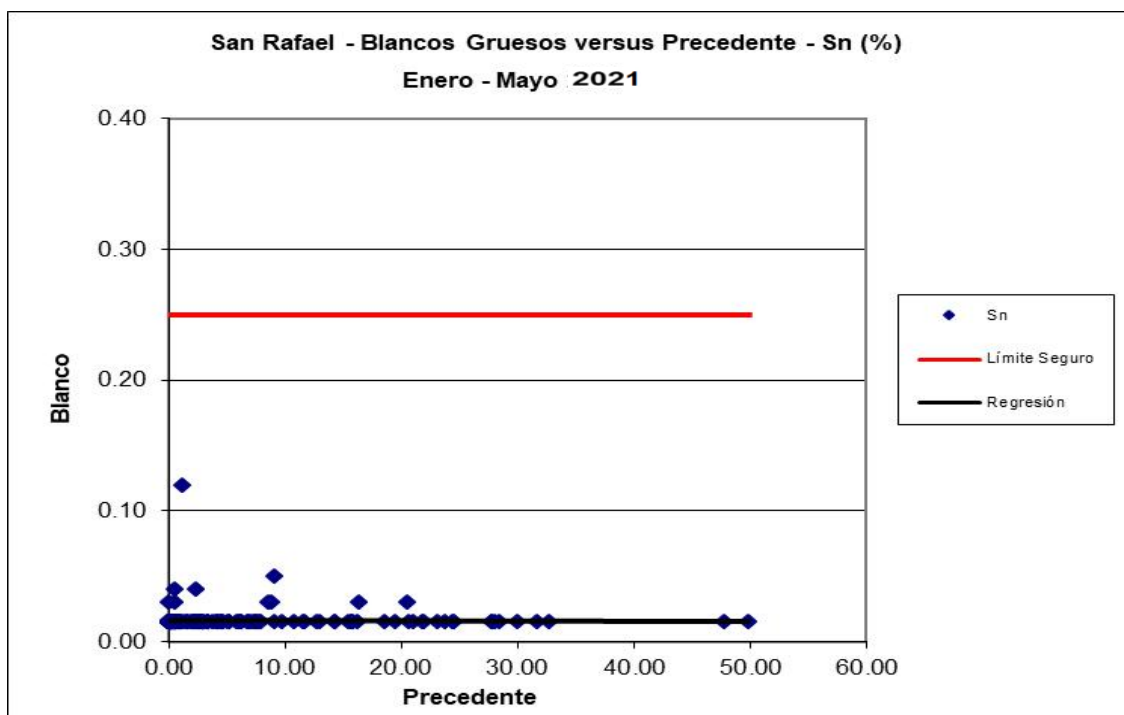


Figura 21. Gráfico de control de blancos gruesos de la mina San Rafael.

b) Blancos Finos:

Se tiene un programa de inserción de blancos gruesos en una proporción mínima del 2% del total de muestras enviadas al laboratorio.

