

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Auditoría de los procedimientos para la estimación de recursos y reservas**

**en la Unidad Minera Yauli-La Oroya, 2024**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autores:**

**Bach. Luis David ATENCIO PALOMINO**

**Bach. William Miguel MARCELO SERNA**

**Asesor:**

**Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO**

**Cerro de Pasco - Perú – 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Auditoría de los procedimientos para la estimación de recursos y reservas**

**en la Unidad Minera Yauli-La Oroya, 2024**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA

**PRESIDENTE**

---

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

**MIEMBRO**

---

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES

**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 289-2025-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Auditoría de los procedimientos para la estimación de recursos y reservas en la Unidad Minera Yauli-La Oroya, 2024**

Apellidos y nombres de los tesisistas

**Bach. Luis David, ATENCIO PALOMINO**

**Bach. William Miguel, MARCELO SERNA**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Dr. Tito Marcial, ARIAS ARZAPALO**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Geológica**

Índice de Similitud

**18 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 20 de junio del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO  
ISIDRO Ruben Edgar FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 20.06.2025 08:32:48 -05:00

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes han sido nuestro pilar inquebrantable durante todo este camino. A nuestros padres, por su amor, sacrificio y constante apoyo; a ellos les debemos cada paso que nos ha traído hasta aquí. También dedicamos esta tesis a aquellos profesores y amigos que nos inspiraron a seguir adelante en momentos difíciles, y a todos los que creen en el valor del conocimiento, la perseverancia y la geología como ciencia para construir un mundo mejor.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de este proyecto académico.

A nuestro asesor y docentes, por compartir con nosotros su conocimiento, tiempo y orientación durante toda nuestra formación y en la elaboración de esta tesis.

A nuestras familias, por ser nuestra fuente inagotable de fortaleza y motivación, por creer en nosotros incluso en los momentos en que nosotros mismos dudamos.

A nuestros compañeros y amigos de carrera, por los años de camaradería, colaboración y aprendizaje conjunto.

Y, por último, a nosotros mismos, por no rendirnos, por confiar en nuestras capacidades y por demostrar que con esfuerzo, pasión y trabajo en equipo, es posible alcanzar nuestros sueños.

## RESUMEN

La presente investigación, titulada "Auditoría de los procedimientos para la estimación de recursos y reservas en la Unidad Minera Yauli-La Oroya, 2024", tiene como objetivo general realizar la auditoría de los procedimientos empleados en la estimación de reservas minerales de la Veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal, con el fin de evaluar su calidad, confiabilidad, consistencia y verificar su cumplimiento con los estándares internacionales de reporte aplicables. El problema general del estudio es como realizar la auditoría de los procedimientos empleados en la estimación de recursos y reservas. La metodología empleada es de tipo descriptiva y aplicada, con un nivel de investigación descriptivo. Se emplea un método evaluativo con un diseño descriptivo no experimental transversal. La población de estudio es el conjunto total de procedimientos, datos, documentos y supuestos del proceso de estimación de recursos y reservas de la Veta 658 en San Cristóbal durante 2024, tomando como muestra la Veta 658 como la más representativa. Las técnicas de recolección de datos incluyeron revisión documental y observación directa, utilizando como instrumentos las listas de verificación, informes técnicos y una guía de observación. Los resultados de la auditoría detallan la evaluación de los procesos de estimación de recursos de la veta 658, clasificándolos según su adecuación respecto a las mejores prácticas y estándares internacionales, donde el límite operativo de corte es del 10,12 % de ZnEq, y el 2% de ZnEq es el límite geológico actual, cercano al límite marginal operativo. De la misma manera la estimación de reservas del año 2024 en general es de 11.10MTon con leyes de Zn 5.6%, Pb 0.91%, Cu 0.19%, Ag 3.53Oz/Tn, en la que concluye que los procesos empleados en la estimación de recursos son aceptables y se realizan siguiendo estándares internacionales.

***Palabras Claves:*** Auditoría, Procedimientos, Estimación, Reservas Minerales,  
Geoestadística.

## ABSTRACT

The present research, titled "Audit of the procedures for the estimation of resources and reserves in the Yauli-La Oroya Mining Unit, 2024," had the general objective of auditing the procedures used in the estimation of mineral reserves of Vein 658 in the San Cristóbal Production Unit, in order to assess their quality, reliability, consistency, and to verify compliance with applicable international reporting standards. The general problem that guided the study was to determine how to conduct such an audit. The methodology used was descriptive and applied, with a descriptive level of research. An evaluative method was employed with a non-experimental cross-sectional descriptive design. The study population was the total set of procedures, data, documents, and assumptions of the resource and reserve estimation process for Vein 658 in San Cristóbal during 2024, taking Vein 658 as the most representative sample. The data collection techniques included document review and direct observation, using checklists, technical reports, and an observation guide as instruments. The audit results detail the evaluation of the resource estimation processes for vein 658, taken as a case study, classifying them according to their adequacy with respect to international best practices and standards. The operating cut-off limit is 10.12% ZnEq, and 2% ZnEq is the current geological limit, close to the marginal operating limit. The overall reserve estimate for 2024 is 11.10 Mton with grades of Zn 5.6%, Pb 0.91%, Cu 0.19%, and Ag 3.53 oz/t. It is concluded that the processes used in the resource estimation are acceptable and are carried out following international standards.

***Keywords:*** Audit, Procedures, Estimation, Mineral Reserves, Geostatistics.

## INTRODUCCIÓN

La estimación de recursos y reservas minerales constituye un pilar primordial en la minería, impactando directamente la planificación operativa, las decisiones estratégicas y, la confianza de inversionistas y organismos reguladores. La precisión, consistencia y veracidad de estas estimaciones son esenciales para el desarrollo sostenible y la viabilidad económica de los proyectos mineros. Para garantizar dicha precisión, es indispensable contar con procedimientos geológicos y geoestadísticos robustos, controles de calidad adecuados y una alineación rigurosa con los estándares internacionales de reporte, tales como el Código JORC o la Norma NI 43-101.

En el contexto específico de la mina San Cristóbal, se ha identificado la existencia de omisiones significativas en el flujo de datos y los procedimientos empleados en la estimación de recursos y reservas en diferentes áreas. Se reconoce que la secuencia actual de tareas no siempre refleja el orden natural del cálculo, y aspectos como la integración del plan de mina en el cálculo de reservas o la relación entre áreas críticas de recursos y reservas no están adecuadamente contemplados. La ausencia de una auditoría adecuada de estos procedimientos puede generar situaciones problemáticas, incluyendo inexactitudes en las estimaciones, metodologías que no cumplen con los estándares o están desactualizadas que puede ocasionar sobreestimaciones o subestimaciones, y la consiguiente pérdida de confianza por parte de los inversionistas.

Ante la aspiración de la empresa minera de cotizar en bolsas de valores internacionales en el futuro, es un requisito asegurar que la declaración de sus recursos y reservas se realice siguiendo los más altos estándares posibles. En respuesta a esta necesidad, se ha realizado una auditoría de los procedimientos utilizados en la estimación de recursos minerales teniendo como caso en la Veta 658, porque es la más importante, en donde se identificaron fortalezas como posibles deficiencias en la calidad del flujo de

datos, las metodologías de interpolación y el cumplimiento de estándares como JORC. No obstante, se requiere una evaluación más profunda, particularmente enfocada en los procedimientos de estimación de reservas, para determinar su nivel de confiabilidad y asegurar su alineación con las mejores prácticas.

El objetivo general de la investigación es realizar la auditoría de los procedimientos empleados en la estimación de reservas minerales de la Veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya, con el fin de evaluar su calidad, confiabilidad, consistencia y verificar su cumplimiento con los estándares internacionales de reporte de recursos y reservas minerales aplicables.

La investigación se ha organizado en cuatro etapas. Primeramente, se plantea el problema a investigar. Luego, se construye un marco teórico que brinda las bases conceptuales para el estudio. Seguidamente, se describe la metodología utilizada para recolectar y analizar los datos. Finalmente, se presentan y discuten los resultados obtenidos, contrastándolos con la hipótesis planteada, y se extraen conclusiones y recomendaciones.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.2.1. Delimitación espacial .....	3
1.2.2. Delimitación temporal .....	3
1.3. Formulación del problema .....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas específicos .....	3
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	4
1.5.1. Justificación teórica.....	4
1.5.2. Justificación práctica .....	5
1.5.3. Justificación metodológica .....	5

1.6. Limitaciones de la investigación.....	5
--	---

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio .....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.2. Bases teóricas - científicas .....	11
2.2.1. Teoría de los Recursos y Reservas Minerales .....	11
2.2.2. Auditoría de Procedimientos: Fundamentos .....	11
2.2.3. Normativas Internacionales (JORC, NI 43-101, PERC).....	12
2.2.4. Geoestadística aplicada a la estimación .....	12
2.2.5. Teoría de la materialidad y riesgo .....	13
2.3. Definición de términos básicos .....	13
2.4. Formulación de hipótesis .....	15
2.4.1. Hipótesis general .....	15
2.4.2. Hipótesis específicas .....	15
2.5. Identificación de variables .....	16
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	16

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	17
3.2. Nivel de investigación.....	17
3.3. Métodos de investigación.....	18
3.4. Diseño de investigación .....	18
3.5. Población y muestra.....	18

3.5.1. Población .....	18
3.5.2. Muestra .....	19
3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos .....	19
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	20
3.8. Tratamiento estadístico .....	20
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica .....	20

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	21
4.1.1. Recopilación de información técnica .....	21
4.1.2. Análisis del flujo de datos y procesos internos .....	22
4.1.3. Comparación con estándares internacionales .....	22
4.1.4. Trabajo en terreno y validación de datos.....	22
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	23
4.2.1. Ubicación y accesibilidad.....	23
4.2.2. Geología .....	25
4.2.3. Recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentación utilizados en la estimación de recursos de la veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya.....	50
4.2.4. Recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentación utilizados en la estimación de reservas de la veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya.....	85
4.2.5. Caracterización de la veta 658.....	97
4.3. Prueba de hipótesis.....	116
4.3.1. Hipótesis general .....	116

4.3.2. Prueba de las hipótesis específicas .....	117
4.4. Discusión de resultados.....	119
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS:	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de las variables e indicadores.....	16
<b>Tabla 2</b> Procesos de relacionados a la perforación de sondajes diamantinos.....	55
<b>Tabla 3</b> Procesos relacionados al muestreo de sondajes.....	56
<b>Tabla 4</b> Procesos relacionados a la toma de muestras de canales y comunes .....	57
<b>Tabla 5</b> Análisis de leyes y Aseguramiento/Control de Calidad I.....	57
<b>Tabla 6</b> Análisis de leyes y Aseguramiento/Control de Calidad II .....	58
<b>Tabla 7</b> Información de densidad.....	58
<b>Tabla 8</b> Información geológica y estructural/geotécnica.....	59
<b>Tabla 9</b> Base de datos y gestión de la información .....	60
<b>Tabla 10</b> Controles geológicos usados en la estimación I.....	61
<b>Tabla 11</b> Modelos 3D y consideraciones geológicas I .....	62
<b>Tabla 12</b> Modelos 3D y consideraciones geológicas II.....	63
<b>Tabla 13</b> Análisis espacial de la información .....	64
<b>Tabla 14</b> Análisis variográfico y selección método de estimación .....	65
<b>Tabla 15</b> Selección de Umbrales de Recorte .....	65
<b>Tabla 16</b> Validación de la estimación .....	66
<b>Tabla 17</b> Categorización y reporte de recursos .....	66
<b>Tabla 18</b> Análisis de riesgo.....	68
<b>Tabla 19</b> Análisis del límite de confianza a diferentes tamaños de malla de perforación .....	80
<b>Tabla 20</b> Estrategia General de Reservas.....	86
<b>Tabla 21</b> Costos, Parámetros económicos y Ley de Corte .....	86
<b>Tabla 22</b> Método de minado y Factores Mineros.....	87
<b>Tabla 23</b> Factores modificadores .....	88

<b>Tabla 24</b> Secuencia de minado.....	88
<b>Tabla 25</b> Consideraciones de Planta de Beneficio .....	89
<b>Tabla 26</b> Definición de material explotable .....	89
<b>Tabla 27</b> Categorización de Reservas .....	90
<b>Tabla 28</b> Análisis de riesgo.....	91
<b>Tabla 29</b> Resumen de la Estimación de Reservas al 31 de diciembre 2024.....	95
<b>Tabla 30</b> Reservas 2024 por método de minado.....	96
<b>Tabla 31</b> Base de datos de vetas 658, 15 de enero de 2024.....	98
<b>Tabla 32</b> Valor de recubrimiento para zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 .....	103
<b>Tabla 33</b> Comparación estadística de muestras no compuestas y compuestas de la veta 658 (Dom_est 2).....	104
<b>Tabla 34</b> Rangos de elipse de búsqueda y método de estimación para Zinc.....	106
<b>Tabla 35</b> Configuración del modelo de bloques.....	107
<b>Tabla 36</b> Variables del modelo de bloques.....	108
<b>Tabla 37</b> Leyes medias globales para la estimación NN frente a la estimación OK para la veta 658.....	111
<b>Tabla 38</b> Resultado de recursos 2024 vs 2023 .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Plano de ubicación .....	24
<b>Figura 2</b> Fisiografía, fotográfica satelital de la Mina San Cristóbal .....	25
<b>Figura 3</b> Mapa geomorfológico del Perú.....	26
<b>Figura 4</b> Columna estratigráfica de la zona de Yauli .....	32
<b>Figura 5</b> Pulsos magmáticos de la mina San Cristóbal .....	38
<b>Figura 6</b> Sección longitudinal SW-NE del domo de Yauli .....	39
<b>Figura 7</b> Esfuerzos estructurales de Yauli.....	41
<b>Figura 8</b> Plano Estructural de Yauli .....	42
<b>Figura 9</b> Mapa estructural local de las principales fallas, vetas, contactos de la mina San Cristobal, Carahuacra, Andaychagua.....	44
<b>Figura 10</b> Imagen satelital de la mina Carahuacra, San Cristobal y Andaychagua.....	46
<b>Figura 11</b> Paragénesis de la Mina San Cristobal.....	49
<b>Figura 12</b> Fotografía de almacenamiento en el exterior de Sala de cores.....	52
<b>Figura 13</b> Ubicación de las muestras gemelas de canales ensayadas por Ag con índice HARD/100.....	69
<b>Figura 14</b> Ubicación de las muestras gemelas de canales ensayadas por Ag con índice HARD/100.....	71
<b>Figura 15</b> Ubicación de las muestras gemelas de canales ensayadas por Pb con índice HARD/100.....	71
<b>Figura 16</b> Ubicación de las muestras gemelas de canales ensayadas por Zn (%) con HARD/100.....	72
<b>Figura 17</b> Compósitos veta 658 – Mina San Cristóbal .....	75
<b>Figura 18</b> Compositos Veta 658 en coordenadas relativas – Mina San Cristóbal.....	76

<b>Figura 19</b> Análisis variografico Ag (ozt) de los compósitos de la veta 658 en coordenadas relativas.....	76
<b>Figura 20</b> Esquema de Intervalo de confianza .....	79
<b>Figura 21</b> Malla para definición de recursos Medidos e Indicados en veta 658 .....	80
<b>Figura 22</b> Archivo Assay proyecto San Cristobal .....	82
<b>Figura 23</b> Sección transversal veta 722 – Codificación de canales.....	82
<b>Figura 24</b> Sección transversal vetas 658 (rojo), ramal 658 y 722 .....	83
<b>Figura 25</b> Dominios litológicos y fallas principales.....	84
<b>Figura 26</b> Sección transversal contactos litológicos y delimitación del cuerpo 658.....	84
<b>Figura 27</b> Flujo actual de información para Cálculo de Reservas.....	93
<b>Figura 28</b> Propuesta para Flujo de Información de Cálculo de Reservas .....	95
<b>Figura 29</b> Vista longitudinal de Reservas YE 2024 .....	97
<b>Figura 30</b> Estructura de la Veta 658 con volumen .....	99
<b>Figura 31</b> Histograma de zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 (Dom_est 1). ....	100
<b>Figura 32</b> Histograma de zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 (Dom_est 2). ....	100
<b>Figura 33</b> Probabilidad para zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 (Dom_est 1) .	101
<b>Figura 34</b> Probabilidad para zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 (Dom_est 2) .	101
<b>Figura 35</b> Gráfico de probabilidad de recubrimiento para zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 (Dom_est 2). ....	102
<b>Figura 36</b> Histograma de tamaño de muestra (longitud) para la veta 658 (Dom_est 2). Donde la moda observada es cercana a 1 m. ....	103
<b>Figura 37</b> Histograma de distribución y de medias.....	104
<b>Figura 38</b> Variografía de zinc en la veta 658 (Dom_est 2). ....	105
<b>Figura 39</b> Fórmula de regresión multilineal 2024 .....	106
<b>Figura 40</b> Interpolación de densidad de la veta 658.....	107

<b>Figura 41</b> Modelo de recursos para la veta 658 por leyes de zinc.....	109
<b>Figura 42</b> Validación visual del modelo de bloques de grado de Zn frente a compuestos de Zn para la veta 658 .....	109
<b>Figura 43</b> Franjas para valores de estimación de zinc - veta 658.....	110
<b>Figura 44</b> Histograma y gráfico de probabilidad para los valores de estimación de zinc de la veta 658.....	110
<b>Figura 45</b> AV para la Veta 658 .....	111
<b>Figura 46</b> Curva grafica de toneladas – leyes de recursos 2024 .....	112
<b>Figura 47</b> Clasificación de recursos (1= Medido; 2= Indicado; 3= Inferido, 4= Potencial mineral) para 658 veta. ....	114
<b>Figura 48</b> Recursos medidos, indicados e inferidos in situ para la veta 658.....	115
<b>Figura 49</b> Codificación extraída para la veta 658.....	116

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En la empresa se ha reconocido que existen omisiones importantes en relación al flujo de datos en diferentes áreas involucradas en la estimación de y reservas, dentro de los cuales se puede mencionar que la secuencia de las tareas no refleja el orden natural del cálculo, asimismo no se incluye el plan de mina como componente del cálculo de reservas, también la distribución del flujo no permite la relación de áreas críticas de los recursos con reservas.

Cuando no se realiza una auditoría adecuada, pueden ocurrir múltiples situaciones problemáticas, tales como las inexactitudes en la estimación de reservas, donde pueden surgir errores en la estimación de la cantidad y calidad de los minerales disponibles; sus metodologías utilizadas podrían no cumplir con los estándares internacionales o estar desactualizadas, lo que lleva a sobrestimar o subestimar la cantidad de reservas. Por otra parte, sino se realiza una adecuada auditoría existe la posibilidad de pérdida de confianza de los inversionistas, los

cuales se basan en la certeza y transparencia de las reservas declaradas, lo que puede impactar negativamente en la valoración de la empresa.

Según Dominy et al. (2014), "Audit and Review of Mineral Resource Estimates": analiza casos donde auditorías han detectado errores críticos en modelos geológicos y métodos de estimación. Considerando que la empresa minera desea cotizar en la Bolsa de Valores en el futuro, ya sea en la de Londres o en la de Nueva York y desea asegurar que, como parte de su auditoría, a realizar, todos sus recursos y reservas sean declarados siguiendo los más altos estándares posibles.

La confiabilidad en la estimación de recursos minerales es esencial, ya que impacta la planificación operativa, la toma de decisiones estratégicas y la confianza de inversionistas y reguladores. Para garantizar la precisión y veracidad de estas estimaciones, es esencial contar con procedimientos geológicos y geoestadísticos robustos, controles de calidad adecuados y alineación con estándares internacionales.

En la Veta 658, se ha realizado una auditoría de los procedimientos utilizados en la estimación de recursos minerales, identificando fortalezas y posibles deficiencias en la calidad del flujo de datos, la aplicación de metodologías de interpolación y el cumplimiento de estándares como JORC. No obstante, es necesario evaluar el nivel de confiabilidad de estos procedimientos, determinando en qué medida garantizan estimaciones precisas, consistentes y alineadas con las mejores prácticas en minería.

La presente investigación busca evaluar la auditoría de los procedimientos empleados en la estimación de reservas minerales en la Unidad Minera Yauli, para el caso se ha tomado como modelo la veta 658, con el fin de asegurar que

cumplen con las mejores prácticas y estándares internacionales y proponer recomendaciones para optimizar los procesos de estimación de recursos y reservas minerales ya sea con el código JORC (“Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves” o ‘JORC Code’).

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

La presente investigación se realizará en la provincia de Yauli, provincia y departamento de Junín. La unidad minera incluye las operaciones de San Cristóbal, Carahuacra, Andaychagua y Ticlio.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

La información de campo y gabinete que se emplearán en la investigación comprenderán los periodos del 2023, por lo que tanto el periodo de análisis de los datos y la auditoría de los procedimientos de estimación de recursos y reservas se llevará a cabo entre 2023 y 2024.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo realizar la auditoría de los procedimientos empleados en la estimación de recursos y reservas minerales de la Veta 658, en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya, 2024?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cómo asegurar la correcta recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentación utilizados en la estimación de recursos de la veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya, 2024?

- b. ¿Cómo asegurar la correcta recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentación utilizados en la estimación de reservas de la veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya, ¿2024?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar la auditoría de los procedimientos empleados en la estimación de reservas minerales de la Veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya, con el fin de evaluar su calidad, confiabilidad, consistencia y verificar su cumplimiento con los estándares internacionales de reporte de recursos y reservas minerales aplicables.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Asegurar la correcta recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentación utilizados en la estimación de recursos de la veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya.
- b. Asegurar la correcta recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentación utilizados en la estimación de reservas de la veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya

#### **1.5. Justificación de la investigación**

##### **1.5.1. Justificación teórica**

Se justifica la investigación porque aporta al conocimiento técnico y metodológico relacionado con los procedimientos de estimación de reservas minerales. La auditoría de estos procesos permite identificar fallas o áreas de

mejora en los métodos aplicados para la estimación de reservas. Esto contribuye a validar la precisión y confiabilidad de los procedimientos geoestadísticos, asegurando que los modelos de estimación de recursos reflejen fielmente la realidad geológica del yacimiento.

### **1.5.2. Justificación práctica**

En la práctica se justifica porque la auditoría de los procedimientos de estimación de recursos y reservas en la Unidad Minera Yauli es esencial para asegurar que los diferentes métodos empleados en el cálculo de reservas sean eficaces y cumplan con las mejores prácticas. La correcta auditoría evita sobreestimaciones o subestimaciones que podrían tener consecuencias económicas y operativas importantes.

### **1.5.3. Justificación metodológica**

La presente investigación afianza un enfoque metodológico actualizado que puede ser replicado en otras auditorías o evaluaciones geológicas similares. Las metodologías aplicadas para auditar los procedimientos de estimación de recursos y reservas pueden servir como guía para futuras investigaciones en el campo de la geología.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La limitación que presenta la investigación está sujeta a la disponibilidad y al acceso de información, para el estudio no se han considerado poner todos los datos ya que son confidenciales en de cálculo de reservas, esta falta limita la calidad del análisis y los resultados de la auditoría.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Un estudio relevante sobre la auditoría de los procedimientos para la estimación de recursos y reservas en la minería es el de Tang Ziquan (2024), publicado en The ECPH Encyclopedia of Mining and Metallurgy. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la confiabilidad de los métodos de estimación de recursos minerales y su relación con la incertidumbre geológica y económica. La población de estudio incluyó operaciones mineras en China, con una muestra de 15 proyectos mineros en fase de explotación y exploración avanzada. Se utilizaron técnicas de auditoría geológica y geoestadística, con instrumentos como modelos de bloques, simulaciones condicionales y análisis de incertidumbre mediante métodos probabilísticos. Los resultados mostraron que los errores en la clasificación de recursos y reservas pueden generar desviaciones de hasta un 18 % en la producción planificada y afectar la viabilidad económica de los proyectos. Además, se encontró que la implementación de técnicas avanzadas de simulación puede reducir el margen de error en un 12 %. En

conclusión, la auditoría sistemática y la integración de modelos geoestadísticos permiten mejorar la precisión en la estimación de recursos y reservas, optimizando la toma de decisiones en la industria minera (Tang, 2024)

Según Noppé (2017) publicó su artículo denominado: “Mejora de la fiabilidad de las estimaciones y los informes sobre recursos y reservas minerales mediante auditorías y revisiones” en Australia. El objetivo fue describir los principales componentes de las auditorías y revisiones por pares, y se analiza cómo una combinación de los mismos puede proporcionar un sistema de aseguramiento estructurado y objetivo que conduzca a procesos sistemáticos y disciplinados para mejorar la eficacia y la confianza en el control de leyes, la conciliación. Las revisiones y auditorías mejoran el nivel de aseguramiento en cuanto a la fiabilidad de las estimaciones a corto plazo (control de ley), la conciliación, los recursos minerales y las reservas de mineral. Las auditorías y revisiones por pares no solo contribuyen a los procesos de gobernanza, sino que también ofrecen valiosas oportunidades de mejora técnica, así como tutoría y orientación para el desarrollo profesional de aquellos cuyo trabajo está siendo examinado. La revisión técnica es especialmente crucial en una época en la que las empresas cuentan con equipos reducidos o quizás con poca experiencia, con una supervisión técnica o de gestión limitada. A pesar de que tanto las directrices del sector como las normas de algunas empresas esperan o exigen revisiones y/o auditorías de los procesos de generación y presentación de informes sobre recursos y reservas minerales, resulta sorprendente la escasa frecuencia o la ineficacia con que se llevan a cabo. Se presentan ejemplos de sistemas de gobernanza que incluyen procesos adecuados de revisión por pares que, si se aplican eficazmente, pueden detectar deficiencias en los procesos técnicos y

corregirlas a tiempo para evitar o mitigar resultados erróneos. Lo ideal es que las revisiones por pares se lleven a cabo al mismo tiempo que la preparación de los datos, la selección de los procedimientos de estimación y la validación de los resultados antes de la transferencia o de la presentación del informe final. Las auditorías, por su parte, suelen ser revisiones retrospectivas realizadas por revisores independientes y/o externos que evalúan los riesgos inherentes a un proceso ya finalizado, identificando oportunidades de mejora en el futuro.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Cuellar y Del Carpio (2024) en el trabajo denominado: “Aplicación de factores de reconciliación minera para validar los modelos de reservas y verificar el nivel de confianza con la producción de planta de procesos de una mina a cielo abierto en la sierra norte del Perú”. El objetivo general ha sido proponer la aplicación de factores de reconciliación minera para validar los modelos en que se basa la declaración de reservas, verificando su precisión y efectividad contra la producción real de una mina a cielo abierto en la sierra norte del Perú. La metodología empleada se fundamenta en la aplicación de factores de reconciliación minera. Esta fase implica la recopilación de información, como toneladas, leyes y contenido metálico, tanto en el modelo de reservas como en el modelo dinámico, además de las leyes de cabeza en la planta concentradora y los concentrados producidos como productos vendibles. Esta información se evalúa mediante ratios que relacionan las diferentes etapas de la cadena de valor durante el proceso de implementación, con el propósito de medir el rendimiento de cada uno de los procesos involucrados en la actividad minera. Entre los resultados se tiene que los factores F1 tonelaje se encuentran dentro de lo esperado para la estimación de reservas, de acuerdo con el rango de aceptación del  $\pm 15\%$  respecto

al 1. Por ejemplo, el tercer trimestre del año 2022, en el F1 se observa menor reconciliación del tonelaje total con un valor de 0.91. Asimismo, se observa una mayor reconciliación para el mineral tipo CuZn en el tercer trimestre del año 2021, con un valor de 1.18, con estos resultados, el área de planeamiento mina comunicó la existencia de mineral que no está identificado. Como medida, se debe realizar el seguimiento generando un reporte de tonelajes y leyes denominado “MI” (desplazamiento del polígono de minado, el cual será incorporado al proceso de reconciliación del modelo dinámico. Como conclusión importante se debe controlar de forma continua (trimestral) la reconciliación minera mediante el cálculo factores F1, F2 y F3 que permitieron revisar los procesos operativos de la empresa minera, y en el caso de encontrar un error o mucha variabilidad, se implementó buenas prácticas y se puso en acción medidas correspondientes en los procesos, para evitar variabilidad en el tonelaje, leyes, metal contenido y metal contenido recuperado.

Carrasco y Mayorga (2021) en la investigación denominada: “Programa de calidad para cumplimiento de NI-43101 en exploración de proyecto de carbón antracita”. El objetivo del estudio fue crear valor a la empresa mediante el desarrollo de una base de datos optimizada del depósito minero, que permita evaluar y obtener la factibilidad del proyecto de explotación de carbón antracita. Es importante mencionar que dentro de los informes más importantes en el proyecto de carbón se encuentran la estimación de Recursos, estimación de Reservas y los informes de ingeniería a nivel factibilidad. La metodología empleada consideró el programa de calidad que fue aplicado en las actividades de exploración de geología de campo y campaña de perforación diamantina del proyecto. Las actividades de exploración se desarrollaron en las concesiones

ubicadas en la Región La Libertad. Por su parte, las perforaciones diamantinas se llevaron a cabo en una de las concesiones mineras, la cual fue priorizada como zona de estudio. Sobre las actividades de exploración, la norma NI43101 (CSA, 2011) detalla los aspectos a incluir en los reportes técnicos aceptados internacionalmente. En el reporte se debe incluir la naturaleza, extensión y el trabajo relevante desarrollado con fines de exploración. Los métodos de muestreo y la calidad del muestreo son la base para la estimación de recursos y reservas. Los resultados son parte del programa de calidad, donde se comparó los resultados de los dos laboratorios externos seleccionados utilizando la misma metodología de análisis y de esta manera verificó la confiabilidad de los resultados obtenidos. Sobre la comparación de los resultados se aplicó el método denominado diferencia porcentual media o Mean Percent Difference (MPD), el cual nos permitió conocer la variabilidad de un valor referente a otro. Para el cálculo de MPD de los resultados obtenidos de los dos laboratorios externos evaluados resultó 10%. Los valores obtenidos por el laboratorio seleccionado para el análisis de las muestras de proyecto muestran resultados aceptables. Como conclusión se afirma que el Programa de Calidad (PDC) es una herramienta de gestión en la actividad minera y en las actividades de exploración de los proyectos mineros cual sea su naturaleza lo cual permite tener estándares de calidad alineados con las mejores prácticas de la industria minera y aceptadas internacionalmente tales como la Norma NI- 43101.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Teoría de los Recursos y Reservas Minerales**

#### ***Reservas Minerales:***

Son una subcategoría de los recursos que ha sido evaluada económica y técnicamente, y que es viable para la extracción bajo condiciones actuales. Las reservas también se dividen en probadas y probables, según el grado de certeza.

Matheron (1963) menciona que la estimación de recursos y reservas está respaldada por teorías geoestadísticas, donde las técnicas de interpolación, como el kriging, juegan un rol fundamental. Estas teorías permiten generar estimaciones confiables a partir de los datos recolectados en el yacimiento.

### **2.2.2. Auditoría de Procedimientos: Fundamentos**

La auditoría de los procedimientos para la estimación de recursos y reservas implica la revisión sistemática de los métodos utilizados para garantizar que los resultados sean precisos y estén alineados con los estándares aceptados internacionalmente, como los códigos JORC, NI 43-101, o PERC.

#### ***Fundamentos de la Auditoría***

**Control de Calidad (QC):** Se refiere a las actividades destinadas a detectar y corregir errores en el proceso de recolección de datos, como la perforación y el análisis de muestras. El control de calidad incluye verificaciones continuas para asegurar que los resultados sean precisos y reproducibles.

**Aseguramiento de la Calidad (QA):** Se enfoca en garantizar que el proceso de estimación de recursos siga prácticas estandarizadas y aceptadas, reduciendo la probabilidad de errores en las etapas de recolección y análisis de datos.

La teoría base de una auditoría radica en el ciclo de retroalimentación y mejora continua, donde cada etapa del proceso de estimación se revisa para asegurar que los procedimientos cumplen con los criterios de calidad necesarios.

### **2.2.3. Normativas Internacionales (JORC, NI 43-101, PERC)**

Los códigos internacionales como JORC (Australia), NI 43-101 (Canadá), y PERC (Europa) proporcionan un marco normativo que define cómo deben presentarse los informes de estimación de recursos y reservas. Estos códigos aseguran que los informes sean transparentes, verificables, y que se presenten por un Competent Person (persona calificada), que es un geólogo o ingeniero con experiencia específica en el tipo de yacimiento evaluado.

JORC: Establece procedimientos rigurosos para la clasificación y reporte de recursos y reservas, e incluye requisitos de validación de datos, revisión de metodologías y certificación por parte de un Competent Person. El NI 43-101, por otro lado, exige un estricto control de los datos y auditorías independientes periódicas para garantizar que las estimaciones reflejen la realidad del yacimiento.

**Relevancia Teórica:** Estas normativas se basan en la teoría de la materialidad, lo que implica que cualquier informe debe contener toda la información relevante para que los inversionistas puedan tomar decisiones informadas. Los códigos también aplican conceptos de riesgo y incertidumbre, cruciales en la estimación de reservas.

### **2.2.4. Geoestadística aplicada a la estimación**

Journel y Huijbregts (1978) y Isaaks y Srivastava (1989) mencionan que la geoestadística es fundamental para la estimación de los recursos y reservas. Los modelos geoestadísticos permiten crear una representación tridimensional

del depósito a partir de los datos obtenidos en la perforación. Los modelos más utilizados son:

- **Kriging:** Es una técnica de interpolación geoestadística que se utiliza para predecir valores desconocidos en el espacio a partir de datos muestreados. La teoría base es que el valor de un mineral en un punto dado está correlacionado espacialmente con los valores de los puntos vecinos.
- **Simulación Estocástica:** Se emplea para modelar la incertidumbre en las estimaciones de recursos. Esto es esencial, ya que las auditorías deben identificar y cuantificar la incertidumbre asociada con las estimaciones.

### **2.2.5. Teoría de la materialidad y riesgo**

La teoría de la materialidad sostiene que, en la auditoría de recursos y reservas, cualquier información que pueda afectar las decisiones económicas debe ser informada de manera completa y precisa. Esto es particularmente relevante en informes financieros y cuando los resultados de las estimaciones afectan a los inversionistas.

La teoría del riesgo también es indispensable, ya que las auditorías evalúan el nivel de incertidumbre en los datos y los modelos utilizados para la estimación. Se aplican métodos probabilísticos para identificar el impacto de estas incertidumbres en las decisiones de inversión.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **Auditoría**

Es una revisión detallada de un área muy específica tales como en QAQC o procedimientos de estimación de reservas y recursos.

### **Auditoría de reservas**

Es un proceso de revisión del proceso conversión de recursos a reservas minerales usualmente para el cumplimiento de un estándar internacional, tales como NI 43101, JORC, CH 20235.

### **Recursos**

Cantidad total de un determinado mineral presente en la corteza terrestre.

### **Recursos minerales**

Es la concentración de material de interés económico en la corteza terrestre, cuyo volumen y ley se estima sobre la base de datos geológicos, pero que aún no ha sido evaluado en cuanto a su viabilidad económica.

### **Reservas minerales**

Es la porción del recurso mineral que ha sido evaluada económicamente y es factible de extraer de manera rentable bajo condiciones económicas y técnicas actuales.

### **Factor de Dilución**

Es un ajuste aplicado a los recursos para tener en cuenta la pérdida de material mineralizable durante las operaciones de extracción. La dilución puede ser interna (dentro del cuerpo mineralizado) o externa (alrededor del cuerpo mineralizado).

### **Modelo Geológico**

Es una representación tridimensional del cuerpo mineralizado, construida a partir de datos geológicos, geoquímicos y geofísicos. Este modelo es fundamental para la estimación de recursos y reservas.

### **QA/QC (Control de Calidad y Aseguramiento de Calidad):**

Conjunto de procedimientos que garantizan que los datos recolectados, procesados y analizados sean precisos y fiables. QA/QC se utiliza en todo el proceso de perforación, muestreo y análisis de laboratorio.

### **Estimación geoestadística**

Es el conjunto de métodos estadísticos utilizados para estimar el volumen y la calidad del mineral presente en un depósito. Se basa en el análisis de los datos recolectados de perforaciones y muestras.

### **Códigos Internacionales (JORC, NI 43-101, PERC)**

Son normas y guías internacionales que definen los procedimientos y criterios para la estimación de recursos y reservas. Garantizan que los informes de recursos y reservas sean transparentes, consistentes y verificables.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Al realizar la auditoría de los procedimientos de estimación de recursos y reservas minerales de la Veta 658 en Unidad Productiva de San Cristóbal, a través de la aplicación de una metodología sistemática, la referencia a un código de reporte internacional, constituye una guía adecuada para evaluar su confiabilidad y cumplimiento.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a. Asegurando la correcta recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentaciones, constituyen el fundamento indispensable para obtener estimaciones de recursos minerales confiables y de alta calidad de la Veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal.

- b. Asegurando la correcta recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentaciones constituyen el fundamento indispensable para obtener estimaciones de reservas minerales confiables y de alta calidad de la Veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal.

## 2.5. Identificación de variables

### Variable independiente:

Evaluación de la auditoría de los procedimientos

### Variable dependiente:

Estimaciones de recursos y reservas minerales

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

*Tabla 1 Operacionalización de las variables e indicadores*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
<b>Variable independiente:</b> Auditoría de los procedimientos	Es la verificación de los procedimientos aplicados durante la auditoría siguen estándares internacionales y las mejores prácticas de la industria.	Se revisa los objetivos de la auditoría, se evalúa la trazabilidad y transparencia.	Criterio de la auditoría	Número de procedimientos técnicos metodológicos cubiertos por la auditoría (QA/QC, geología, geoestadística, factores modificadores, clasificación, análisis económico).	Documento de Propuesta y Auditoría
<b>Variable dependiente:</b> Estimaciones de recursos y reservas minerales	Nivel de exactitud de las estimaciones en comparación con los recursos reales.	Se obtiene mediante un proceso técnico y científico que combina la recolección de datos geológicos, el uso de modelos matemáticos y el análisis económico.	Clasificación de reservas mineras	Tonelaje total de Reserva	- Tabla Resumen de Reservas Minerales. - Modelo de Bloques de Reservas

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación es descriptiva porque se centra en describir y analizar los procedimientos actuales utilizados en la estimación de recursos y reservas en la Unidad Minera Yauli, y cómo estos procedimientos cumplen o no con los estándares internacionales como JORC o NI 43-101, también es aplicada porque se enfoca en aplicar conocimientos y principios de auditoría para mejorar los procesos de estimación. Este tipo de investigación busca solucionar problemas reales y mejorar la práctica profesional.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Según la clasificación de la metodología de la investigación propuesta por Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio en su obra "Metodología de la Investigación", este tipo de problema que busca describir un proceso o una metodología se enmarca dentro del alcance de la investigación Descriptiva. Ellos definen los estudios descriptivos como aquellos que buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de

personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. En este caso, el "fenómeno" a describir es el proceso de auditoría de la estimación de recursos y reservas minerales.

### **3.3. Métodos de investigación**

La investigación se fundamenta en el método de investigación evaluativa, con la posibilidad de utilizar un enfoque mixto para proporcionar una comprensión más completa de los procedimientos auditados y sus resultados. Esto garantiza que las estimaciones sean precisas y alineadas con los estándares internacionales, mejorando así la fiabilidad de la información presentada a las partes interesadas.

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación que se empleará es descriptivo no experimental transversal, porque los sujetos no están establecidos aleatoriamente y no existirá manipulación deliberada de la variable y sólo se observará el fenómeno en su ambiente natural para después analizarlos y procesarlo, considerando el siguiente diseño:



Donde:

M1= número muestras tomadas en que se realiza el estudio

O1= información obtenida para la auditoría

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Es el conjunto total de todos los procedimientos, datos, documentos, supuestos, modelos, parámetros y cálculos que constituyen el proceso completo

de estimación de recursos y reservas minerales de la Veta 658, tal como fue realizado en la Unidad Productiva de San Cristóbal durante el período 2024.

### **3.5.2. Muestra**

La muestra representa la veta 658 que corresponde la veta más representativa de la mina San Cristóbal. La selección de esta muestra se basa típicamente en criterios de riesgo, materialidad y representatividad definidos en la metodología de auditoría. En la toma de muestra se empleó el método no probabilístico.

### **3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos**

Para realizar las investigaciones se utilizó las siguientes técnicas:

- Revisión documental

Consiste en la búsqueda de información las operaciones San Cristóbal, Carahuacra, Andaychagua y Ticlio.

- Observación directa

Consiste en la observación del proceso de auditoría y de los procedimientos de estimación en tiempo real, registrando prácticas y metodologías utilizadas.

Los instrumentos a utilizar serán:

- Listas de Verificación (Checklists)

Listas que contienen criterios y elementos a evaluar durante la auditoría. Se utilizan para asegurar que todos los aspectos importantes se revisen adecuadamente.

- Informes técnicos

Documentos que resumen los hallazgos de la auditoría, incluyendo análisis de los procedimientos, resultados y recomendaciones.

- Guía de observación

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Comprende un enfoque integral que combina técnicas de análisis cuantitativo y cualitativo. Se utilizó la técnica de Análisis Estadístico Descriptivo para el análisis cuantitativo con herramientas como Herramientas como SPSS, Excel, o software de modelado geológico como Leapfrog y la codificación temática que utiliza para organizar y clasificar los datos cualitativos en categorías que reflejan temas o patrones emergentes durante la evaluación

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Para el tratamiento estadístico se ha utilizado los softwares SPSS, Excel, o software de modelado geológico como Leapfrog que fueron utilizados para analizar datos recolectados y evaluar modelos de estimación.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

Para el desarrollo de la presente investigación se ha tenido en cuenta el valor de la responsabilidad, honestidad y la transparencia durante el desarrollo de todas las etapas de la evaluación de la auditoría hasta el análisis e interpretación.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

En el proceso de descripción del trabajo de campo se consideró los siguientes aspectos:

##### **4.1.1. Recopilación de información técnica**

- Se analizó la documentación existente relacionada con la estimación de recursos y reservas minerales, con el fin de identificar el marco metodológico utilizado. Se incluyen:
- **Informes geológicos y de estimación:** Se revisaron reportes técnicos, estudios geológicos, geoestadísticos y auditorías previas para conocer los procedimientos aplicados.
- **Base de datos geológica y geoestadística:** Se analizó la calidad y estructura de los datos recopilados, incluyendo perforaciones diamantinas, muestreos en superficie y subterráneos, análisis químicos.

- **Software y metodologías utilizadas:** Se identifico las herramientas empleadas (Ej. Leapfrog, Datamine, supervisor y los métodos de interpolación (Kriging).

#### **4.1.2. Análisis del flujo de datos y procesos internos**

- Identificación de cómo se transfieren y procesan los datos entre las áreas de geología, planeamiento y auditoría.
- Verificación de la integración del plan de mina en la estimación de reservas.
- Evaluación de posibles errores u omisiones en la gestión y procesamiento de datos.

#### **4.1.3. Comparación con estándares internacionales**

- La evaluación de cumplimiento normativo es esencial para verificar si la estimación de recursos y reservas sigue estándares reconocidos globalmente.
- **Revisión de cumplimiento con JORC:** Se identificaron las diferencias entre los procedimientos actuales y los requisitos establecidos por estos estándares internacionales.

#### **4.1.4. Trabajo en terreno y validación de datos**

- Verificación de muestreo en campo (testigos de perforación, calidad de datos, protocolos de QA/QC).
- Se realizaron visitas a la Unidad Minera para verificar la calidad de la información en campo y detectar posibles errores en la estimación.
- **Muestreo en campo:** Se evaluaron los testigos de perforación, muestreos en superficie y subterráneos para evaluar la confiabilidad de los datos recolectados.

- **Protocolos de control de calidad (QA/QC):** Se examinó el cumplimiento de procedimientos de aseguramiento y control de calidad en la toma y análisis de muestras.

## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

### **4.2.1. Ubicación y accesibilidad**

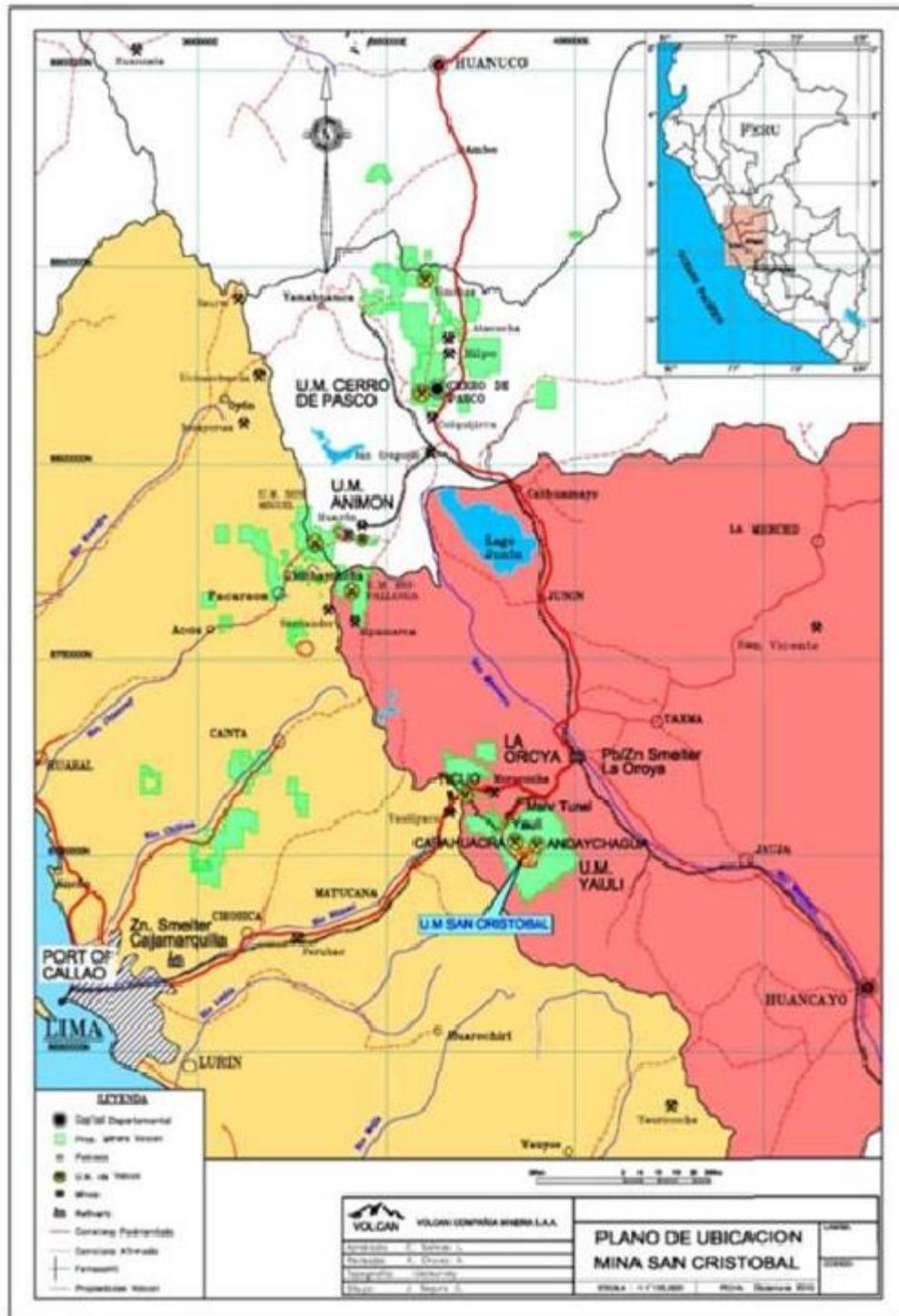
La mina de San Cristóbal, políticamente está ubicada en el distrito de Yauli, provincia del mismo nombre, del departamento de Junín (Figura 1). Geográficamente se encuentra en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Perú; a 110 Kms. en línea recta, de la ciudad de Lima. Sus coordenadas geográficas son:

76° 05' de longitud Oeste

11° 43' de latitud Sur

La altitud media del distrito es de 4,700 m. sobre el nivel del mar. La mina San Cristóbal es fácilmente accesible, utilizando la carretera central, de la cual, cerca de la localidad de Pachachaca, parte un ramal de 20 kilómetros que conduce a San Cristóbal; además, el ferrocarril central tiene una estación en Yauli a 12 kilómetros del área.