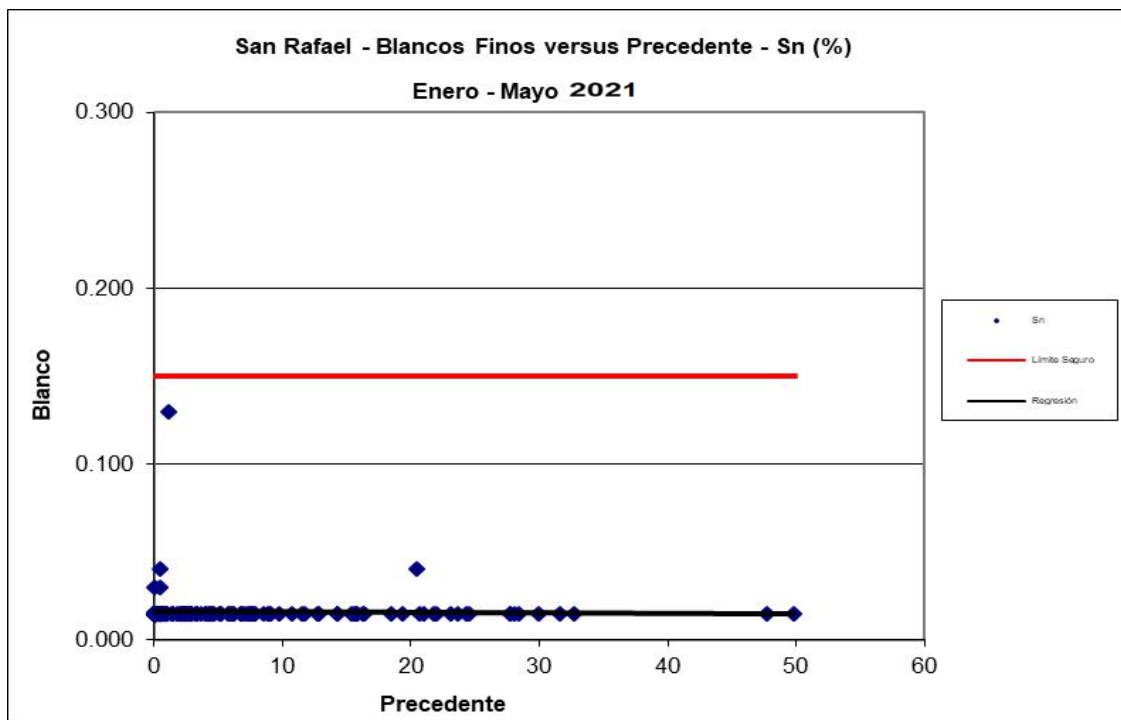


Figura 22. Gráfico de control de blancos finos de la mina San Rafael.

4.4.16. Laboratorios

El laboratorio analítico de la mina San Rafael realiza ensayos a los usuarios de Geología, Planta Concentradora, Medio Ambiente y Logística.

4.4.17. Certificación de laboratorios, protocolos

El laboratorio Químico de la mina San Rafael cuenta con la certificación ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007. Así mismo cuenta con procedimientos para la preparación y el análisis de muestras, bajo el servicio de SGS.

4.4.18. Métodos analíticos y precisión

A continuación, se muestra los métodos analíticos y la precisión de estos:

Tabla N° 20.

Límites máximos y mínimos de detección de la mina San Rafael.

Método Elemento	LDT - SGS	
	Inferior	Superior
Determinación de Azufre en minerales y concentrados por IR (Combustión equipo LECO)	0.01% 0.03% 0.01%	30% 77%
S (%)	0.01%	
Determinación de Sn en muestras de mina y exploraciones por Volumetría Yodometría	0.01%	
Sn (%)		
Determinación de Pb en muestras de mina y exploraciones por XRF (Elvax)	0.03%	
Pb (%)		
Determinación de Zn en muestras de mina y exploraciones por XRF (Elvax)		60%
Zn (%)		
Determinación de Cu en muestras de mina y exploraciones por XRF (Elvax)		
Cu (%)		
Determinación de Fe en muestras de mina y exploraciones por XRF (Elvax)		
Fe (%)		
Análisis de Sn en muestras de Mina por rayos X – ASOMA		
Sn (%)		

4.4.19. Equipos de preparación de muestras y analíticos

En la preparación de muestras, provenientes de la mina subterránea (canales) y la perforación diamantina, la preparación de muestras está a cargo del Laboratorio Químico quien primero recepciona las muestras y verifica la conformidad contrastando con la guía de remisión, posteriormente se genera la hoja de trabajo, luego estas muestras son depositadas en bandejas de acero inoxidable sobre papel Kraft y se procede con el secado, pasan por chancado primario (Roco 5"X6") y posteriormente a chancado secundario (Rocklabs) a malla 10 (ASTM), obteniendo un peso aproximado de 150g a 100g. Esta reducción es pulverizada en un equipo de discos al 95%, en una malla de 140 (ASTM) y ser colocados en sobres codificados.

En el análisis, las muestras previamente pulverizadas en la sección de preparación son pesadas en una balanza exclusiva para muestras de mina. Se pesan 0.5g en una balanza calibrada a escala digital, a esta muestra se le agrega un fundente que es el peróxido de sodio, la finalidad de este proceso es oxidar toda la muestra para facilitar la formación de la solución y liberar la casiterita (SnO₂). Luego, la muestra es lixiviada con ácido clorhídrico (HCl) pasante el Sn a fase líquida, reduciéndose posteriormente con níquel metálico y por último se determina el % de Sn mediante la titulación yodimétrica, que es un proceso de determinación del % Sn calculado por el volumen gastado de la solución de yoduro.