Figura 1 Plano de ubicación



## 4.2.2. Geología

### *Geomorfología*

Fisiográficamente se puede diferenciar únicamente la cordillera occidental, esta área se encuentra emplazada longitudinalmente de sureste a noroeste, y se encuentra mayormente definido por altitud, relieve, el clima y la geología. Figura 2.

*Figura 2 Fisiografía, fotográfica satelital de la Mina San Cristóbal*



### **A. Cordillera occidental**

La cordillera occidental está formada por batolitos y stocks que intruyeron sedimentos y volcánicos fallados del mesozoico – cenozoico, de rumbo NO con dos deflexiones al norte deflexión de Huancabamba de rumbo NE, en el sur la deflexión de Abancay de rumbo EW, su altura actual se debe a movimientos orogénicos ocurridos hasta el terciario tardío y cuaternario.

La cordillera occidental se emplaza entre la planicie costanera por el oeste y el eje de los valles interandinos por el este, con el valle del marañón al norte, valle de Mantaro por el centro, los valles de Apurímac, Vilcanota y Ayaviri al sur.

Al norte el ancho de la cordillera es de 130 a 150 km, la elevación máxima en Porcuya es de 3138 m.s.n.m.

Al centro el ancho de la cordillera es de 150 – 250 km, la mayor cota es en el Huascarán es de 6768 m.s.n.m.

**Figura 3** Mapa geomorfológico del Perú



## **B. Unidades Litoestratigráficas**

### **Grupo Excelsior**

Aflora en la parte central del domo formando el núcleo metamórfico del mismo en la zona de Chumpe. Dentro del área evaluada ha sido cartografiado hacia el Este de la mina Ultimátum en afloramientos continuos y formando parte del flanco oriental del anticlinal de mismo nombre; también se observa en ventanas tectónicas en la zona W de Tincocancha. Consiste en filitas de color gris oscuro a negro, en parte con tonalidades amarillentas por la impregnación de óxidos; por efecto del metamorfismo regional, se han segregado lentes irregulares de cuarzo (boudinage). El fracturamiento es intenso y los fallamientos muestran desarrollos curvados por la plasticidad de las filitas. Esta unidad ha sido datada como perteneciente al Devónico.

### **Grupo Mitu**

Aflora en el sector oriental del domo sobreyaciendo con discordancia erosional a las filitas Excelsior; esta constituido en su base por conglomerados gruesos, areniscas y limonitas arcóscas generalmente de color rojizo y pardo, en la parte superior está compuesta por volcanoclásticos de carácter riolítico e irregulares derrames volcánicos de tipo andesítico a dacítico.

Esta unidad ha sido datada como de tránsito entre el Pérmico medio al Triásico inferior. (F. Mégard, 1979)

### **Grupo Pucará**

Consiste principalmente de una secuencia sedimentaria marina conformada por facies carbonatadas de calizas y dolomías que bordean

íntegramente el Domo de Yauli, desde Suitucancho hasta Morococha y desde Tincocancho hasta San Cristóbal y Carahuacra.

Sobreyace en discordancia erosional a la serie volcanoclastica del Grupo Mitu, en la parte occidental de las propiedades (Pomacocha - Abascocha) se le observa encima de formaciones más jóvenes por efecto de sobreescurrecimientos.

En la zona de Tincocancho, la base está compuesta por limolitas calcáreas y va gradando a margas y calizas arcillosas; a la entrada de la Quebrada Tincocancho S. Rosas (1994) ha medido la sección típica para el Domo de Yauli habiendo estimado un espesor de 452 metros y ha podido reconocer las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga.

En forma general, estos sedimentarios están compuestos por rocas calcáreas, calizas dolomíticas en bancos delgados a medios, dolomitas y dolomitas calcáreas de color gris a gris claro intercaladas con horizontes de chert.

Entre las formaciones Aramachay y Condorsinga, y casi en todo el domo exceptuando el tramo Rumicruz-Yanama en el flanco occidental, ocurren derrames basálticos (Basalto Montero) concordantes a la estratificación cuyo espesor varia entre 15 a mas 40 metros siendo este una guía estratigráfica regional; En la parte occidental hay niveles irregulares y discontinuos de volcanoclasticos y volcanoclasticos calcáreos. En la laguna Pullcacocha, cerca al contacto con el Goyllar, también se observa pseudomorfos de baritina. A este grupo se le asigna una edad Triásico superior-Liásico (H. Salazar, 1983)

### **Grupo Goyllarisquizga**

Bordea al domo y yace sobre el Pucará y concordantemente debajo de las calizas de la formación Chúlec. El espesor aproximado es 80<100 metros, habiéndose diferenciado dos unidades; la primera consiste en una alternancia de lutitas, limolitas y areniscas finas arcillosas poco consolidadas de color marrón rojizo con un espesor que varía entre 20 a 40 metros; la segunda consiste en una secuencia alternada de areniscas cuarzosas blancas y lutitas haciéndose hacia el techo progresivamente más calcáreas hasta llegar a las calizas Chúlec. En la base dentro de la secuencia de lutitas–limolitas rojizas destacan derrames de diabasas concordantes a la estratificación; se le atribuye una edad Neoconiano-Aptiano (H. Salazar, 1983).

### **Grupo Machay**

Aflora al Sur Oriente y Occidente del área cartografiada; al Sur y al Occidente del domo se ha podido identificar las formaciones Chúlec y Pariatambó, yacen concordantemente sobre el Grupo Goyllar y debajo de la formación Jumasha.

### **Formación Chulec**

Secuencia de rocas calcáreas compuesta por paquetes delgados a medianos de caliza margosa, caliza arenosa en la base, caliza fosilífera y caliza dolomítica fosilífera hacia el techo, pertenecientes a la formación Chúlec. Un nivel de caliza bioclástica “grainstone” marca el final de la formación Chúlec y el inicio de la formación Pariatambo; se estima un espesor de 400 metros en las proximidades de la laguna Pullcacocha.

### **Formación Pariatambo**

Consistente en estratos delgados de calizas bituminosas fosilíferas con abundantes amonites, hacia el techo las calizas alternan con delgados niveles irregulares y nódulos de chert negro cerca al contacto con la formación Jumasha. El espesor se estima en 50 a 110 metros, a estas formaciones se le asigna una edad que va entre el Albiano medio y Cenomaniano ( H. Salazar 1983).

### **Formación Jumasha**

Yace concordantemente sobre la formación Pariatambo; aflora al Oriente y Occidente está compuesto por capas medianas a gruesas de calizas, dolomitas, dolomitas calcáreas con escasos fósiles y de coloración gris claro a blanquecino y gris amarillento. Al sur oeste del domo y a la base de la secuencia se observa derrames de basaltos concordante a las capas con espesores no mayores de 20 metros. A esta formación se le atribuye una edad perteneciente al Cenomaniano (H. Salazar, 1983).

### **Formación Casapalca**

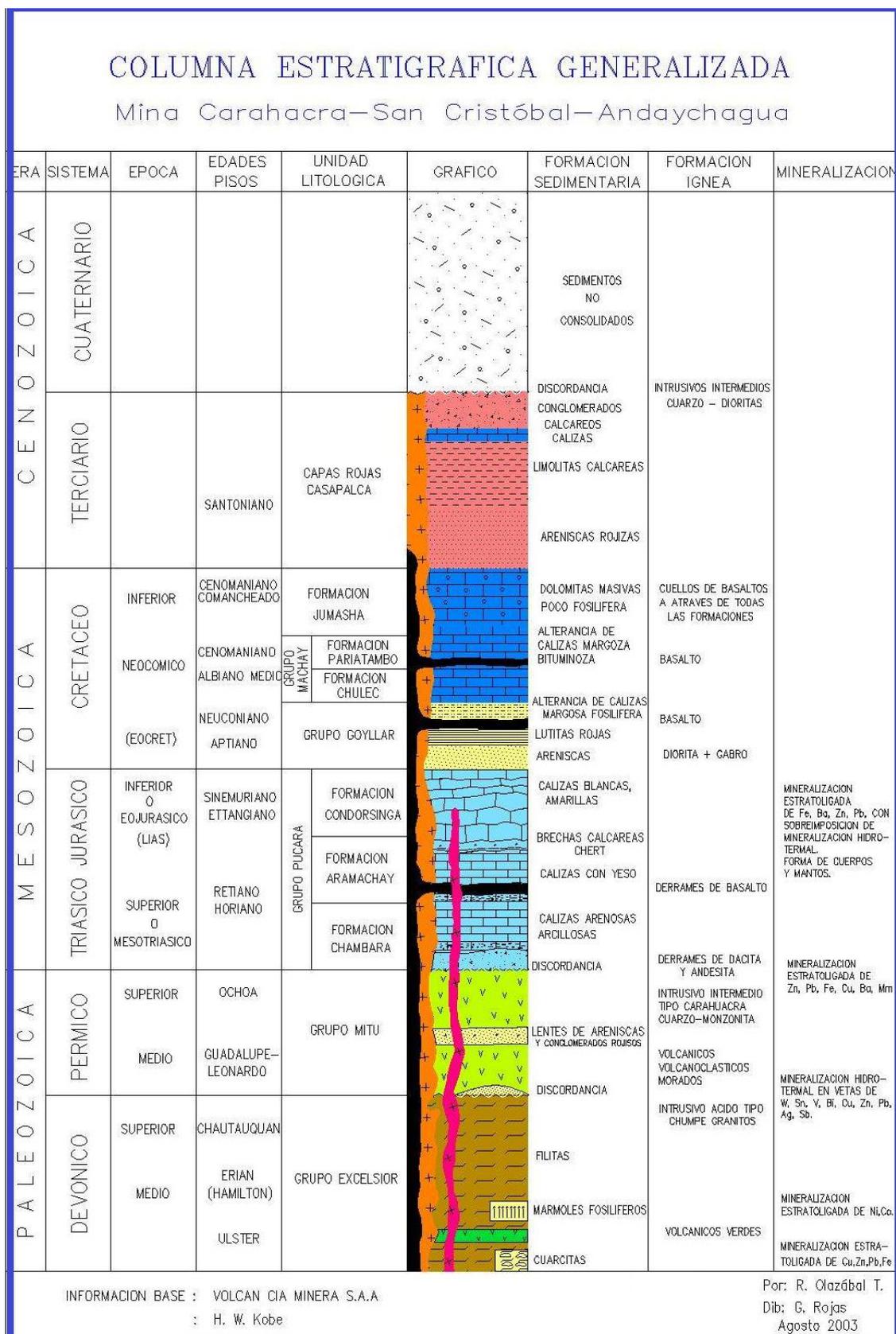
Sobreyace con discordancia erosional a la formación Jumasha y se cartografiado al Sur del domo entre el cerro Ajhuí y la laguna Cuancocha. La conforman al piso secuencias de areniscas, limolitas y limolitas calcáreas y calizas de coloración rojiza, hacia el techo se observa niveles delgados a medios de calizas masivas sin fósiles de color rojizo claro (F. Mégard, 1979; H. Salazar, 1983), por sus relaciones estratigráficas y tectónicas le asignan una edad entre el Cretáceo superior (Santoniano) y el Eoceno medio.

## **Cuaternario**

Durante el cuaternario la actividad glacial, el agua meteórica y los vientos realizaron gran actividad desnudante. Como resultado de ello se tiene la considerable acumulación de sedimentos en los fondos de las quebradas y valles, constituyen depósitos morrénicos, aluviales y fluvioglaciares que alcanzan espesores de 15 a 20 m.

El material morrénico se constituye de fragmentos semiredondeados a angulosos que varían desde mm. hasta bloques de 2m. de diámetro, estos depósitos evidencian la Glaciación Pleistocénica, los frentes morrénicos conforman presas de las lagunas escalonadas del lugar. Estos depósitos son de naturaleza heterogénea ya sea calcárea, cuarcítica, arenácea o ígnea y se encuentran débilmente cementados por arenas y arcillas que dan una apariencia compacta, en casos han sido transportados por aguas de escorrentía transformándose en fluvioglaciares.

Figura 4 Columna estratigráfica de la zona de Yauli



### **C. Rocas Intrusivas**

La actividad ígnea empezó durante el Pérmico, las andesitas y dacitas de los volcánicos Catalina son las rocas ígneas más antiguas del distrito y se manifestaron como derrames lávicos.

Hay evidencias que en el mesozoico continuaron las manifestaciones volcánicas pero en forma esporádica (basaltos interestratificados con calizas).

La mayor actividad ígnea sucedió a fines del terciario con las intrusiones monzoníticas que se presentan en forma de stock y que han deformado intensamente las rocas sedimentarias adyacentes. También está representada la intrusión por la inyección de diques de andesita y por intrusivos de composición básica é intermedia que cortan transversalmente los sedimentos.

Las rocas plutónicas están confinadas al norte y sur del Domo de Yauli dentro de los distritos mineros de Morococha y San Cristóbal respectivamente. Estas rocas intrusivas son consideradas como parte de la cadena de batolitos y stock del Terciario Superior, que se extiende desde Huancavelica hasta Cerro de Pasco (Eyzaguirre 1975) La composición varía de cuarzo monzonita a dioritas, las texturas porfiríticas predominan en todas las rocas ígneas del domo de Yauli.

La actividad ígnea intensa que se encuentra en Morococha no se encuentra en San Cristóbal. Alineándose paralelamente al eje del anticlinal de Chumpe se encuentran varios diques intensamente alterados de texturas porfídicas y de forma alongados, los diques tienen ancho hasta 30 m. J. Pastor (1970) considera estos diques como la expresión en superficie de un hipotético cuerpo plutónico, el intrusivo Chumpe en profundidad. Pastor ha

sugerido que el intrusivo Chumpe es el responsable del arqueamiento estructural y de la subsecuente mineralización en el distrito de San Cristóbal.

El intrusivo Carahuacra se emplaza en el contacto de los volcánicos Catalina y las filitas Excelsior 2 Km. al Norte de San Cristóbal. El intrusivo Carahuacra es un Stock cuarzo mozonítico de forma alongada NW- SE, visto en planta tiene la forma de una lágrima y ocupa unos 2 Km cuadrados.

El intrusivo muestra una ligera estructura columnar a lo largo de su borde. Próxima al contacto con el intrusivo la foliación de las filitas Excelsior es paralela al stock, pero no es apreciablemente alterada. En un solo lugar expuesto encima de la mina Carahuacra puede ser observado el contacto del intrusivo Carahuacra y los Volcánicos Catalina. En este lugar las rocas volcánicas están fuertemente deformadas y ligeramente blanqueadas.

La edad del intrusivo Carahuacra ha sido por muchos años según Lyons (1968), basado en las relaciones de contacto consideró al intrusivo como un cuello volcánico y como fuente de los volcánicos Catalina Permianos. Esta hipótesis debe ser considerada a la luz de estos descubrimientos, el intrusivo Carahuacra corta a los volcánicos Catalina, entonces este intrusivo es del Terciario.

Eyzaguirre al. (1975), en Morococha usando el método K- Ar han datado una muestra del intrusivo Yactac en 8.3 m. a.

Una muestra del stock San Miguel del depósito de cobre porfídico de Toromocho fue datada en 7.2 m. a. Esto nos indica que la mineralización en vetas sería inmediatamente a 7.2 m. a. Localmente en área de San Cristóbal se reconocen dos tipos de intrusivos. Fig. N° 8

## **Intrusivos ácidos**

Están representados en el distrito por stocks de monzonita cuarcífera y diques de alaskita (Granito que contiene cuarzo y feldespato alcalino). El stock de mayor longitud y que se encuentra al este de la mina Carahuacra es el intrusivo de Carahuacra de 1100 m. de largo por 800 m. de ancho, se encuentran intruyendo a las Filitas Excelsior y los volcánicos Catalina. Al Sur del intrusivo Carahuacra en el centro del Anticlinal de Chumpe intruyendo a las Filitas Excelsior se encuentra el intrusivo Chumpe que forma la cumbre más alta del área y está cubierto en parte por un glaciar, tiene una longitud de 500 m. por un ancho de 250 m. se constituyen de monzonita cuarcífera de color gris claro, de textura porfirítica donde predominan ligeramente los feldespatos alcalinos sobre las plagioclasas, con menor proporción de biotita y cuarzo, todo en matriz afanítica.

En la zona axial del anticlinal de Chumpe y paralelos a ella se encuentran diques irregulares que han intruido a las filitas y que localmente son conocidos como diques de alaskita, son paralelos entre sí, con buzamientos casi verticales, generalmente constituidos por cuarzo y ortoclasa en un 80%, con pocos minerales oscuros 15% por lo que muestran un color gris claro, en estas rocas los feldespatos se encuentran sericitizados, se encuentran finas venillas cruzando a los diques los que parecen estar relacionados con los intrusivos en profundidad.

Las rocas intrusivas ácidas están presentadas en el área por stocks de monzonita cuarcífera, diorita cuarcífera y diques de alaskita ubicados a lo largo o cerca de la zona axial del anticlinal de Chumpe.

Los stock más importantes en el área son: El intrusivo de Carahuacra y el intrusivo de Chumpe; el primero es un stock de 1.5 kilómetros de largo por 1,0 kilómetros de ancho, que aflora en la parte NW del área de San Cristóbal, en contacto con las filitas del grupo Excelsior y los volcánicos Catalina; el intrusivo de Chumpe forma el pico más alto en el área de San Cristóbal y se emplaza a lo largo de la zona axial del anticlinal que lleva su nombre.

Una serie de diques irregulares, paralelos, con buzamientos verticales, conocidos localmente como diques de alaskita, se encuentran intruyendo filitas del grupo Excelsior a lo largo de la zona axial del anticlinal de Chumpe; estos diques están asociados en profundidad con el intrusivo de Chumpe; petrográficamente los diques son granitos porfiríticos.

### **Intrusivos básicos**

Han sido ubicados en el área de Andaychagua y cerca del intrusivo Carahuacra. En Andaychagua están representados por un stock de gabro de forma elipsoidal, aproximadamente vertical, de longitud de 250 m. con un ancho de 70 m. intruyendo a las filitas Excelsior y un dique de composición similar que se encuentra emplazado en la fractura de la veta Andaychagua en las referidas filitas. Estos intrusivos son de color negro verdoso, de grano grueso, compuesto en mayor porcentaje de plagioclasa cálcica que de augita y olivino.

Cerca al intrusivo Carahuacra se encuentra diques de diabasa ligeramente paralelos al eje del anticlinal de Chumpe intruyendo a las filitas, también se ha podido reconocer diques de composición intermedia (andesita). Las andesitas son de tono verdoso en superficie fresca y verde blanquecina en superficie intemperizada, de textura afanítica, predomina las

plagioclasa sódica a subcálcica con porcentaje reducido de cuarzo y ferromagnesianos.

### **Intrusivo San Cristóbal**

Es un intrusivo de composición ácida varia de cuarzomonzonita hasta cuarzomonzodiorita con el estudio macroscópico de testigos de perforación diamantina se pudo determinar:

#### ***Cuarzomonzonita***

Roca leucocrata, de color gris claro a pardo en tramos, presenta una textura porfído afanítica, con fenocristales subhedrales de plagioclasas (20-30%), cuarzo (5%), feldespato potásico (15-20%), biotita de (10-20%), Pirita diseminada (20%) alteración argílica, las plagioclasas al alterarse pasan a caolinita, las hornblendas al alterarse pasan a biotitas luego a sericita.

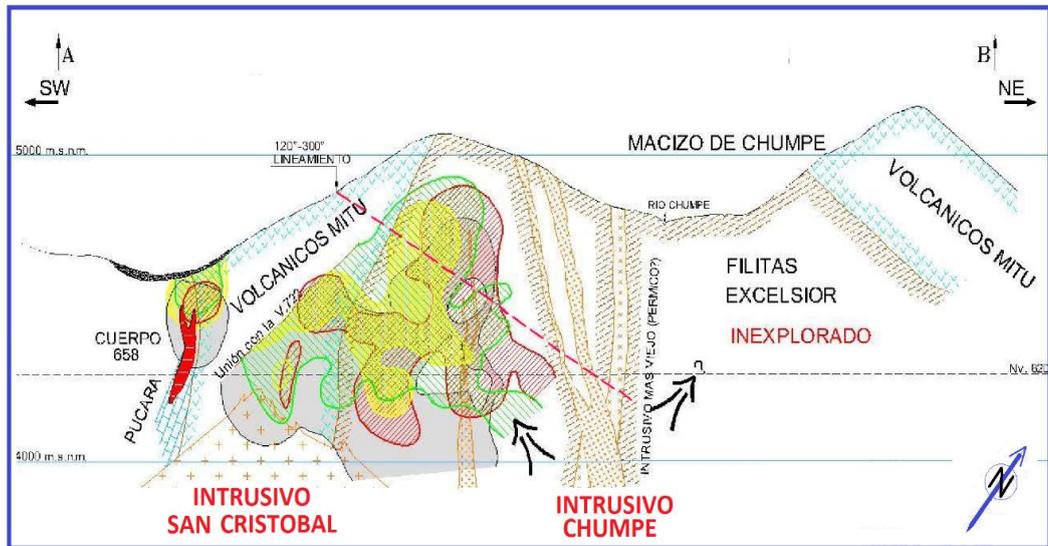
#### ***Monzonita***

Roca leucocrata, de color gris claro a pardo en tramos, presenta una textura porfído afanítica, con fenocristales subhedrales de plagioclasas (20-30%), feldespato potásico (20-30%), biotita de (15-20%), Pirita diseminada (25%) alteración argílica, las plagioclasas al alterarse pasan a caolinita, las hornblendas al alterarse pasan a biotitas luego a sericita

#### ***Cuarzomonzodiorita***

Roca leucocrata de color gris a marrón claro, textura porfirítica, con fenocristales subhedrales de plagioclasas (25-30%), ojos de cuarzo(5%), biotita (15%) en tramos feldespato potásico (10%), alterado, pasta afanítica da color gris, pirita diseminada, alteración argílica, las plagioclasas al alterarse pasan a caolinita, las biotitas al alterarse pasan a sericita.