4.4.20. Controles de calidad internos, CCLAS

Los controles de calidad internos, implementados por el Laboratorio Analítico de la mina San Rafael -SGS, son:

- a) **Para evaluar la exactitud:** materiales de referencia (estándares de Ley Baja, Ley Media y Ley Alta) se introduce 3 cada 20 muestras, aleatoriamente por cada lote.
- b) **Para evaluar la precisión:** 1 duplicado de ensayo (muestra pulpa) cada 20 muestras y 1 duplicado de procesamiento (doble cuarteo) cada 20 muestras.
- c) **Para evaluar la contaminación:** 1 blanco reactivo para medir contaminación del análisis y 1 blanco de procesamiento para medir contaminación de la preparación cada 20 muestras.
- d) El Laboratorio Químico de la mina San Rafael trabaja con el sistema CCLAS de SGS. Los controles internos se generan aleatoriamente mediante el CCLAS.

4.4.21. Reportes certificados

Los resultados de los análisis son registrados en un Informe de Ensayos, el cual contiene la firma digital del Residente de SGS reportado de enero a marzo, los cuales son colocados en el servidor.

4.4.22. Análisis de datos

Análisis exploratorio de datos (EDA)

Con la data seleccionada, se realiza un análisis exploratorio de datos, también conocido como EDA (por sus siglas en inglés), que nos permite conocer las características principales de la población de datos seleccionada.

En la Tabla 8.1 se resume el análisis exploratorio de datos por cada Estructura y Azone trabajados en la presente estimación. Teniendo como

CONCLUSIONES

- La mineralización del cuerpo Cyndhi es muy distinta a todas las demás estructuras de la mina San Rafael. El envolvente general de Cyndhi tiene un buzamiento de 75° al sur oeste y una dirección de buzamiento de 240° .
- Las vetillas que contienen la mineralización del cuerpo mineralizado Cyndhi tienen un buzamiento de 60° al NE y una dirección de buzamiento de 60° .
- Falta actualizar procedimiento del mapeo geológico, actualmente se usa distanciómetro el cual no está incluido en procedimiento,
- El porcentaje de inserciones cumple con lo recomendado.
- La Precisión del muestreo (canales y diamantina), el submuestreo y análisis resulto dentro de los límites aceptables.
- La exactitud evaluada a través de los 03 estándares resultó aceptable. El cv de los estándares resulto $<5\%$ lo que indica que el laboratorio de San Rafael trabajo con buena precisión.
- La exactitud global muestra una buena correlación de los datos y un sesgo aceptable para el Sn.
- No fue detectada contaminación alguna en la etapa de preparación y análisis de las muestras.
- Los controles granulométricos para la etapa del chancado y pulverizado cumplen el porcentaje requerido de la malla pasante.
- Los resultados del duplicado de medición de desviación de sondajes resultaron dentro de lo aceptable.
- La evaluación de los controles para la cancha es como sigue: la precisión para el muestreo es inaceptable. La exactitud evaluada a través del sesgo resulto aceptable para leyes medias y cuestionable para leyes altas y bajas.

- La contaminación en el análisis resulto sin evento de contaminación alguna.
- Se realizó la verificación del procedimiento mapeo geológico subterráneo de labores.
- Se reportó supervisión de muestras gemelas.
- No se reportó mejoras en QA/QC en el periodo de estudio.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mejoras e innovaciones para mejorar el control de calidad en el mes.
- Indicar las acciones correctivas aplicadas y las enseñanzas logradas de las desviaciones ocurridas en el mes.
- Realizar la difusión de resultados de forma mensual.
- Se recomienda el aseguramiento del control de la calidad QA/QC sobre todo el muestreo primario ya que se generan los valores más altos de sesgo y error además nuestra principal y directa responsabilidad real.
- Realizar una capacitación al personal que realiza QA/QC debe involucrarse siempre con la finalidad de conocer los reales alcances de los conceptos involucrarlos más a tener un mejor desempeño en dicha área de QA/QC.
- Se recomienda a las personas relacionados al proceso de Muestreo de Minerales QA/QC ser muy accesible a la información y también en el campo de acción, a la comunidad científica Nacional e Internacional, conocer la importancia del Muestreo Geológico en Subterráneo y en Superficie y la importancia que tiene para considerar Recursos Minerales de una mina los procesos rigurosos que se tiene para llegar a cumplir los objetivos
- Se recomienda al Personal que desarrolla procesos de Muestreo Geológico Obreros, técnicos, ingenieros, Laboratoristas, Comunidad Científica, conocer bien todos los parámetros del Muestreo Geológico y Su aplicación para la Industria Minera y su importancia y rol que se juega en la sociedad y los estados financieros del mundo globalizado.
- En las Universidades en los repositorios no existen mucha información desarrollada de este tema es escaso, especialmente del muestreo es un buen tema

para desarrollar futuras tesis de grado o tesis de Posgrado es recomendable desarrollar evolucionar temas relacionados con este principio, lo Cual es una oportunidad de desarrollar y evolucionar en este campo beneficio para la Industria Minera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M. J. (2017). *"Inteligencia de negocio en aseguramiento y control de la calidad QA/QC para exploración minera"*. . Obtenido de Santiago de Chile.
- AMEC. (2013). *Aseguramiento y Control de Calidad QA/QC en Exploración*. Obtenido de Santiago de Chile.
- AMEC Perú S.A. (2019). *nforme preparado por AMEC (Perú) para Empresa Minsur julio 2019*. Obtenido de Antauta/Melgar/Puno: AMEC.
- Ancalle, Q. F. (2020). *"Logueo geológico muestreo y (QA/QC) en la perforación diamantina Proyecto puite colorada en el departamento de Moquegua de la Compañía Minera Zahena S.A.C*. Obtenido de Arequipa Perú: UNSAC.
- Apaza, P. J. (2020). *"Control de Calidad QA/QC de los cuerpos catas contacto sur medio y mascota Unidad Minera Yauricocha"*. Obtenido de Arequipa Perú: UNSAC.
- Arias, V. O. (2018). *Zonificación de paragénesis de las vetas colorada, Katherine y Gaby Norte en la Sociedad Civil Minería Goldmins ubicada en el Distrito Aurífero Polimetálico Portovelo Zaruma*. Obtenido de Quito Ecuador.
- Burga, J. D. (2006). *Diccionario Geológico Bilingüe Español-Inglés*. . Obtenido de UNI-ANR.
- Camma, H. M. (2017). *"Aplicación del QA/QC en el proceso geológico para validar la estimación de recursos de la unidad operativa de Chungar*. Arequipa Perú: UNSAC.
- Chuqui, A. R. (2018). *"Zonificación metalogenética de vetas de los sectores M y R de la mina Goldmins, ubicada en la parroquia Malvas, Canton Zaruma de la provincia del Oro"*. Quito Ecuador.
- Condori, C. C. (2021). *Informe de Control de Calidad. QA/QC*. Antauta Melgar Puno.
- Huang, W. T. (1968). *Petrología*. Hispano Americana S.A.