**Figura 5 Pulsos magmáticos de la mina San Cristóbal**



#### **D. Geología Estructural**

##### ***Geología estructural regional y local***

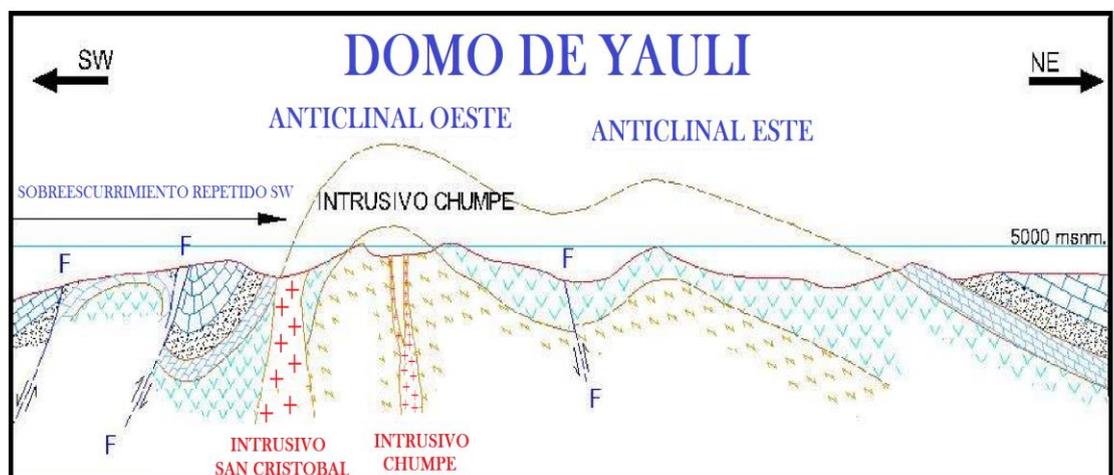
La estructura regional dominante es el Domo de Yaulí, está ubicado en segmento central de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos, aparece como una estructura domal tectónica que comprende, por el Norte, desde el Paso de Anticona en la zona de Ticlio; pasando por el Distrito Minero de Morococha, el Distrito Minero Carahuacra-San Cristóbal-Andaychagua, por el sur se extiende hasta la Quebrada de Suitucancha y las proximidades de la Laguna Cuancocha. La longitud de acuerdo al rumbo del eje del domo es de 35 a 60 Km aproximadamente y el ancho es de 10 a 15 Km y su orientación mantiene la dirección andina NNW-SSE. Su flanco Este buza entre 30° y 40° mientras su flanco Oeste buza entre 60° y 80°; en el núcleo del domo se superponen las tectónicas Hercínicas y Andinas que afectan a las rocas desde el Excelsior hasta el Casapalca.

En el sector Oeste, las formaciones del Jurásico y Cretácico se encuentran afectadas por grandes y alargados pliegues muy apretados, fallas inversas y largos sobreescurremientos productos de los esfuerzos compresivos, con desplazamientos hectométricos (Sector Imbricado, H. Salazar, 1983)

Por los esfuerzos compresivos también se producen fracturamientos antiandinos tensionales bien desarrollados a los que esta relacionada la mineralización polimetálica.

Está conformado por varios anticlinales y sinclinales, de los cuales los anticlinales más importantes son el de Chumpe y el de Yauli (Ultimátum). Este sistema estructural NW-SE de pliegues, fallas, fracturas y sobre escurremientos constituyen el flanco Oeste del Domo de Yauli.

**Figura 6** Sección longitudinal SW-NE del domo de Yauli



Es un sistema regional mucho más amplio que excede los límites del mismo, abarca las hojas de Matucana y la Oroya entre las que se emplaza parcialmente el Domo de Yauli.

Estas estructuras son producto de la fase compresiva de la Orogenia Andina (Fase Incaica; Salazar 1983).

Dos periodos principales de tectónica son reconocidos en la región; el primero del Permico inferior, denominado Tectónica Tardihercinica, que dio lugar a un intenso plegamiento de las filitas Excelsior; el segundo período denominado Tectónica Andina, que plegó principalmente las rocas mesozoicas, comenzó a fines del Cretácico y continuó durante el principio y mediados del Terciario, reconociéndose tres etapas de plegamiento en la Cordillera de los Andes; el "Peruano" a fines del Cretácico, y antes de la deposición de las capas rojas; el "Incaico" a principios del Terciario, fue el más intenso y a él siguió un período de actividad ígnea; y finalmente el "Quechua" a mediados del Terciario.

Al seguir actuando las fuerzas de compresión dieron lugar a la formación de fracturas de cizalla de rumbo E – W. Figura 7.

Figura 7 Esfuerzos estructurales de Yauli

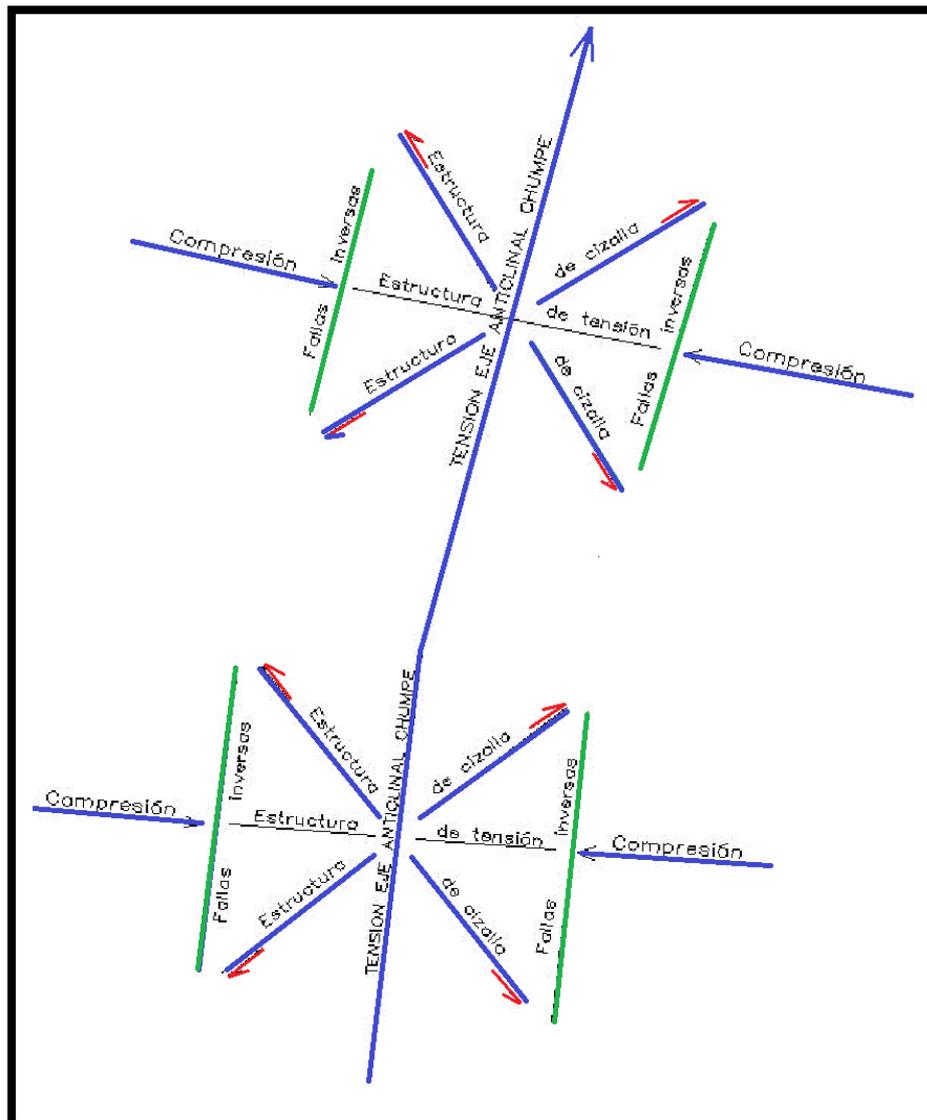
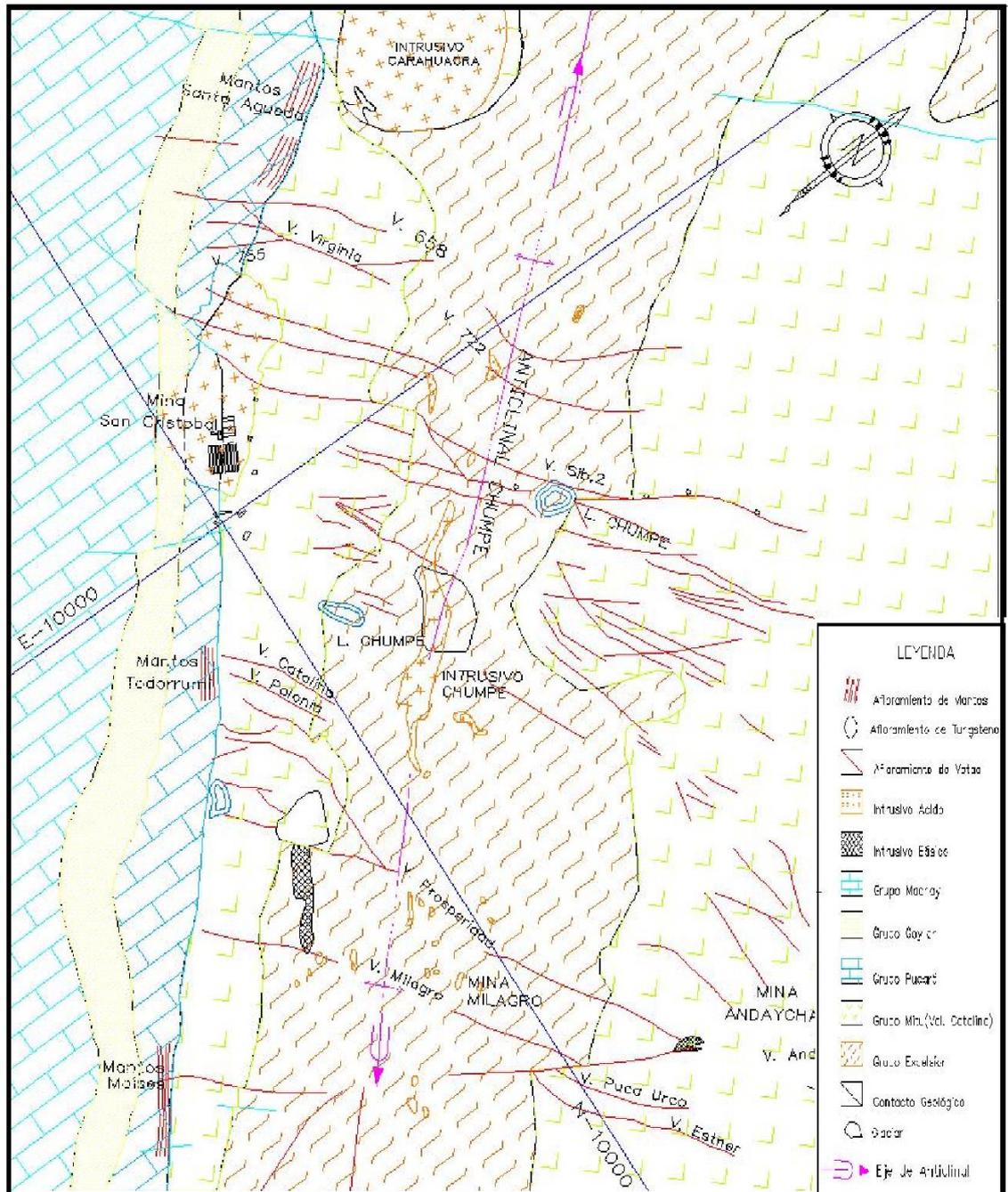


Figura 8 Plano Estructural de Yauli



### SISTEMA NE

Este sistema es el más notorio por su densidad y está desarrollado en todo el Domo. El fracturamiento tiene azimuths que varían de entre N45-75°E con un promedio N60°E; las principales vetas del distrito minero Carahuacra-San Cristóbal-Andaychagua que pertenecen a este sistema son: 658, Split 658,

722, San Cristóbal, K, Mary, ML, Andaychagua, Polonia, etc. etc. todas estas estructuras se encuentran cortando las filitas volcánicas y calizas.

También en Tincocancha las vetillas que se han identificado pertenecen a este sistema al igual que la estructura principal de Suitucancha.

#### **SISTEMA NNE**

Este sistema, segundo en densidad, se encuentra también en todos los lugares pero su mayor desarrollo se encuentra en la parte norte de la zona de Pomacocha (C° Magistral). En este sistema se han incluido las estructuras de azimuths N15-45°E, con un promedio de N32°E. En el área de Tincocancha y en Andaychagua-Yuracgaga este sistema puede estar relacionado al Lineamiento Norte. Al sur de la veta Andaychagua en el flanco Este del valle las vetas Sarita, Caprichosa, etc. pertenecen a este sistema.

#### **SISTEMA SE**

Este sistema de fracturamiento es muy difuso y no tiene una localización específica; sin embargo, parece estar relacionado al sistema de fallamientos inversos en el flanco Oeste del Domo de Yauli. El rango de azimuths es de N120-150°E con promedio de N136°E.

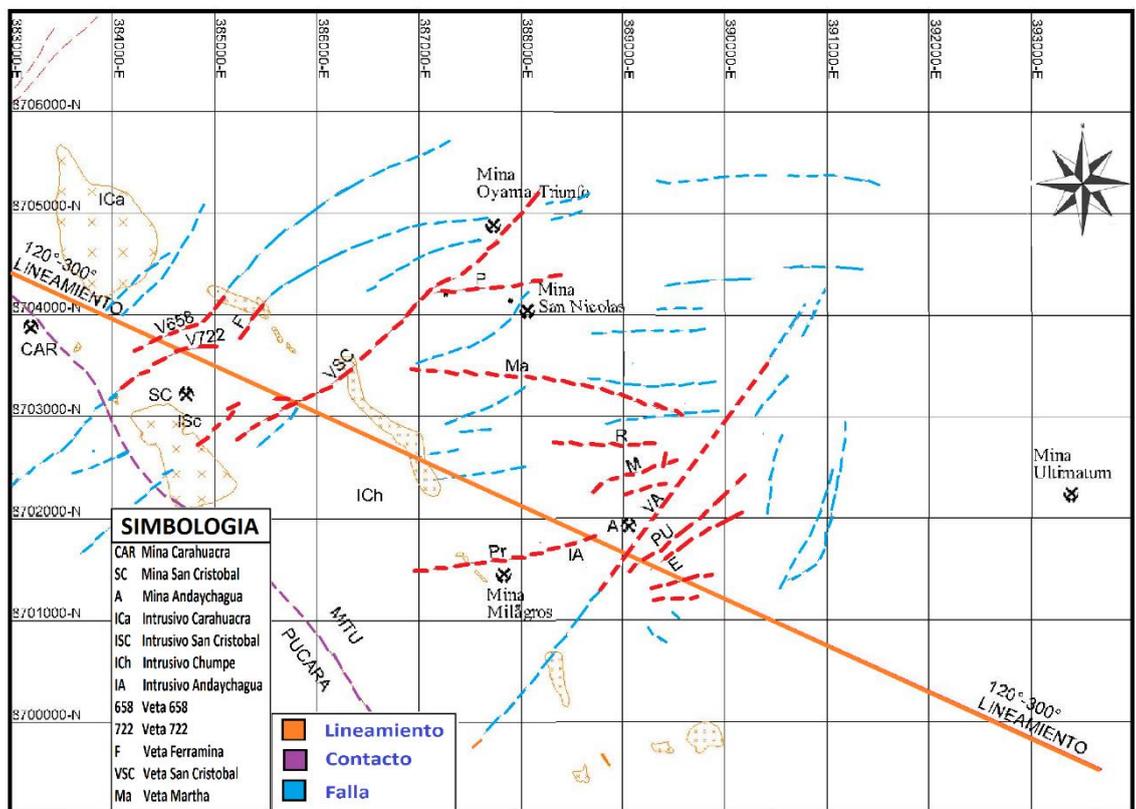
#### **SISTEMA EW**

En dominio incluye estructuras con azimuths entre N75-105°E cuyo promedio es N82°E; ocurre con mayor notoriedad en Abascocha y Tincocancha y también en la zona central. La veta Prosperidad entre Toldorrumi y Andaychagua es la más notoria de este sistema y se incluyen las vetas Martha y Rocié al norte de la veta Prosperidad y suelen estar enriquecidas en plata.

### Mapa Estructural Local

Como se observa en la figura, es el mapa estructural de las principales fracturas o fallas (vetas), que afloran en superficie de las minas Carahuacra, San Cristóbal, Andaychagua, todas están relacionadas al intrusivo Chumpe, derivadas a partir de la Imagen Satelital.

**Figura 9** Mapa estructural local de las principales fallas, vetas, contactos de la mina San Cristobal, Carahuacra, Andaychagua



### Controles estructurales en vetas

El análisis estructural determina que la distribución de la mineralización también está relacionada a azimut y buzamientos.

**Veta San Cristóbal.** Presenta un rumbo promedio de N 45° E, es una estructura de tensión, tenemos que las principales zonas de concentración de mineral (ore-shoots), se encuentran donde el azimut promedio es de 250° y el buzamiento va de 50° a 70° al SE.

**Veta 722.** Presenta un rumbo promedio de N 20° E, es una estructura de tensión, tenemos que las principales zonas de concentración de mineral, en los volcánicos se encuentran donde el azimut promedio es 255°-260° y 60° de Buzamiento al SE, pero en las filitas entre 270°-280° de azimut y 60° de buzamiento al SE.

**Veta 658.** Presenta un rumbo promedio de N 40° E, es una estructura de tensión, tenemos que las principales zonas de concentración de mineral, en los volcánicos se encuentran donde el azimut promedio es 260°-265° y 58° de Buzamiento, pero en las filitas entre 310°-315° de azimut y 55° de buzamiento al SE.

**Veta Mary.** Presenta un rumbo promedio de N 43° E, es una estructura de tensión, y tiene un promedio 55° de buzamiento al SE, al juntarse con la veta Yanina tenemos zona de concentración de mineral, en los volcánicos donde el azimut promedio es 310 y 58° de Buzamiento al SE.

#### ***Controles estructurales en Mantos y Cuerpos***

En los cuerpos las vetas se manifiestan como claros canales de alimentación y control de la mineralización, otro control estructural sería el contacto Mitu-Pucara que tiene un rumbo de N 45° W con un buzamiento promedio de 50° al SW

***Cuerpo Huaripampa.*** Este cuerpo mineralizado se emplaza a 40 m. del contacto de los volcánicos Mitu-calizas Pucará. La forma de este cuerpo es ligeramente alargada, con menor espesor en sus extremos, pero con un espesor considerable en la parte central, en el nivel 820 que es donde alcanza sus mayores dimensiones, tiene un largo de 150 m. Por un ancho de 100 m.

Presenta un rumbo en el mismo sentido de los estratos N45 W, con un buzamiento promedio de 48° al SW.

- El Alineamiento estructural 120°-300°

Se extiende desde Suitucancha hasta Casapalca.

La mineralización económica de las vetas está muy relacionada al curso de esta estructura que se observa muy claramente en la imagen satelital.

Figura N° 10

*Figura 10 Imagen satelital de la mina Carahuacra, San Cristobal y Andaychagua*



## E. Geología económica

### *Características generales de las estructuras mineralizadas*

La complejidad geológica del distrito a dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales que se extienden ampliamente en el Domo de Yauli después de la última etapa del plegamiento Quechua y la formación de las fracturas de tensión, cizalla, vino el período de la deposición de los minerales a partir de soluciones hidrotermales originadas por los stocks o Intrusivos de monzonita cuarcífera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas en los volcánicos y filitas las cuales sirvieron como

canales para trasladar la mineralización al W y dar origen a los mantos y cuerpos en las calizas, por lo tanto los mantos y cuerpos son epigenéticos (minerales formados a partir de cualquier tipo de alteración de los minerales pre-existentes)

### ***Génesis del yacimiento en vetas mantos y cuerpos***

La íntima asociación espacial y temporal de vetas mantos y cuerpos combinadas con el soporte geológico y evidencias químicas, definen un origen hidrotermal epigenético, por tal razón los mantos y cuerpos se formaron por reemplazamiento metasomático de algunos estratos favorables en las calizas Pucará por soluciones mineralizantes que circularon por las fracturas (vetas), de los volcánicos hacia las calizas donde encontraron un ambiente receptivo a dichas soluciones. Esta corriente nos dice, que las vetas, mantos y cuerpos son contemporáneos, y que toda esta mineralización está íntimamente relacionada con los intrusivos del distrito, tipo Chumpe.

Considerando las siguientes evidencias a favor de su posición:

- Tectonismo, intrusión de Diques-Abundancia de fallas y fracturas transversales al rumbo del domo conectadas a los intrusivos
- Mineralización sólo ante la presencia de diques e intrusivos
- Variación de valores económicos a marginales y luego a estériles, en la horizontal y vertical
- Zoneamiento (Zn-Pb-Ag-Cu) definido
- Cuerpos de forma irregular de pirita, hematita, magnetita, con horizontes ricos en minerales de zinc.
- Emplazamiento de mantos en el contacto Mito Pucará, cerca a la intersección con vetas.

**Inclusiones Fluidas.** La mayoría de los datos de inclusiones fluidas se ha tomado en la esfalerita, cuarzo y carbonatos de vetas y cuerpos (Moritz 2001) estudios realizados en la Universidad de Génova, Suiza.

De los resultados obtenidos se confirmó que la temperatura de formación o deposición de los minerales en vetas, mantos y cuerpos fue de 150 a 330°C

La salinidad de los fluidos hidrotermales producidos a partir del pórfido cuarcífero estaba entre 30 y 50 % ClNa en peso equivalente, pero estaba sustancialmente bajo 4 a 8 % ClNa en p.e. durante la mineralización, que sugiere la dilución del ClNa por agua meteórica.

**Geocronología.** Se ha datado con alta precisión los intrusivos de la zona (Beuchat S. 2002) El intrusivo San Cristóbal tiene 9.1 Ma.

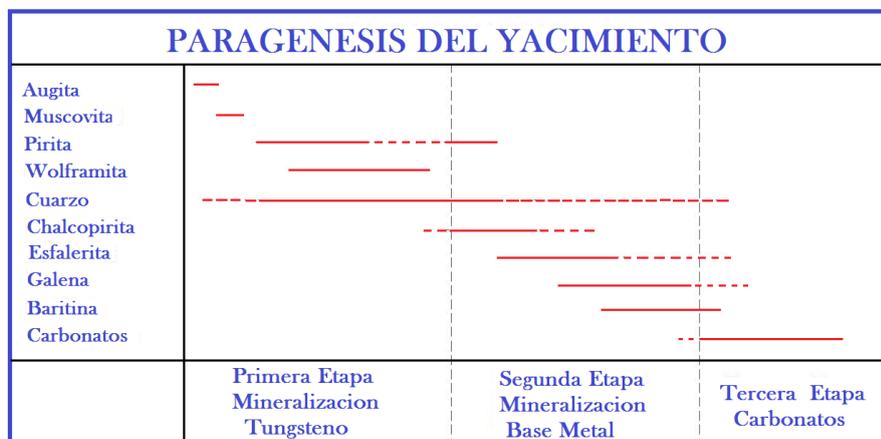
El intrusivo Chumpe 6.6 Ma. La mineralización subsiguiente 4.9 a 4.78 Ma. La proximidad de ambos eventos en tiempo y espacio junto con la magnitud del Domo, sugiere que la actividad magmática se reactivó en varias etapas.

## **F. Paragenesis**

Como es un tipo de depósito hidrotermal presenta una paragenesis donde las soluciones hidrotermales depositaron en un primer evento temprano wolframita-cuarzo-pirita y contemporáneo o ligeramente posterior los sulfuros y arseniuros de hierro, cobalto y molibdeno. Un segundo evento en la parte intermedia de la secuencia paragenética se depositaron los sulfuros de zinc, plomo, plata, cobre, hierro y cuarzo. Acompañando a los sulfuros se presentan los sulfosales de plomo, cobre y plata. Tardíamente ocurre un tercer evento de cuarzo, carbonatos, baritina; luego los metales nativos y

finalmente se depositan los sulfuros de antimonio. En la veta 722 se han podido reconocer hasta 3 eventos según (Moritz 2001).

**Figura 11** Paragénesis de la Mina San Cristobal



### G. Zoneamiento

Todos estos minerales se encuentran formando bandas paralelas dentro de las vetas y muestran un marcado zoneamiento en relación con los intrusivos ubicados dentro del núcleo del anticlinal Chumpe.

El zoneamiento que presenta el yacimiento está relacionada con la secuencia paragénetica de los depósitos hidrotermales de Zn-Pb-Ag-Cu. Pueden variar de una zona interior cuarzosa, a una intermedia rica en cobre (conteniendo pirita y calcopirita), hacia una zona superior rica en Zn-Pb-Ag (conteniendo principalmente pirita, galena y esfalerita, accesoriamente argentita) la relación As/Sb es mayor en la parte inferior de la veta y menor en la parte superior, señalando un enriquecimiento de arsénico hacia el fondo y de antimonio hacia arriba de la veta.

**4.2.3. Recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentación utilizados en la estimación de recursos de la veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya.**

***Bases de la auditoría en Yauli***

La auditoría de minería se basó en los siguientes aspectos:

- Visita de campo a la mina.
- Entrevistas a los profesionales de la mina, jefe de recursos y modelamiento; y jefe de reservas, quienes fueron nombrados por Volcan para interactuar con el auditor.
- Presentaciones de características geológicas y antecedentes realizados por Volcan.
- Revisión y discusión

**Visitas de campo**

En la visita a la mina se desarrolló, las principales actividades:

- Presentación de la geología, exploraciones y recursos minerales por parte del equipo de cada mina (Ticlio, San Cristobal, Carahuacra y Andaychagua).
- Visita al laboratorio de la unidad Yauli.
- Visita a los almacenes de cores, pulpas y rechazos.
- Observar los procesos relacionados al muestreo de los sondajes como de los canales.
- Observar los procesos relacionados al logueo y mapeos interior mina.
- Observar los procesos relacionados al aseguramiento y control de calidad.

### **Antecedentes de la visita de campo - Geología**

Estos antecedentes provienen de las reuniones que se realizaron en la mina, respecto a todos los aspectos relacionados a la estimación de recursos en cada una de las minas.

El área responsable por el muestreo, mapeo y de elaborar los sólidos de las estructuras mineralizadas es la sub gerencia de Geología.

El área responsable de realizar el Aseguramiento y Control de calidad, así como todo el proceso de estimación y categorización es la jefatura de recursos.

- Se emplea el software GDMS Fusion © en la administración de base de datos, el software Leapfrog © en la confección de los modelos geológicos 3D, y el software Datamine © en los modelos de Recursos Minerales.
- Se realizó una visita a la veta 678 con el fin de realizar el reconocimiento geológico y evaluar el muestreo interior mina.

### **Conclusiones de la visita de campo - Geología**

Al término de la visita se tuvo una reunión con la subgerencia de recursos minerales, reservas minerales y la Gerencia Central comunico lo siguiente:

La importancia de considerar información geológica (estructural, alteración y mineralización) en los modelos de las estructuras, no solamente de mapeos de afloramientos sino también de los sondajes.

Los procesos implementados cubren de una manera adecuada el proceso de estimación de recursos.

El problema que existe en relación a la falta de espacio físico en las zonas de almacenamiento de cores, pulpas y rechazos (Figura 2-1). SRK pudo comprobar que la zona de recepción de muestras y la zona de preparación (Figura 2-2) se encuentran ubicados en el mismo ambiente.

Complementar los procedimientos de muestreo según las características de la mineralización del yacimiento y las condiciones de seguridad al interior de la mina.

**Figura 12** Fotografía de almacenamiento en el exterior de Sala de cores



### **Antecedentes de la visita de campo - Mina**

La unidad minera tiene implementado un proceso de cálculo de reservas, basado en gran parte en la aplicación de macros Datamine, desde hace 3 años. Este proceso se encuentra plasmado en un documento de procedimiento y un flujo de información.

Los modelos de bloques usados para el cálculo de reservas, son proporcionados por el área de geología/recursos y se usa modelos diferenciados por cada estructura mineralizada con un ángulo de rotación distinto para cada estructura.

Existe un área de Reservas, encargada de la generación de los cálculos y reportes para todas las minas de manera centralizada.

Las estructuras mineralizadas que se explotan son denominadas como vetas, mantos o cuerpos. Las vetas y mantos tienen en su mayoría entre 0.50 y

8.00 m de potencia, mientras que los cuerpos llegan a potencias del orden de 20.00 m.

El buzamiento de las estructuras es variable.

Los métodos de minado usados son: corte y relleno ascendente, corte y relleno descendente y tajeo por subniveles. Para el caso de los métodos de corte y relleno, predomina la perforación horizontal (tipo breasting) con el fin de controlar la dilución/recuperación, así como, preservar a competencia de la roca.

El relleno usado es de tipo detrítico (proveniente de las labores de desarrollo y preparaciones) e hidráulico (relave de planta).

Las distancias de transporte son variables en función de la mina origen y la planta de destino. La planta de Mahr Túnel es alimentada con materiales provenientes de San Cristobal (únicamente sectores con contenidos de cobre). Por su lado la planta Victoria procesa mineral que proviene de San Cristobal, Carahuacra, Tajo Gavilan y canchas.

Las plantas de producen principalmente concentrados de zinc y bulk de plomo- plata, se tiene registros de producción de concentrado de cobre, sin embargo, esta producción es mínima.

### **Conclusiones de la visita de campo – Mina**

En base a las reuniones y revisión de información se plantean los siguientes comentarios y hallazgos iniciales.

El proceso de cálculo de reservas se ha simplificado con el uso de macros, sin embargo, los manejos de múltiples modelos de bloques en donde cada uno de ellos cuentan con definición de orientación y buzamiento distintos, pueden volver engorroso y compleja la estimación de reservas en sí.

Los procesos de planeamiento de minado son llevados a cabo por departamentos de ingeniería y planeamiento independientes en cada unidad, lo que dificulta la uniformización de criterios y procedimientos.

El procedimiento actual de reservas se constituye en una guía para el desarrollo de los trabajos de reservas, sin embargo, se han identificados oportunidades de mejora en la definición del flujo de información y de la aplicación de conceptos.

### ***Estimación de recursos minerales***

Se realizó la evaluación de los procedimientos de estimación de recursos minerales en la mina de la Unidad Yauli. Se realizó la diferenciación de los procesos de estimación de recursos en cuatro grupos, los capítulos siguientes mostrarán el estatus de cada proceso evaluado, también se ha considerado un comentario específico acerca de la situación actual.

Las abreviaturas utilizadas en los siguientes capítulos son: Sc (Mina San Cristobal),

Nomenclaturas usadas en las tablas de evaluación:

- ✓ significa que el proceso se realiza y es adecuado.
- significa que el proceso se realiza, pero es incompleto o puede ser mejorado.
- ☒ significa que el proceso no se realiza o es realizado de forma incorrecta.

**Procesos relacionados a la Recolección de Información**

**Tabla 2 Procesos de relacionados a la perforación de sondajes diamantinos**

	Ítems	Sc	Comentarios
Perforación	Diagrama de flujo o manual de procedimiento de perforación coinciden con la práctica usada.	<input type="checkbox"/>	No se proporcionó ningún manual de procedimiento, SRK observo el proceso y considera que cumple con los estándares de la industria.
	Adecuado método de perforación y diámetro del core con referencia a la estimación de recursos - justificación del patrón de perforación aplicado.	✓	La perforación realizada es diamantina tanto en "Infill" como en exploración. La malla de perforación es definida a través de estudios de límite de confianza.
	Justificación y objetivos de perforación de desarrollo de recursos es claras y se discute.	✓	Los objetivos de perforación consideran el conocimiento geológico del depósito, no poseen una evaluación de ley y tonelaje a cubicar, basados en la información de los modelos.
	Métodos de levantamiento topográfico (collar and downhole) y controles de calidad.	✓	Toda la información está en PSAD 56, los levantamientos se realizan con estación total en la boca de pozo y se mide la declinación de cada sondaje durante la perforación.
	Proceso que garantiza la toma de datos del collar y survey en el pozo en tiempo adecuado.	✓	No fue revisado ningún procedimiento de esta etapa. Pero si se pudo observar la data tomada y firmada.
	Documentación de información de perforación a partir de la última estimación de recurso (diámetro, tamaño, profundidad, etc.).	✓	Información almacenada en la Base de datos de cada mina, la actualización se realiza directamente a través del sistema GDMS.
	Método de perforación versus calidad de la muestra para fines de estimación de recursos.	<input type="checkbox"/>	No existe un análisis de calidad de muestra vs recuperación.
	Medidas de recuperación máxima, registros de recuperación DDH.	✓	La información de recuperación es registrada.

**Tabla 3** Procesos relacionados al muestreo de sondajes

	Ítems	Sc	Comentarios
Muestreo de Sondajes	Diagrama de flujo o manual de procedimiento de muestreo en sondajes coincide con la práctica actual, coinciden los manuales, y son presentados.	✓	Si, existe un procedimiento escrito.
	Procedimiento de muestreo de sondajes es consistente y repetible.	✓	Si, el proceso es repetible.
	Longitud del muestreo (core) está relacionado a estilos de mineralización y geología, son apropiados para fines de estimación de recursos.	☐	Longitud mínima es 0.3 metros - no existe un estudio acerca de la masa de muestra para cada mina, es necesario realizar un estudio para determinar el error de muestreo en cada mina.
	Se le asigna un número o código a cada muestra.	✓	Si, la codificación depende de la mina y el tipo de muestreo.
	Espaciamiento y orientación de las muestras son adecuados para los límites de mineralización y para la estimación de recursos.	✓	Si, la longitud máxima es 2 metros, solo se muestrea los tramos con mineralización visible, es el mismo estándar de muestreo para todos los tipos de mineralización. No se realiza perforación orientada.
	Masa de muestra adecuada al tamaño de partícula, mineral y ley de mineralización.	☐	No existe un estudio que defina la masa mínima de muestra por depósito
	Recuperación de muestra es guardada y considerada dentro de la estimación de recursos.	☐	La información es guardada en la base de datos, pero no es considerada dentro de la estimación
	Calculo del error de muestreo y consideraciones en el procedimiento de muestreo.	☐	No existe un estudio que defina el error de muestreo
	Orientación del corte del testigo es apropiado para el proceso de estimación de recursos.	✓	La mayoría de interceptos poseen un ángulo mayor a 60° con respecto a la estructura.
	Procedimiento de control de calidad (duplicado) para sub-muestreo	✓	Si, existe un procedimiento de duplicado de gemelas.
	Muestreo de gemelos o duplicados de intersecciones significativas.	✓	Sí, los tramos son identificados en el logueo.
Procedimiento de almacenamiento de testigos y chips - Política de retención de pulpas y rechazos posee un periodo adecuado de tiempo.	☐	Las pulpas y los rechazos no poseen una política de retención uniforme para todas las minas. Cada mina posee una política de retención diferente.	

**Tabla 4** Procesos relacionados a la toma de muestras de canales y comunes

	Ítems	Sc	Comentarios
Mapeo, muestras de canal y comunes	Diagrama de flujo o manual de procedimiento, coinciden los manuales, y son presentados.	✓	Si, Existe un procedimiento escrito de muestreo.
	Mapeo subterráneo y/o tajo abierto son consistentes y repetibles.	✓	Si, el mapeo se realiza con el avance de la operación.
	Datos del mapeo incorporados en el modelo de recursos.	✓	Los mapeos son usados como guías al momento de definir el piso y el techo de las vetas y los límites de los cuerpos.
	Todos los afloramientos en la mina han sido mapeados adecuadamente y es usado para la estimación.	✓	Si, los mapeos son incorporados como referencia en los proyectos Leapfrog de cada estructura.
	<b>El peso de las muestras de canal es adecuado para la mineralización, tamaño de grano y grado de liberación.</b>	☐	Mínima longitud es 0.3 metros - máxima 2 metros - no existe un estudio acerca de la masa de muestra para cada mina.
	Los procedimientos de muestreo de canales aseguran repetitividad del muestreo.	✓	Sí, los procedimientos adecuados a la mineralización
	Los procedimientos aseguran la captura precisa del origen y orientación de los canales o de las muestras.	✓	Si, existe un procedimiento de levantamiento con estación total, en el sistema PSAD 56.
	Los procedimientos aseguran la captura oportuna de toda la información de muestreo de canales o muestras si son requeridos para la estimación de recursos.	✓	Existe procedimiento escrito para registrar información de campo en tarjetas y después es ingresada a la Base de datos.
<b>Se evaluó el sesgo entre soportes de muestreo (entre canales y sondajes).</b>	☒	No se realiza ningún estudio de sesgo entre diferentes muestreos. Se considera importante evaluar los sesgos entre diferentes tipos de muestreo a una distancia de 5 metros como mínimo.	

**Aseguramiento y Control de Calidad de la Información**

**Tabla 5** Análisis de leyes y Aseguramiento/Control de Calidad I

	Ítems	Sc	Comentarios
Ensayos y QAQC	Diagrama de flujo o manual de procedimiento coincide con la práctica actual.	✓	Si, Existe un procedimiento corporativo escrito relacionado al aseguramiento y control de calidad.
	El área de preparación de muestras y ensayos son apropiados a la naturaleza de la mineralización y el tamaño de la operación.	☐	No es adecuado - área de recepción y la de preparación y pulverizado se encuentran en un mismo ambiente. Puede originar contaminación cruzada.
	Granulometría pulpas y rechazos es colectado y reportado - las anomalías son resueltas.	✓	Si, las anomalías son reportadas de manera mensual y son reportadas al laboratorio.
	Los procedimientos de ensaye están relacionados a la naturaleza y calidad del material.	✓	Si, los procedimientos han sido diseñado dependiendo de la naturaleza de la mineralización
	Técnicas de digestión y/o lixiviación son apropiados para la naturaleza de la mineralización y el propósito de la muestra.	✓	Digestión con dos ácidos.
	<b>Se realizan verificaciones para asegurar que todos los muestreos del QAQC son espacialmente representativos de la mineralización en la estimación de recursos.</b>	☐	No se evalúa la ubicación de los duplicados para definir sectores con problemas de precisión, tampoco existe un proceso de verificación por tipo de mineralización.
	Existe comprensión del programa de inserción de estándares y blancos.	✓	Si, se realizan reuniones periódicas para mostrar el proceso y los resultados del programa de QAQC.
	Conjunto de estándares insertados incluye material con ley de corte, ley media y ley alta sobre el promedio de las leyes.	✓	Si, existen tres estándares que consideran ley alta, ley de corte y baja ley.
La norma indica que el material debe ser certificado si son estándares in-situ o internos.	✓	Todos los estándares son certificados por SGS	

**Tabla 6** Análisis de leyes y Aseguramiento/Control de Calidad II

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Ensayos y QAQC</b>	Los estándares son insertados adecuadamente y son camuflados del laboratorio de ensayo.	✓	Si, existe un protocolo corporativo que considera insertar una estándar cada 20 muestras.
	Los materiales blancos preferiblemente deben ser del tamaño del material mineralizado (semejante).	✓	Se inserta blanco grueso (cuarzo) con granulometría similar a la de las muestras (alrededor de pulgada y media).
	Se aplican otro tipo de material estéril (material si ley) u otras medidas de contaminación son aplicadas y se revisa los resultados.	☐	Anteriormente se insertaba, actualmente solo cuarzo. Los resultados de ambos arrojan resultados por debajo del límite de detección
	Documentación y/o procesos son entendibles para definir las anomalías QAQC y se toma acciones para resolver las anomalías.	✓	Si, existe un procedimiento corporativo que define el análisis estadístico a utilizar. Las anomalías son identificadas y discutidas en las reuniones mensuales.
	Precisión - los ensayos de muestras son documentados y aceptados.	✓	La precisión es adecuada en el depósito, salvo excepciones como el de la plata en Andaychagua.
	Exactitud - los ensayos de estándares con documentados y/o aceptados.	✓	Durante el 2016 la exactitud se mantuvo aceptable. Sin embargo, durante el 2015 se presentaron algunas anomalías
	Una selección apropiada y representativa de pulpas, estándares y blancos son enviados a otro laboratorio.	☐	Se realiza el envío de pulpas a laboratorio externo, el lote considera muestras blancas y estándares según procedimiento. No se realiza el envío de rechazos.
	Evaluación mensual / reporte de ensayos QAQC en la mina por el jefe de Geología.	✓	El reporte es realizado por el geólogo QC, revisado y validado por Miguel Chinchay y aceptado por Leopoldo Escobedo.
	Los estimadores de recursos conocen toda la información QAQC y su impacto en la estimación de recursos.	☒	No se considera ningún efecto de la precisión o exactitud dentro del proceso de estimación. SRK considera fundamental incluir los resultados dentro del proceso de estimación y categorización de recursos.

**Tabla 7** Información de densidad

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Información de Densidad</b>	Diagrama de flujo o manual de procedimiento coincide con la práctica actual	✓	Si, existe un procedimiento escrito de trabajo.
	Determinación de la densidad aparente es in situ	☒	No se realiza medición In situ de la densidad.
	Técnicas y adecuación de los métodos de determinación de la densidad	✓	Si, se utiliza el método de la parafina, se analiza en el laboratorio de la unidad.
	La asignación de los valores de densidad en la estimación de los recursos está plenamente respaldada por mediciones reales (históricas si es necesario)	✓	La densidad es estimada en función de las muestras tomadas interior mina.
	Determinación de la densidad aparente en rocas de desmonte para fines de planificación y programación de minas	✓	Si, se toman muestras en las cajas con la finalidad de tener una densidad diferenciada.

*Proceso de Estimación de Recursos Minerales*

*Tabla 8 Información geológica y estructural/geotécnica*

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Información geológica y estructural/geomecánica</b>	Diagrama de flujo o manual de procedimiento coincide con la práctica actual.	<input type="checkbox"/>	No existe un procedimiento para coleccionar datos estructurales ni geomecánicos, las discontinuidades son descritas por tipo y no posee suficiente detalle.
	Logueo/mapeo tienen suficiente detalle y son consistentes.	<input checked="" type="checkbox"/>	Información de litología, discontinuidades, alteración y oxidación son logueadas a partir del año 2013.
	Uso de códigos geológicos en la información recolectada.	<input checked="" type="checkbox"/>	Todo Yauli utiliza la misma codificación a partir del 2016.
	Procedimientos de logueo geológico y geomecánico se llevan a cabo de manera oportuna con respecto al tiempo de estimación.	<input type="checkbox"/>	No se realiza logueo geomecánico
	La data de oxidación y meteorización son registrados y están disponibles para los estimadores.	<input checked="" type="checkbox"/>	Solamente en el logueo se dispone de información de oxidación (define óxidos o sulfuros)
	Análisis y recolección de la orientación del sondaje	<input checked="" type="checkbox"/>	No se realiza perforación de sondajes orientados ni direccionados, en los cuales se pueda identificar fallas y familias de diaclasas
	Fotografía de los sondajes de perforación, almacenamiento digital y recuperable.	<input checked="" type="checkbox"/>	Todas las fotos son almacenadas en el servidor de cada mina y son catalogadas por sondajes y tramos.
	Ubicación y naturaleza de la napa freática y de los acuíferos son registrados.	<input type="checkbox"/>	Es tomado en el reporte diario de perforación, pero no se almacena en la Base de datos

**Tabla 9 Base de datos y gestión de la información**

	ítems	Sc	Comentarios
<b>Procesamiento, validación, modificación y almacenamiento de la información</b>	Diagrama de flujo o manual de procedimiento coincide con la práctica actual	✓	Si, Volcan posee un diagrama de flujo para la gestión de la información.
	Selección de la tecnología adecuada de la base de datos.	✓	GDMS – CAE, el equipo de Volcan posee el conocimiento necesario para la gestión del sistema.
	Los metadatos (datos procesados) y los datos primarios se diferencian claramente (por ejemplo, datos suavizados o corregidos).	✓	Si, Volcan coloca en la base de datos columnas que permiten definir si la información almacenada ha sido procesada o no.
	La base de datos tiene niveles apropiados de seguridad y procedimientos de backup.	✓	Si, la base de datos transfiere información a la base de datos centralizada. Cada hora se genera un respaldo local en cada mina.
	La estructura de la base de datos para la data o información es accesible.	✓	Si, existe un área de gestión de información centralizada en Lima que puede realizar modificaciones y validaciones de la estructura de manera continua.
	Estandarización y coordinación para la integración y/o recopilación de datos	✓	Si, sobre todo a partir del 2016 los códigos utilizados en las minas unidad son únicos para todo Yauli.
	Captura y descarga de datos digitales siempre que sea posible / entrada manual mínima y validación de la entrada manual.	✓	El proceso de logueo se realiza a través de tabletas, el personal usa una aplicación de GDMS que permite coleccionar la información. SRK pudo observar el proceso de colección de información.
	Sistema fácil de usar y es flexible.	✓	Si, sin embargo, SRK pudo observar algunos contratiempos con la conexión al sistema de la mina San Cristóbal.
	Relación entre los sistemas de coordenadas de mina/local/nacional.	✓	Solamente se utiliza el Sistema PSAD 56.
	Incorporación y automatización de algoritmos de validación de la data.	✓	Si, el sistema presenta una opción de validación de la información, a través de consultas de consistencia.
	Visualización de la traza de los sondajes en planos en planta y secciones.	✓	Si, existe un proceso QC de validación de los datos
	Datos geológicos y ensayos son ploteados y verificados.	✓	Si, existe un proceso QC de validación de los datos

**Tabla 10** Controles geológicos usados en la estimación I

	ítems	Sc	Comentarios
Controles geológicos y mineralización usados en la estimación I	La estimación de recursos se ajusta al tipo de depósito y a la naturaleza de la mineralización	<input checked="" type="checkbox"/>	Si, la estimación se realiza mayoritariamente a través de kriging ordinario. Sin embargo, algunas vetas con poca información utilizan el inverso de la distancia.
	La geología regional / local es conocida e incorporada al modelo geológico del recurso mineral	<input type="checkbox"/>	Ticlio considera la geología regional y local proveniente de mapeos dentro del proyecto para construir las estructuras mineralizadas. Carahuacra y Andaychagua incluye información de mapeos geológicos en su proyecto. San Cristóbal no incluye ninguna información del tipo litológica, solo utiliza mapeos de control de leyes.
	El comportamiento de las leyes de acuerdo a factores litológicos, mineralógicos, oxidación o contactos estructurales ha sido investigado y debidamente representado en los modelos	<input checked="" type="checkbox"/>	Ticlio es la única mina que considera fallas principales, diferentes litologías y alteración durante el modela de las estructuras.
	Es entendible el comportamiento estructural y el vetilleo afectan a la estimación de los recursos.	<input checked="" type="checkbox"/>	No existe un componente estructural que sea incluido en la estimación (solo Ticlio considera fallas principales, pero no otro tipo de discontinuidades)
	La estratigrafía de las unidades minerales y las correlaciones estratigráficas entre las áreas de las minas están bien documentadas.	<input type="checkbox"/>	Existe una columna estratigráfica, pero no se tiene un proyecto donde se pueda correlacionar la geología de las minas ya que no existe un modelo de las unidades litológicas.
	Los estilos de alteración y las relaciones temporales que afectan la estimación de recursos son conocidos y documentados.	<input checked="" type="checkbox"/>	Ticlio elaboró sólidos en base a mapeo de alteración, sin embargo, no considera información de sondajes para definir la alteración en profundidad. Las otras minas no consideran data de alteración dentro del proceso de estimación.
la estimación II	La meteorización y oxidación son considerados en el modelo de recursos	<input checked="" type="checkbox"/>	Solamente recopilan información de oxidación, la meteorización no es un componente importante en la evaluación de este tipo de yacimientos.

**Tabla 11 Modelos 3D y consideraciones geológicas I**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Elaboración de Modelo 3D y consideraciones geológicas I</b>	Contornos de ley y ley-potencia son examinados en 3D y es apropiado.	✓	Si, Volcan realiza contornos de iso ley en sección longitudinal.
	Todos los metales económicos o elementos nocivos son considerados en la estimación.	☐	No se consideran elementos contaminantes en la estimación. SRK considera importante realizar un análisis del impacto de estos elementos en la recuperación del mineral
	Ratios de metal y tendencias.	✓	Volcan también realiza el análisis de cocientes metálicos.
	Las relaciones y tendencias de los metales que afectan la estimación se han examinado y documentado.	✓	Existe un análisis de correlación entre elementos por cada domino de estimación.
	Variaciones en las características de procesamiento en 3D y modeladas son apropiadas.	☐	No existe información geometalurgica que pueda ser considerada en el proceso de estimación.
	Diagrama de flujo o manual de procedimiento coincide con la práctica actual	✓	
	Evaluación de la naturaleza de los datos utilizados en relación con distintos niveles de calidad de los datos.	☒	No se realiza ninguna valorización por calidad de los resultados ni por diferente tipo de muestreo en ninguna mina. SRK considera importante evaluar el sesgo de la información dentro de la estimación.
	El nivel de información es suficiente soporte para la estimación de recursos.	☐	Los modelos solo consideran información de leyes de los sondajes y canales, no existe información de litología, ni alteraciones ni mineralogía (Ticlio posee información parcial).
Se aplicó técnicas de modelamiento y dominio adecuadas.	✓	Si, el modelamiento es implícito y los dominios son definidos con análisis de contacto.	

*Tabla 12 Modelos 3D y consideraciones geológicas II*

	ítems	Sc	Comentarios
<b>Elaboración de Modelo 3D y consideraciones geológicas II</b>	Los controles geológicos sobre la mineralización se han incorporado.	<input type="checkbox"/>	Todas aplican algún control de leyes a través de dominios de estimación, sin embargo, solo Ticlio genero estos dominios en los cuales la litología, la alteración y la ley están relacionadas
	La escala y resolución del modelo es apropiada para la captura de la variabilidad geológica y la ley, pero también es apropiada para la planificación minera y la estimación de la reserva.	<input type="checkbox"/>	Los modelos son rotados en la dirección del azimut de la veta. En la dirección de la potencia la dimensión del bloque es irregular abarca todo el ancho de la veta. Por ello, el bloque no guarda relación con el tipo de minado utilizado. Generalmente la sección es de 3 a 4 metros, con un bloque de dimensión irregular no se puede garantizar la selectividad.
	Consideración de la variabilidad de los controles geológicos sobre la mineralización.	<input type="checkbox"/>	Se estima solamente dentro del dominio considerado como mineralización, dentro de este dominio se definen dominios de ley utilizados en la estimación, como se menciona en una tabla anterior estos no están sustentados en información geológica (Menos Ticlio).
	Consideración de la variabilidad de la ley y características de procesamiento.	<input type="checkbox"/>	No se considera ninguna relacionada al procesamiento del mineral. La variabilidad de ley si es definida en zonas de alta ley y baja ley.
	Todas las características geológicas son incluidas como las fallas y el intrusivo son modelados si corresponde para la estimación recursos.	<input checked="" type="checkbox"/>	Solo Ticlio considera las fallas principales, el intrusivo y la litología al momento de definir las estructuras mineralizadas. Aun así, esta mina no considera fallas mapeadas en las labores de extracción

**Tabla 13** Análisis espacial de la información

	ítems	Sc	Comentarios
<b>Longitud del composito y estadística</b>	Determinación de la longitud de compósito se fundamenta en dimensión del SMU.	<input type="checkbox"/>	No guarda relación con el SMU (Unidad usada para la selección del minado), las muestras son compositadas a toda la potencia de la veta.
	La metodología de compositación es apropiado para el método de estimación.	<input type="checkbox"/>	La compositación a lo largo de todo el canal genera soportes de diferente volumen. SRK considera importante brindar el mismo soporte a través de la regularización de las muestras.
	La cantidad total de datos originales de entrada coincide con la cantidad total de datos de salida.	✓	Volcan utiliza la opción Mode=1 dentro de la función del Datamine, la cual permite conservar los mismos tramos de muestra.
	Se le aplica un peso a la densidad dentro del proceso de compositación.	<input checked="" type="checkbox"/>	No se aplica ningún peso de la densidad durante el proceso de regularización.
	El proceso de composición considera las muestras no ensayadas o sin muestra, poca muestra o zonas sin muestra.	✓	Sectores no muestreados se considera la mitad del límite de detección (regla de Volcan), posterior a ello se composita siguiendo el procedimiento establecido.
	Análisis univariante o multivariado realizado cuando es necesario.	✓	Estadística descriptiva, correlación entre elementos, histogramas y plots.
	Parámetros estadísticos documentado por dominio.	✓	Toda la información estadística es trabajada en el software S- GEMS y almacenada en las carpetas de información estadística de cada veta.
	Parámetros estadísticos mínimos tratados:	✓	Los parámetros estadísticos analizados son adecuados para el análisis exploratorio de la información de leyes por cada veta y dominio.
	- Sin muestra, media, rango, mediana, SD, CV, varianza	✓	
	Se presenta gráficos estadísticos, incluyendo frecuencia, probabilidad acumulada, y ploteo de dispersión de 2 variables según sea el caso.	✓	Si, Volcan elabora gráficos mostrando la información del ítem.
	Sesgo y soporte entre diferentes tipos de muestras y son presentados en un Q/Q plot	<input type="checkbox"/>	Volcan no se realiza análisis de sesgo por diferentes tipos de muestreo, ni hay ningún factor de corrección
Se aplica cambio de soporte si es necesario a uno o más tipos de muestra en base al estudio del sesgo.	<input checked="" type="checkbox"/>	Volcan no realiza ningún análisis para evaluar sesgo por soporte.	

**Tabla 14** Análisis variográfico y selección método de estimación

	ítems	Sc	Comentarios
<b>Variografía y selección del método de estimación</b>	Desarrollo riguroso y consistente de variogramas.	✓	Los variogramas son elaborados en Datamine considerando espaciamientos (lag), direcciones y alcances relacionados a las estructuras.
	Direcciones de continuidad que coincidan con la mineralización o características geológicas donde corresponda.	✓	Si, las direcciones en las que se obtiene el variograma experimental guardan relación con el azimut y el buzamiento de las vetas y cuerpos.
	Pepita y Alcance son adecuados.	✓	Si, SRK pudo revisar información del modelamiento de variogramas.
	Detalle apropiado en el área de corto alcance a través de perforaciones espaciadas según corresponda.	✓	Volcan determino para cada mina una malla de perforación con espaciamiento entre intersecciones para recursos medidos e indicados.
	Descripción de cada dominio y su uso para la visualización del variograma según corresponda.	✓	Si, los variogramas son generados y modelados por dominio de estimación.
	Justificación de las técnicas de estimación aplicadas presentadas y documentadas.	✓	Si, a través de las etapas de validación visual y por franjas.
	El método es adecuado a la mineralización y la experiencia del estimador.	✓	El grupo es liderado por una persona competente en este tipo de depósitos
	Análisis de contacto entre dominios es documentado.	✓	Si, las gráficas son almacenadas en las carpetas del Proyecto
	SMU y panel considera supuestos relevantes para el método de explotación minera y la densidad de datos.	☐	SRK considera que, salvo la dirección de la potencia, el tamaño de bloque (2x2) guarda relación con el tamaño de los paneles (40x40).
	Es aplicado algún método de cambio de soporte y es documentado adecuadamente.	☐	Se utiliza el Herco (que evalúa el cambio de soporte) para la evaluación de los modelos. Los resultados son aceptables en la mayoría de los casos.

**Tabla 15** Selección de Umbrales de Recorte

	ítems	Sc	Comentarios
<b>Selección de Umbrales de Recorte</b>	Tratamiento de valores extremos de ley, justificadas por las estadísticas y o localización de afloramientos.	✓	Para identificar las leyes máximas se utiliza la curva probabilística. Se aplica el top cut a las muestras originales antes de compositor
	Metodología de corte claramente declarada y documentada.	✓	Si, se encuentra dentro del procedimiento de estimación de recursos.
	Análisis de umbrales de recorte a diferentes soportes es documentado como apoyo.	☒	No se realiza un análisis de sensibilidad a diferentes leyes máximas.
	Sensibilidad del recurso a cortes superiores / inferiores – impacto en el medio y CV por dominio; cambios significativos que justifican.	☒	No se realiza un análisis de contenido metálico ni su sensibilidad al umbral de recorte escogido

**Tabla 16 Validación de la estimación**

	ítems	Sc	Comentarios
<b>Validación de la estimación</b>	Validación de los datos de entrada por dominio y localmente dentro de los dominios.	✓	Explain how is the data entry validated per domain?
	Validación frente a verificaciones o estimaciones previas cuando proceda, comparación con la producción de extracción.	☐	No se compara con el modelo de corto plazo ni la producción en cada mina. Durante la visita SRK solo pudo observar la comparación realizada en mina Carahuacra.
	Comparar los datos del modelo con los datos de la muestra tanto visual como estadísticamente.	✓	La comparación se realiza tanto longitudinalmente como en sección transversal.
	<b>Sensibilidad/robustez de los estimadores a la metodología de estimación, ley de corte, parámetros de búsqueda y análisis de contacto.</b>	☒	No se realiza un análisis de sensibilidad para diferentes escenarios de vecindades de búsqueda.
	Evaluación de la estimación - comentario sobre la selectividad general de la estimación.	✓	Volcan realiza la validación visual, de sesgo global y en franjas de las leyes estimadas por kriging ordinario, inverso de la distancia, vecino cercano y los compositos originales.
	<b>Curvas de Tonelaje y ley son generadas.</b>	☒	No son generadas, ni incluidas en el reporte oficial. Es sumamente importante generar estas curvas para evaluar los rangos de leyes donde se ubican la mayoría de recursos.

**Procesos para declaración de recursos minerales**

**Tabla 17 Categorización y reporte de recursos**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Categorización y reporte de recursos</b>	Calidad de los postulados, hipótesis, supuestos o asunciones empleados en los niveles de ley de corte aplicados	☐	La categorización considera el número de muestras, distancia de la muestra más cercana, varianza de kriging y ubicación de los bloques con respecto a las zonas explotadas. No considera ninguna información relacionada a la calidad de la información ni a la continuidad de la mineralización.
	La Clasificación de recursos ha sido definido de acuerdo a códigos internacionales (JORC,CIM)	✓	Volcan realiza la categorización de los recursos siguiendo la definición de recursos medido, indicado e inferido provisto por JORC.
	Curvas de Tonelaje y ley son generadas por categoría	☐	No se generan curvas tonelaje ley, solamente cuadro con tonelajes y leyes promedios
	Inventarios de mineral tabulados con un adecuado nivel de precisión	☒	Los resultados no poseen redondeos en cuanto a la cifra del tonelaje dependiendo de la categoría. La mayor parte de recursos son reportados a con una precisión de decena.
	Reporte de riesgos utilizando un método cualitativo o cuantitativo y algún procedimiento de mitigación	☒	No existe una lista de los riesgos que poseen mayor impacto en la estimación.
	Categoría de recursos considera continuidad geológica y de mineralización	✓	La categorización está basada en el número de muestras, distancia del bloque a las muestras y varianza de kriging
	<b>Categoría de recursos considera información histórica y de la reconciliación</b>	☒	No considera, aun cuando se realiza la conciliación.
	Sensibilidad de supuestos críticos	☒	No existe una lista de supuestos críticos
Verificación de las competencias del	✓	Estimación validada por persona competente	

estimador o de la persona competente		
Comparación con previas estimaciones, incluyendo reducción de toneladas por minado, por reinterpretación y aumento por exploración	<input checked="" type="checkbox"/>	No existe un balance de recursos entre una estimación y la anterior
Comparación entre modelo de control de leyes y la producción	<input type="checkbox"/>	Yauli posee una conciliación del tercer trimestre 2016, pero no de todo el año. No es posible obtener información consistente acerca de las diferencias entre ambos modelos para un periodo de tiempo tan corto.
Diferencias importantes son justificadas y clarificadas	<input checked="" type="checkbox"/>	Variaciones no son analizadas a través de ninguna metodología. Ni sustentadas a través de un reporte.

### ***Análisis de Riesgo***

Se realizó la evaluación del riesgo de los procesos que intervienen en la estimación de recursos, Los niveles de riesgo utilizados en este análisis son:

- Alto cuando se trata de una “Deficiencia Fatal” y el proceso debe ser creado o cambiado completamente. Posee un impacto importante y directo en los resultados de la estimación de recursos.
- Medio cuando el proceso existe y debe ser modificado, ampliado o complementado el impacto es importante en la estimación, pero no es definitivo.
- Bajo cuando el proceso existe y las modificaciones a realizar no afectan de manera importante a los resultados de la estimación.
- Inexistente cuando el proceso es adecuado y aunque se realicen modificaciones el impacto es irrelevante para la estimación. Tabla 4-17 resume los procesos donde el nivel de riesgo va de bajo a medio.

**Tabla 18 Análisis de riesgo**

<b>Procesos Recursos Minerales</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>
<b>Procesos relacionados a la recolección de información</b>	
Calculo del error de muestreo y masa de muestra de cada mina según mineralización.	Medio
Procedimientos de muestreo deben adicionar un proceso para la toma de la muestra bajo diferentes condiciones en la labor.	Bajo
Evaluación de la malla de muestreo debe considerar dirección perpendicular a la veta.	Bajo
<b>Aseguramiento y control de calidad</b>	
El área de recepción y la de preparación y pulverizado se encuentran en un mismo ambiente.	Bajo
No uso de la información de QC en la categorización de recursos.	Bajo
Almacenes de cores, pulpas y rechazos adecuados. También considerar una política de custodia uniforme para todas las minas.	Medio
<b>Estimación de recursos minerales</b>	
No considerar características de la geología regional y local dentro de los modelos y dominios de estimación de las estructuras.	Medio
No información de alteración, estructural y de mineralización provenientes de los sondeos y canales son utilizados en la generación de los modelos y dominios de estimación.	Medio
Análisis de sesgo entre muestreos diferentes (canales y sondeos).	Bajo
Análisis de sensibilidad y contenido metálico para definir top cut.	Bajo
Determinación del tamaño de bloque que guarde relación con el SMU, los tajos y la data utilizada.	Bajo
Complementar la validación con análisis de vecindad de Kriging (KNA).	Bajo
<b>Declaración de recursos minerales</b>	
Los recursos categorizados no son contrastados con la información de conciliación existente. No se realizan curvas tonelaje ley por veta, categoría, nivel y tajo.	Medio

El muestreo debe generar una adecuada representación de la ley en el punto muestreado, todas las estimaciones realizadas en función a información poco representativa generaran sesgo en las leyes estimadas en el depósito.

El procedimiento de muestreo corporativo considera condiciones óptimas en la operación, es necesario considerar otro tipo de condiciones que usualmente se presenta interior mina (baja calidad de macizo rocoso, condición de agua, servicios, etc.).

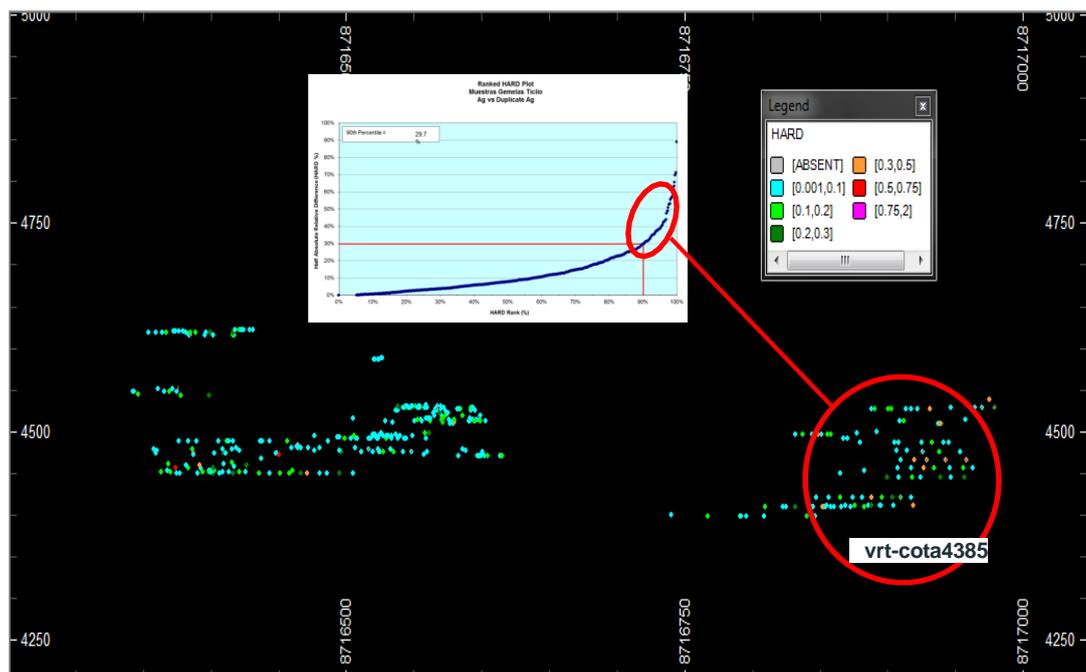
Resulta riesgoso por la contaminación cruzada que puede generarse el recepcionar, secar, triturar y pulverizar muestras en la misma área.

Se considera útil dentro del proceso de categorización utilizar información de la calidad de leyes (precisión, exactitud, contaminación) y recuperación.

La falta de áreas para el almacenamiento de cores, rechazos y pulpas generan condiciones subestándares de custodia. La alteración del material almacenado torna complicada la precisión de los resultados originales y duplicados.

Poca o nula información geológica (contexto geológico regional, estructural, alteración, mineralización, etc.) usada para soportar los límites y la geometría de las estructuras mineralizadas hace que la certeza de los recursos disminuya considerablemente, sobre todo para las siguientes etapas de reservas y planeamiento.

**Figura 13** Ubicación de las muestras gemelas de canales ensayadas por Ag con índice HARD/100



### ***Oportunidades de Mejora***

Se consideró conveniente evaluar diferentes estadios del proceso de Control de calidad y estimación de recursos con la finalidad de proponer mejoras que ayuden a minimizar el riesgo inherente a cada etapa.

### ***Determinación del error de muestreo***

Se recomienda a Volcan realizar un proceso que permita determinar el error de muestreo en los diferentes estilos de mineralización minados en Yauli, a través de la teoría de muestreo de Pierre Gy.

Esta teoría considera como parte importante del error fundamental lo siguiente: Determinar el factor de forma.

Determinar el factor granulométrico. Determinar el factor de liberación. Evaluar la masa del lote y de la muestra.

### ***Control de Calidad***

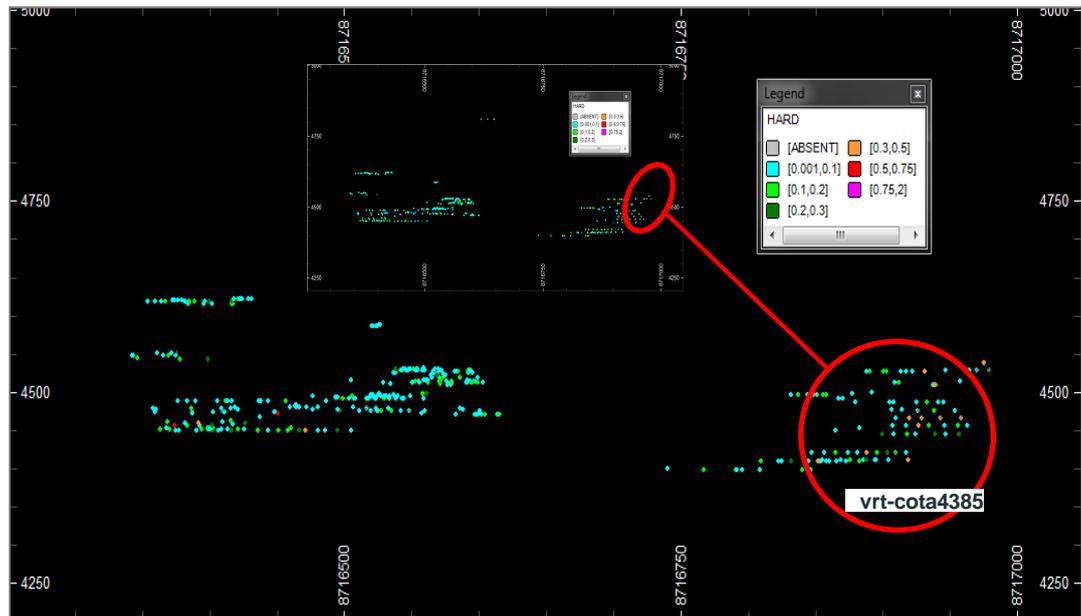
Se considera importante (con la finalidad de incluir ítems de calidad dentro del proceso de categorización) complementar la metodología de Control de Calidad de leyes implementada por Volcan con el índice ARD (diferencia absoluta relativa) o HARD (la mitad de la diferencia absoluta relativa) a cada par de muestras original-duplicado.

La Formula [1] muestra el cálculo del índice HARD.

$$\text{HARD} = 0.5 \times |(\text{Original} - \text{Duplicado}) / ((\text{Original} + \text{Duplicado}) / 2)| \quad [1]$$

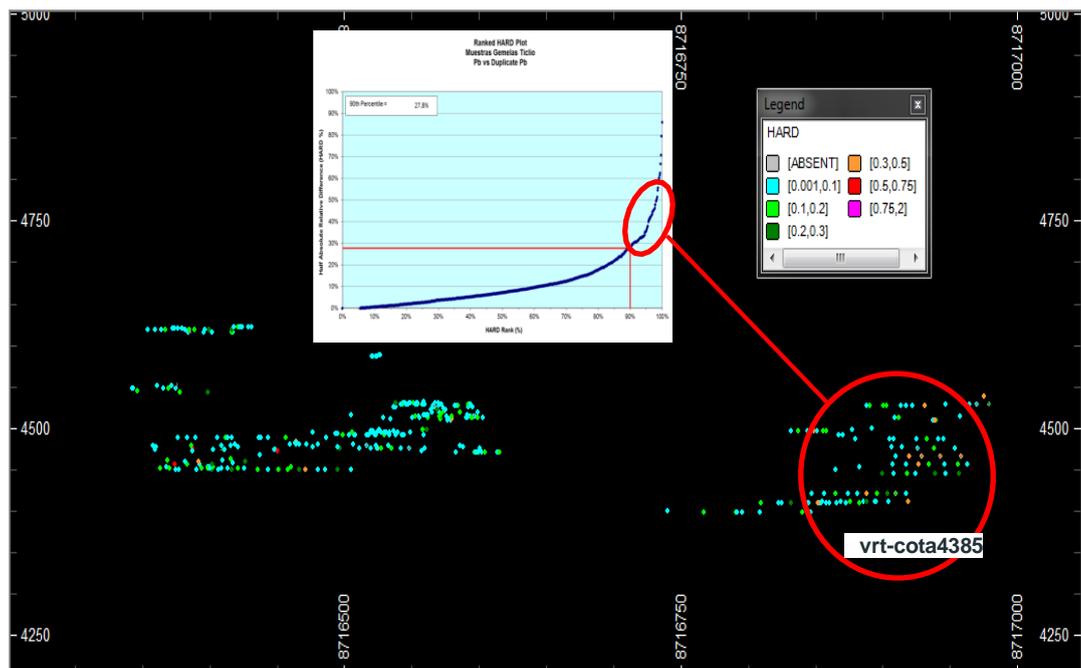
La Figura 14 muestra un ejemplo de la aplicación del índice HARD de muestras gemelas en la mina Ticlio, específicamente en la veta Ramal Techo. Basado en prácticas comunes en la industria el 90% de la población deberá estar por debajo de 30%, en la imagen se observa, que en general las muestras gemelas ensayadas por Plata (ozt) cumple con los practicas recomendadas. Sin embargo, SRK sugiere realizar un análisis espacial de la información, así como definir los sectores con índice HARD mayor a 30% (la leyenda de la sección longitudinal de muestreo es HARD/100). El círculo de color rojo representa la mayor parte de la población con valores por encima de 30%.

**Figura 14** Ubicación de las muestras gemelas de canales ensayadas por Ag con índice HARD/100

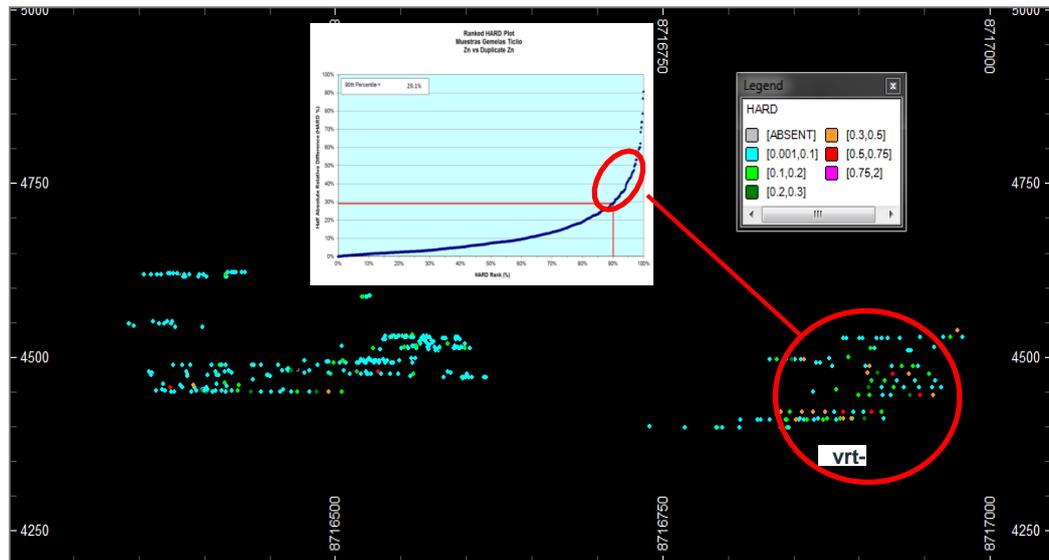


La Figura 15 y Figura 16 muestran el mismo análisis, pero para valores de Pb (%) y Zn (%). De forma similar a la figura anterior el círculo rojo representa la mayor concentración de valores de HARD > 30

**Figura 15** Ubicación de las muestras gemelas de canales ensayadas por Pb con índice HARD/100



*Figura 16 Ubicación de las muestras gemelas de canales ensayadas por Zn (%) con HARD/100*



Se sugiere realizar un análisis similar a los interceptos de sondajes por vetas mostrando el porcentaje de recuperación (logueado en los sondajes) con la finalidad de definir zonas con recuperación menor a 75%.

Los sectores definidos basados en HARD y/o recuperación deben ser considerados como una componente de calidad de la muestra e información dentro del proceso de categorización de recursos.

### ***Análisis de umbrales de Recorte***

Se considera importante complementar el análisis usado en Yauli para definir los umbrales de recorte de leyes con técnicas que consideren el contenido metálico excluido al momento de la estimación, así como una sensibilización basada en el coeficiente de variación – Perdida de contenido metálico.

### ***Método de los deciles – percentiles (Irv Parrish)***

Este método se caracteriza por realizar el ordenamiento de las muestras en función de la ley y el producto Ley por longitud (m) (para este ejemplo lo llamaremos contenido metálico).

Las reglas del método son las siguientes:

El recorte se realiza si:

- El último decil tiene más del 40 por ciento del metal; o,
- El último decil contiene más de 2.3 veces la cantidad de metal contenida en el penúltimo decil; o,
- El último centil contiene más del 10 por ciento de metal; o,
- El último centil contiene más de 1.75 veces la cantidad de metal contenida en el penúltimo decil.

Aplicar el corte comenzando en el valor máximo y bajando el límite hasta que todas las condiciones de arriba desaparezcan.

Se harán excepciones si se cumplen las siguientes condiciones:

El último decil tiene más del 50 por ciento de metal; y,

El último decil contiene más de 3 veces la cantidad de metal contenida en el penúltimo; y el último centil contiene más del 15 por ciento del metal; y, el último centil contiene más de 2 veces la cantidad de metal contenida en el uno antes del último.

De ser así, existe una población separable (más de una población en un mismo dominio) que constituye más del 10 por ciento del total, y los límites de los dominios deben ser revisada una vez más.

#### ***Análisis de sensibilidad Ley – contenido metálico***

Se considera importante dentro de la selección del capping definir el impacto que esta ley máxima tendrá en el contenido metálico (evaluado en función del producto ley por longitud de muestra). Dentro del análisis se consideró los Top Cuts aplicados en estos dominios en la estimación oficial anterior.

La metodología consiste en definir cuál es el pseudo contenido metálico, la ley media y el coeficiente de variación original sin aplicar ningún capping, y como estos van a ir variando cuando se le aplican diferentes tops cuts. Se considera adecuado que la pérdida en contenido metálico no sea mayor a 5%, para Ag el coeficiente de variación debe ser menor de 1.7 y para Pb y Zn menor a 1.5.

La Figura muestra el análisis del dominio 602, el capping de Ag utilizado de 250 ozt genera un coeficiente de variación de 2.04 y una pérdida de contenido metálico de 0.79. Se considera que aplicar cualquier capping que haga que la población tenga un coeficiente de variación menor a 1.7 generará una pérdida de contenido metálico mayor a 10%. Por ello y en función del análisis de Irv Parrish consideramos necesario redefinir y subdividir el dominio 602.

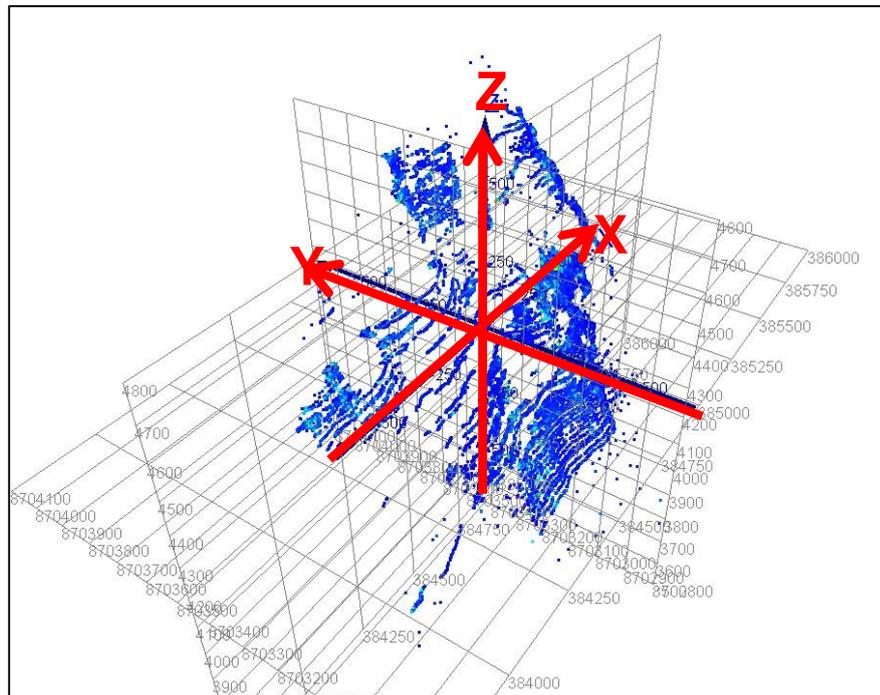
La Figura muestra el análisis del dominio 1510, el capping de Ag utilizado de 70 ozt genera un coeficiente de variación de 1.26 y una pérdida de contenido metálico de 2.7. SRK considera adecuado el capping aplicado por Volcan. Caso similar ocurre para el dominio 1901 donde el capping elegido por Volcan genera un coeficiente de variación bajo, es posible aumentar el capping a 170 ozt..

### ***Diseño de malla de perforación INFILL***

Se considera valida la metodología usada por Volcan para definir la malla optima de perforación de recursos medidos e indicados. El programa SBKD500.exe ha sido diseñado para definir los espaciamientos entre los puntos de intersección de los sondajes con las estructural mineralizadas. El plano donde se proyecta la malla es horizontal y asume que la perforación se realizará en dirección vertical.

La Figura 17 muestra la información de la veta 658 de la mina San Cristóbal, y los ejes coordenados utilizados por el programa SBKD500.

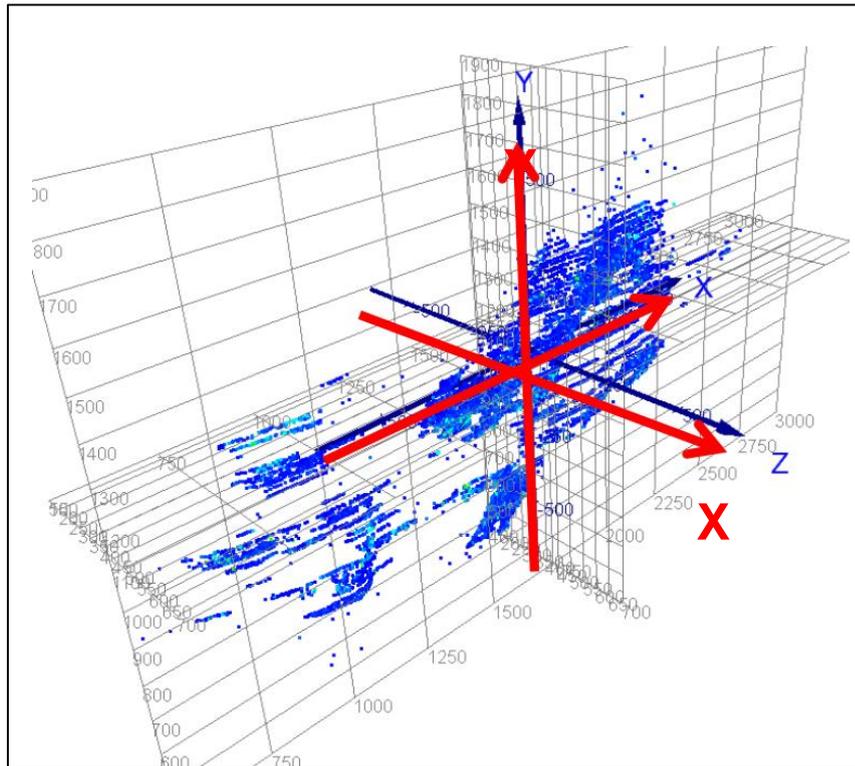
*Figura 17 Compósitos veta 658 – Mina San Cristóbal*



Se realizó la rotación de los ejes coordenados de los compósitos de tal manera que la dirección Z sea perpendicular a la veta (dirección de la potencia). La Figura 18 muestra los ejes coordenados rotados y los compósitos, posterior a la rotación se realizó el análisis de variográfico considerando las nuevas coordenadas relativas.

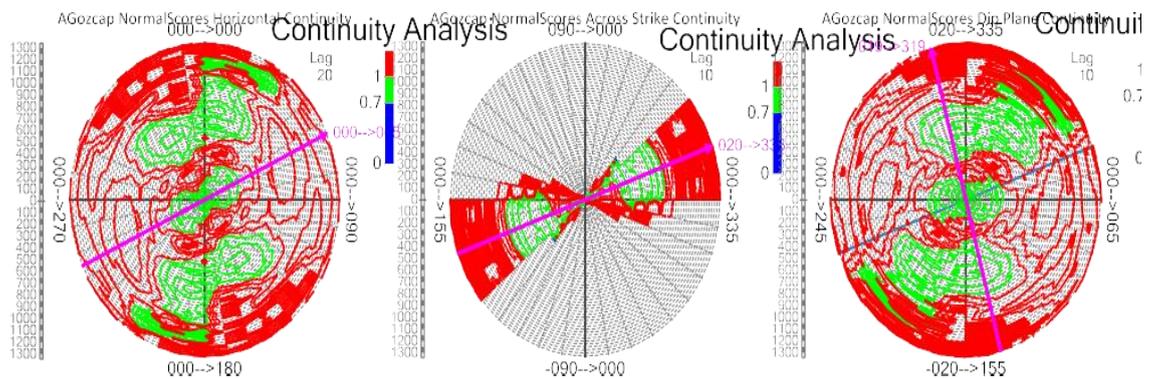
La Figura 19 muestra el análisis variográfico de leyes de Ag considerando la rotación de los ejes coordenados, como se puede apreciar el análisis se realiza directamente en el plano de la veta.

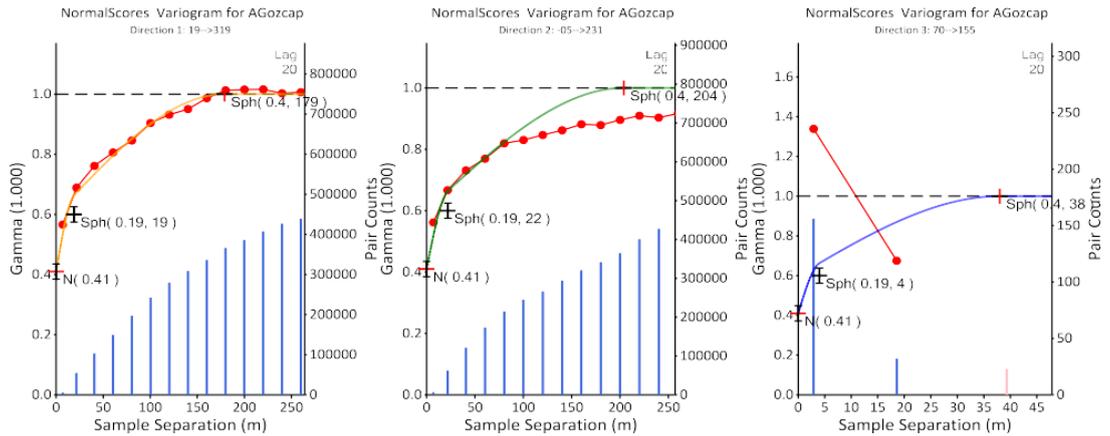
**Figura 18** Compositos Veta 658 en coordenadas relativas – Mina San Cristóbal



Los Primer eje con la mayor continuidad posee el azimut 231 y buzamiento  $-5^\circ$  y la dirección que tiene el alcance semimayor posee el azimut 319 y buzamiento  $19^\circ$  .

**Figura 19** Análisis variográfico Ag (ozt) de los compósitos de la veta 658 en coordenadas relativas





Basado en la metodología propuesta es usada para determinar es el espaciamiento óptimo de los sondajes a un nivel de certeza confiable para la categorización de recursos. El análisis de la información de leyes provenientes de taladros y canales de muestreo fue realizado en base a la información compositada dentro del modelo geológico.

La metodología consistió en evaluar las distribuciones de la ley de plata para la data proveniente de taladros y canales. La distribución teórica esperada debe ser similar entre las dos fuentes de información para cada uno de los elementos.

El estudio de malla consistió en evaluar escenarios posibles de perforación (diferentes mallas de 10, 20, etc. Dentro de un plano variable y un eje constante/compósito) y encontrar parámetros como la varianza de krigeage para cada modelo de perforación, evaluado por cada dominio de estimación (tipo de mineralización y dirección de mineralización constante). El proceso consideró la utilización de los variograma definidos anteriormente para calcular la varianza de estimación (error de estimación/error de krigeaje) de los bloques que serán utilizados en el análisis siguiente de categorización, esto quiere decir que a mayor espaciamiento mayor error de estimación, la idea es cuantificar este error.

La categorización de bloques fue realizada para cada dominio y estuvo basado en los resultados hallados en el análisis de perforación a distintas mallas y el programa de producción anual y trimestral. Para cada escenario se obtuvo la varianza de krigeage y el coeficiente de variación de los bloques de producción de cada dominio que es utilizado para calcular la varianza relativa mensual definida como:

Varianza relativa mensual = Varianza de estimación x (Coeficiente de variación)<sup>2</sup>

La varianza relativa mensual fue calculada para los espaciamientos de 10x10m, 20x20m, 30x30m, 40x40m, 50x50m, 60x60m, 70x70m, 80x80m, 90x90m, 100x100m, 120x120m y 140x140m. El nivel de confianza requerido para clasificar recursos medidos e indicados se define bajo las siguientes consideraciones:

Recursos medidos: aquellos cuya ley está en el intervalo definido por +/- 15% del valor estimado al 90% del tiempo o confianza, para una producción trimestral.

Recursos indicados: aquellos cuya ley está en el intervalo definido por +/- 15% del valor estimado al 90% del tiempo o confianza para una producción anual.

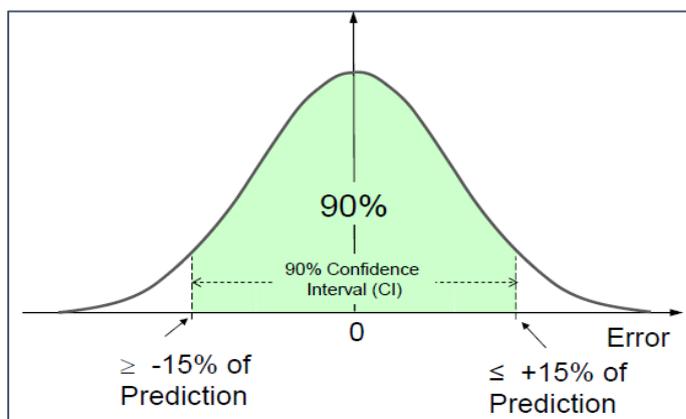
Para calcular el nivel de confianza al 90% se utiliza la fórmula estadística siguiente:

$$\text{Error } 90\% = 1.645 \times \sigma \text{ (desviación estándar)}$$

Este error debe ser máximo 15% (en una reconciliación futura). El principio del estudio es determinar el espaciamiento de los sondajes que se necesita para asegurar que la variabilidad en tonelaje y ley este dentro +/- 15%

con una certeza del 90%, para un determinado periodo de producción (Figura 20), esquema explicativo basado en una distribución gaussiana).

**Figura 20** Esquema de Intervalo de confianza



Para el caso de los recursos medidos se calcula

Varianza relativa anual = varianza relativa mensual / 3 Para el caso de los recursos indicados se calcula:

Varianza relativa anual = varianza relativa mensual / 12

También puede ser calculada con la siguiente formulación:

**KV** = Kriging Variance for the estimation of a Monthly volume

**RSE** = Relative Standard Error =  $CVComps \times \sqrt{KV}$

**Q90%** = Confidence Limit at 90% for a Quarterly Volume =  $(1.645 \times RSE) / \sqrt{3}$

**A90%** = Confidence Limit at 90% for an Annual Volume =  $(1.645 \times RSE) / \sqrt{12}$

La Tabla 19 muestra los resultados del análisis considerando diferentes espaciamientos entre mallas. Como se puede visualizar en la tabla la malla que permitirá definir recursos medidos tiene un espaciamiento de sondajes de 20x20 metros y la malla para indicados posee un espaciamiento de sondajes de 50x50.

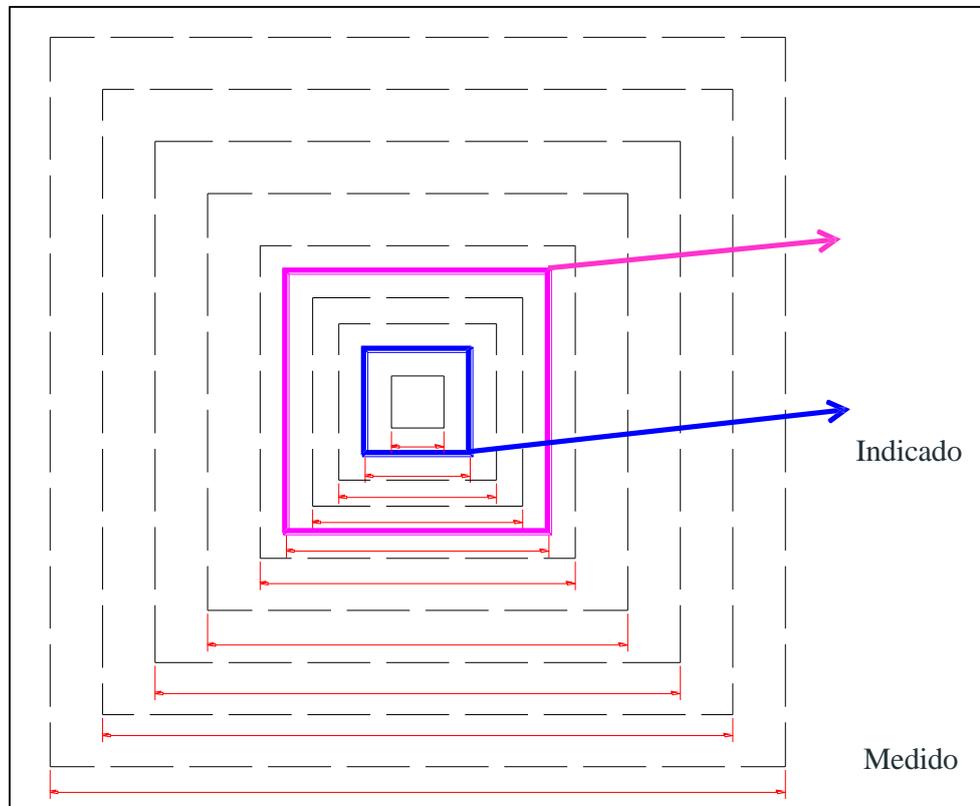
**Tabla 19** Análisis del límite de confianza a diferentes tamaños de malla de perforación

Tonnes per day 615  
 Tonnes per month 18,450  
 Volume per month (SG = 3.11) 5,932  
 Volume 50x50x2.5m block 6,250

With outlier restriction			Ind		Med				
Spacing (XxY or NxE)-FILITAS		CV Comp	OKV	RSE	A90%	Q90%	Slope	BDV	KV/BDV
140x140	140	1.220	0.0947	0.38	17.8%	35.7%	0.86	0.143	0.66
120x120	120	1.220	0.0947	0.38	17.8%	35.7%	0.87	0.143	0.66
100x100	100	1.220	0.0900	0.37	17.4%	34.8%	0.93	0.143	0.63
80x80	80	1.220	0.0907	0.37	17.4%	34.9%	0.89	0.143	0.63
60x60	60	1.220	0.0774	0.34	16.1%	32.2%	0.91	0.143	0.54
50x50	50	1.220	0.0668	0.32	15.0%	29.9%	0.86	0.143	0.47
40x40	40	1.220	0.0563	0.29	13.7%	27.5%	0.96	0.143	0.39
30x30	30	1.220	0.0371	0.23	11.2%	22.3%	0.98	0.143	0.26
20x20	20	1.220	0.0175	0.16	7.7%	15.3%	0.99	0.143	0.12
10x10	10	1.220	0.0055	0.09	4.3%	8.6%	0.99	0.143	0.04

La Figura 21 muestra un esquema de la geometría de las mallas de acuerdo al espaciamiento entre sondajes.

**Figura 21** Malla para definición de recursos Medidos e Indicados en veta 658



Se sugiere evaluar otros elementos como el Zn (%) y elegir la malla más pequeña de todos los elementos con la finalidad de elegir el escenario más conservador. En Anexos el análisis del Zn para la veta 658.

### ***Modelamiento Geológico y Estructural***

Se evaluó los proyectos de modelamiento geológico de cada mina de la unidad Yauli. Todos los proyectos fueron elaborados por el equipo de Geología Mina en el software Leapfrog Geo.

La Figura 22 muestra la información de la tabla Assay utilizada en el proyecto del modelo de San Cristóbal, se puede apreciar como el modelo es construido en función de codificación definida a priori (estructura a la que pertenece) y no en función de la litología, ley y mineralización.

La Figura 23 muestra la codificación que poseen los canales por estructura en una sección transversal de la mina San Cristóbal y la interpretación realizada por el equipo de geología mina sin considerar información de litología, mineralización o ley de las muestras.

La Figura 24 la ubicación de la veta 658 y el splay 658, como se aprecia ambas estructuras coexisten juntas. SRK considera que la geometría de las vetas ha sido definida incorrectamente porque la geometría de estas vetas responden a un patrón geológico estructural del yacimiento.

**Figura 22** Archivo Assay proyecto San Cristobal

Modelo Leapfrog Sc - Leapfrog Geo

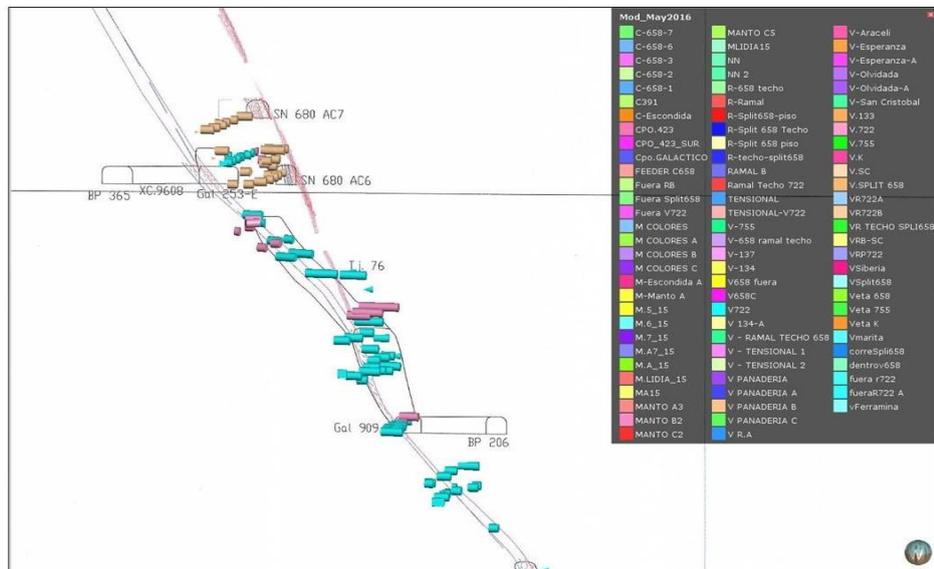
Assay\_DDHC\_CA\_SEP x

Fix Errors Save Help

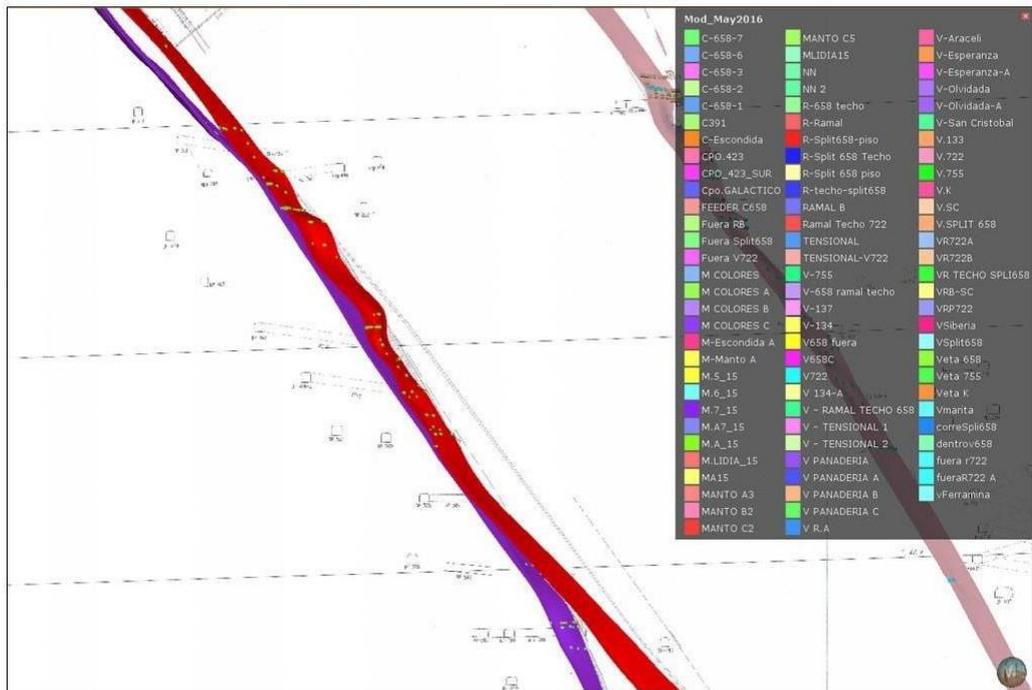
Query All 163703 rows

Ignore	id	holeid	from	to	ESTRUC	FECHA	UBICACI	YEAR	TIPO	OBS	Modelo	VAL	ESTRUC	Mod_Me	DATAOE	Mod_Dic2015
<input type="checkbox"/>	1	63-820...	0.0	38.0		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	2	63-820...	38.0	38.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	3	63-820...	38.3	188.8		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	4	63-820...	188.8	190.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	5	63-820...	190.3	191.1		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	6	63-820...	191.1	192.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	7	63-820...	192.3	193.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	8	63-820...	193.3	194.8		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	9	63-820...	194.8	196.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	10	63-820...	196.3	196.6		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	11	63-820...	196.6	197.8		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	12	63-820...	197.8	198.95		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	13	63-820...	198.95	200.1		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	14	63-820...	200.1	201.1		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	15	63-820...	201.1	202.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	16	63-820...	202.3	203.0		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	17	63-820...	203.0	204.0	V.658	23/06/...	ESTRU...	2001	DDH	DDH...	V-658		V.658	Veta 6...		Veta 658
<input type="checkbox"/>	18	63-820...	204.0	205.3	V.658	23/06/...	ESTRU...	2001	DDH	DDH...	V-658		V.658	Veta 6...		Veta 658
<input type="checkbox"/>	19	63-820...	205.3	206.8		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	20	63-820...	206.8	207.8		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	21	63-820...	207.8	209.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	22	63-820...	209.3	210.2		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	23	63-820...	210.2	211.05		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	24	63-820...	211.05	211.6		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	25	63-820...	211.6	212.25		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	26	63-820...	212.25	213.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	27	63-820...	213.3	214.15		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	28	63-820...	214.15	214.75		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	29	63-820...	214.75	215.8		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	30	63-820...	215.8	217.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	31	63-820...	217.3	218.8		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	32	63-820...	218.8	220.3		23/06/...		2001	DDH	DDH...						
<input type="checkbox"/>	33	63-820...	220.3	250.6		23/06/...		2001	DDH	DDH...						

**Figura 23** Sección transversal veta 722 – Codificación de canales

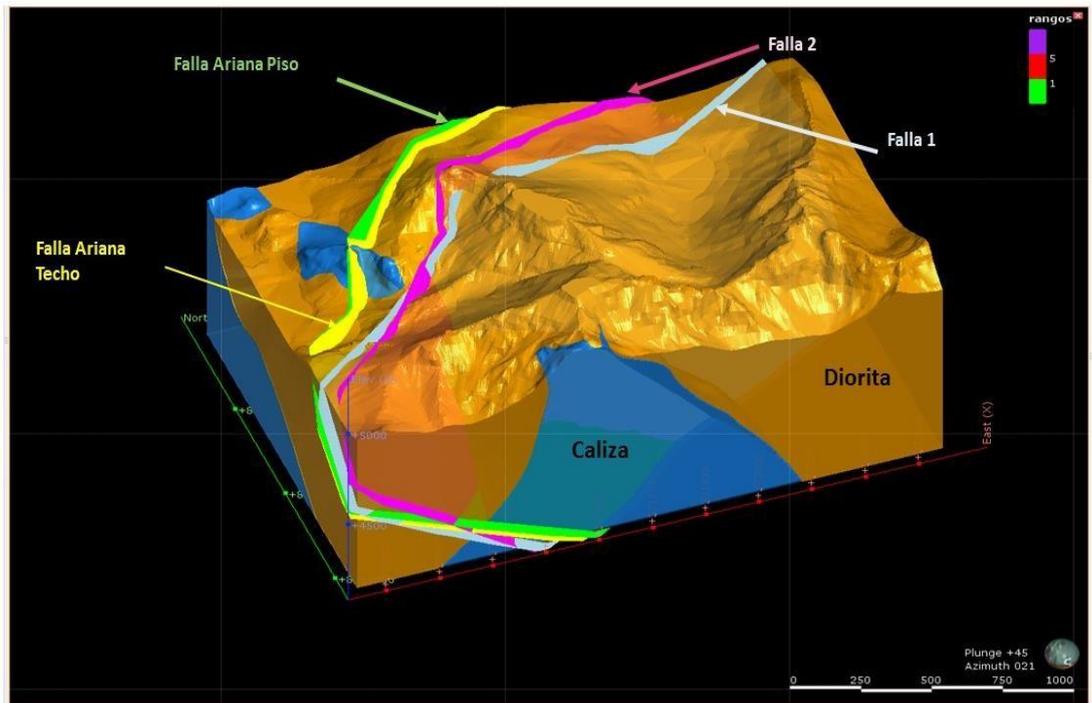


**Figura 24** Sección transversal vetas 658 (rojo), ramal 658 y 722



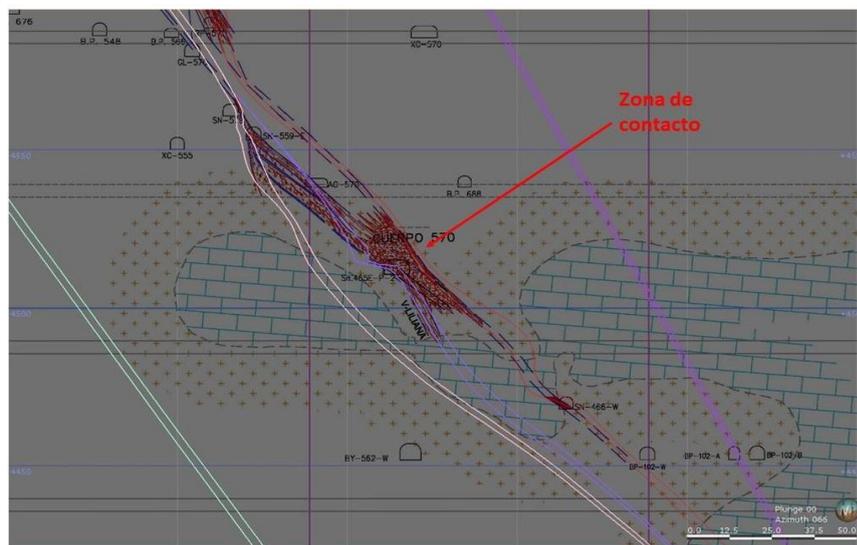
La Figura 25 muestra el modelamiento geológico de la mina Ticlio basado en el mapeo superficial y corroborado con mapeo interior mina. Los dominios litológicos principales son la caliza y la diorita. Así mismo, las fallas principales de la mina son Falla Ariana Piso, Ariana Techo, Falla 1 y Falla 2.

**Figura 25** Dominios litológicos y fallas principales



**Figura 26** Sección transversal contactos litológicos y delimitación del cuerpo

658



La Figura 26 muestra la interpretación geológica considerando el contacto entre la diorita y la caliza, así como la extensión del cuerpo 570 ubicado entre las estructuras Ramal Techo y Liliana. Aun cuando los geólogos se apoyan en

información geológica de mapeos y leyes, el excluir información litológica y de mineralización de los sondajes no permite delimitar dominios de alta ley dentro de las estructuras modeladas.

#### **4.2.4. Recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentación utilizados en la estimación de reservas de la veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal de Yauli-La Oroya**

##### *Estimación de reservas*

Se ha llevado a cabo la revisión del proceso de cálculo de Reservas en la Unidad Yauli, verificándose en un amplio espectro el cumplimiento de las mejores prácticas y la adecuación del proceso a lo estipulado en los códigos internacionales. En las siguientes tablas se muestran los resultados de la revisión y los comentarios de parte a los ítems revisados.

Las abreviaturas utilizadas en los siguientes capítulos son: Sc (Mina San Cristobal).

Nomenclaturas usadas en las tablas de evaluación:

- ✓ significa que el proceso se realiza y es adecuado.
- significa que el proceso se realiza, pero es incompleto o puede ser mejorado.
- ☒ significa que el proceso no se realiza o es realizado de forma incorrecta.

##### *Procesos relacionados a la información y metodología de cálculo de reservas*

**Tabla 20 Estrategia General de Reservas**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Estrategia General de Reservas</b>	Precisión de estudio y evaluaciones	✓	Al tratarse de una mina en operación, gran parte de factores y parámetros usados provienen de mediciones previas de las operaciones
	Aplicabilidad del proceso de reconciliación	<input type="checkbox"/>	Se recomienda complementar el proceso de reconciliación con el modelo de largo plazo.
	Aplicación de parámetros de ley de corte y factores modificadores	✓	Los factores modificadores se aplican por método de minado y mina
	Recolección de información geomecánica y aplicación en cálculo de reservas	✓	Se recibe información de zonamiento geomecánico por cada una de las estructuras mineralizadas
	Flujo de información para el cálculo de reservas	<input type="checkbox"/>	Existe, pero requiere mejoras y modificaciones. SRK ha planteado una propuesta
	Existencia y aplicación de glosario de términos	<input type="checkbox"/>	Existe un listado de términos en el Anexo 2 del Procedimiento. Requiere ser completado, mejorado y clarificado los conceptos
	Existencia y aplicación de procedimientos técnicos	<input checked="" type="checkbox"/>	La mayoría de tareas del área de ingeniería y planeamiento no cuenta con procedimientos de trabajo ni estándares. A partir de la visita se han detectado la implementación de procedimientos (p.e. para topografía y diseño de tajeos) pero estos no son uniformes entre todas las unidades
	Existencia y aplicación de Manual y Procedimiento de Cálculo de Reservas	<input type="checkbox"/>	Existe, pero requiere mejoras y modificaciones. SRK ha planteado sugerencias y mejoras en el texto del procedimiento

**Tabla 21 Costos, Parámetros económicos y Ley de Corte**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Costos, Parámetros económicos y Ley de Corte</b>	Asunciones y fuentes de costos operativos y de capital. Determinar precisión de costos	<input type="checkbox"/>	Se basan en proyecciones y resultados previos de la operación. Se recomienda verificar la inclusión de capital de sostenimiento y determinar numéricamente la precisión
	Estructura de costos operativos y diferenciación.	✓	Los costos se diferencian por costo fijo-variable. No se ha tenido acceso a la data para verificar validez de la diferenciación
	Restricciones operativas de mina y planta	✓	Se considera las restricciones operativas de mina y la capacidad instalada de planta
	Verificación de parámetros relacionados con ingresos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de Cabeza</li> <li>• Precios de Metales</li> <li>• Costos de transporte y Maquila</li> <li>• Penalidades</li> </ul>	✓	Los parámetros usados se basan en los resultados actuales y las proyecciones de producción
	Regalías	<input checked="" type="checkbox"/>	En el procedimiento se indica que las Regalías no forman parte del cálculo de la ley de corte (Figura 4)
	Cálculo de leyes equivalentes	✓	Se realiza sobre la base de valores punto
	Estrategia de Ley de Corte	<input type="checkbox"/>	No existe una estrategia de leyes de corte ni se ha verificado que se encuentre alineada con los objetivos de la empresa en el largo plazo

**Tabla 22 Método de minado y Factores Mineros**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Método de minado y Factores Mineros</b>	Método de minado basado en geometría, calidad del macizo y condiciones locales	<input type="checkbox"/>	La aplicación de método se hace por cada estructura mineralizada e incluso se diferencia método de minado dentro de la misma estructura. Debe verificarse la opción de cambio de método dentro de una misma estructura ya que actualmente se ha detectado que para una misma estructura se ha considerado más de un método de explotación
	Aplicación de método de minado considera seguridad, medio ambiente, comunidades, productividad y mejores prácticas	<input type="checkbox"/>	No existe un procedimiento detallado para la selección del método de minado. Como parte del procedimiento de Reservas se indica los parámetros operativos que participan en la selección del método de minado.
	Adecuado nivel de estudio de geometría y modelo de bloques	✓	La geometría se realiza usando software Leapfrog y cada una de las estructuras mineralizadas tiene su propio modelo de bloques.
	Diseño de tajeos y desarrollos siguen las mejores prácticas	<input type="checkbox"/>	Los diseños de tajeos son realizados parcialmente de manera manual y parcialmente usando software de Datamine. Se debe verificar el procedimiento de diseño de tajeos. Cada unidad de la UEA Yauli aplica su propio procedimiento para el diseño de tajeos
	Consideraciones para minado subterráneo. <ul style="list-style-type: none"> <li>Existencia de accesos e infraestructura principal</li> <li>Aplicación de Anchos de minado</li> <li>Problemas geomecánicos / requerimiento de sostenimiento</li> <li>Selección de Equipo</li> <li>Servicios Auxiliares</li> </ul>	✓	Las consideraciones de minado se fundamentan en la operación actual de la mina subterránea
	Uso de Recursos Medidos & Indicados para diseño y planeamiento	✓	Acorde a lo indicado en el procedimiento. Solamente los Recursos Medidos e Indicados son usados para el diseño y la definición de Reservas
	Diseños de mina sujetos a revisión de Ingeniero Senior	<input checked="" type="checkbox"/>	Los diseños de mina son generados por el área de planeamiento de cada mina y enviados al área de reservas. No se ha detectado procesos de revisión a cargo de personal senior (Jefe de planeamiento)
	Calidad del macizo y su impacto en método de minado <ul style="list-style-type: none"> <li>Dilución no planeada</li> <li>Requerimientos de pilares y puentes</li> <li>Sismicidad</li> <li>Secuencia de minado</li> <li>Requerimiento de Sostenimiento</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	No se realiza la verificación de concentración de esfuerzos en base a plan de minado desarrollado
	Aplicación y Revisión de Hidrogeología	<input checked="" type="checkbox"/>	No se aplica la hidrogeología dentro del proceso de definición de Reservas
	Requerimientos de sostenimiento identificados y evaluados	✓	Los requerimientos de sostenimiento se hacen sobre las bases de las mediciones de RMR en las estructuras mineralizadas

**Tabla 23 Factores modificadores**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Factores modificadores</b>	Dilución y parámetros que la gobiernan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho de estructura</li> <li>• Tipo de contacto mineralización/estéril</li> <li>• Relación entre compósitos y tamaño de bloque</li> <li>• Desviación de sondajes, diseño de tajeo, voladura, calidad de macizo</li> <li>• Ancho de minado</li> <li>• Operación minera</li> <li>• Controles geológicos</li> <li>• Resultados de reconciliación</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	Pendiente de verificar impacto de modelo de bloques con ancho variable que se adapta a la estructura tanto a nivel de Recursos y su impacto en Reservas. Pendiente incorporar resultados de reconciliación, verificando su relación con aspectos de dilución, usando la reconciliación como feedback para ajustar los factores modificadores. En caso se cuente con avances en la implementación se recomienda adjuntar la información sustentatoria
	Recuperación de mina y parámetros que la gobiernan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de sostenimiento</li> <li>• Operación minera</li> <li>• Riesgo sísmico</li> <li>• Resultados de reconciliación</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	Pendiente incorporar resultados de reconciliación, verificando su relación con aspectos de recuperación de mina
	Cálculo de leyes de material diluido	<input checked="" type="checkbox"/>	La aplicación de dilución es parte del proceso de cálculo de Reservas. Se recomienda usar una sola fórmula de dilución para evitar errores de cálculo
	Reconciliación considera aspectos de dilución	<input type="checkbox"/>	La información de reconciliación revisada, valida el cumplimiento de objetivos mensuales, este cumplimiento se evalúa con leyes diluidas. Se requiere completar el proceso de reconciliación con el modelo de largo plazo
	Fuentes de dilución	<input checked="" type="checkbox"/>	Se han establecido 3 fuentes de dilución y se ha documentado como parte del procedimiento

**Tabla 24 Secuencia de minado**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Secuencia de minado</b>	Reservas de mina guardan relación con un plan de minado	<input checked="" type="checkbox"/>	La definición de reservas no están sujetas a que se pruebe la viabilidad de un plan de minado
	Plan de minado LOM está basado en Reservas Probadas y Probables	<input type="checkbox"/>	El plan de minado considera estos aspectos pero no es parte de la definición de reservas
	Plan de producción considera: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