- Ingenieros Microscopia. . (2013). *informe mineralógico otsm-020-020rev-0 Minsur ing: J Palacios*. Lima: Informe memo.
- Jean, V. (2013). *Sn. Antauta*. Melgar/Puno: Geólogo Senior Minsur .
- Jorc. (2012). *he Jorc code, Australasian code for Mineral Resources and ore Reserves. The join Ore Reserves Committe of the Australasian institute of mining metallurgy NI- 43-101 Code Australasian Jorc. Código Australiano Jorc (pág. varios)*. Sídney: Conferensse.
- Jorge, R. B. (2019). *"Incremento de recursos minerales con perforación diamantina entre las cotas 4250-4275, de la veta Rosario Unidad Minera San Rafael, Melgar Puno"*. . Puno Perú: UNA.
- Luisa, M. (2017). *Aplicación del QA/QC en el Proceso Geológico para validar la Estimación de Recursos y Reservas de la Unidad operativa de Chungar*. Arequipa Perú: Unsac.
- Macedo, C. S. (2018). *"Características geológicas e incremento de recursos de Veta Vicente Piso, Mina San Rafael, Melgar-Puno"*. Arequipa-Perú: UNSAC.
- Masson , B., & Kerr, D. (2000). *Factores Geológicos y Sus Efectos En la Definición de Mineral Estimación de las Reservas Control, Planificación y Exploración en la Mina San Rafael preparado para Minsur el año 2000*. . Antauta/Melgar/Antauta: MINSUR.
- Minsur S.A. . (2020). *El Manual de Muestreo-Mina San Rafael. Mina San Rafael* . Antauta/Melgar/Puno: Minsur S.A.
- Minsur S.A. . (2020). *Manual de Muestreo*. Mina San Rafael: MINSUR.
- Minsur S.A. (2021). *Informe de la Superintendencia de Dpto de Geología Estimación de Recursos Minerales Julio 2021*. . Antauta/Melgar/Puno: MINSUR S.A.
- Minsur S.A. Ingemmet. (2023). *Compendido de Yacimientos Minerales. En P. H. Lima*

Perú: Ingemmet.

Najar, J. J. (2017). *Geología y Control de Calidad Ore Control QA/QC Dilución Funciones del Ingeniero Geólogo en Operaciones Mina Unidad Minera Arcata.*

. Arequipa Perú: UNSAC.

Paniabra, J. B. (2017). *Reinterpretación Geológica, Perforación Diamantina y Cubicación de Recursos Minerales en el Cuerpo Eliana, Unidad Minera San*

Rafael Minsur S.A. Melgar Puno. . Arequipa Perú: Unsac Arequipa.

Phillippe, M. C. (2018). *aracterísticas Geológicas e Incremento de Recursos de la Veta Vicente Centro Piso Mina San Rafael. Arequipa Perú,* . Arequipa, Perú:: UNSAC.

Pimentel, E. J. (2018). *Evaluación y Clasificación de Recursos y Reservas Minerales en el Yacimiento Aurífero de Alpacay Minera Yanaquihua, Arequipa Perú.* .

Arequipa Perú: UNSAC.

Ramírez, B. F. (2017). *Estudio geológico y mineralización de la UP Carahuacra proyecto de exploración y estimación de recursos de la veta Mary Nv 1020.*

Arequipa Perú: UNSAC.

Ramos, B. J. (2019). *Incremento de Recursos Minerales con Perforación Diamantina Entre las cotas 4250-4375 Veta Rosario Unidad Minera San Rafael Melgar Puno.*

Puno Perú: UNA.

Samuel, C. M. (2015). *Geoestadística, Aplicada al Muestreo y QA/QC.* . Arequipa.

Simon, A. (2012). *Taller de Aseguramiento y Control de Calidad QA/QC en Exploración Geológica Abstrac AMEC Earth & Enviromental AEE Peruvian Mining Industry*

1998-2000 ACE. . Lima /Perú: Taller.

Tito, M. C. (2021). *"Estimación de Recursos Mineros por el Método Geoestadístico del Sistema de Vetas Vicente en La Unidad Minera San Rafael Minsur Puno".* Puno

Perú: UNA.

- Urrutia, R. E. (2019). *"Caracterización de la heterogeneidad de las unidades litológicas del yacimiento los bronces, región metropolitana de Chile"*. Concepción Chile.
- Urtubia, O. V. (2020). *"Implementación y optimización de actividades de geología de producción, control de calidad de mineral en el corto plazo, Mina San Antonio, división el salvador Codelco, Región de Atacama Chile"*. Concepción Chile.
- Valdivia , F. F. (2017). *Estudio Geológico y control de Calidad (QA/QC) en la Unidad Minera Arcata*. Arequipa Perú: UNSAC.
- Valdivia, P. J. (2017). *Reinterpretación geológica, perforación diamantina y cubicación de recursos minerales en el Cuerpo Eliana, Unidad Minera San Rafael Minsur S.A Melgar, Puno"*. Arequipa Perú: UNSAC.

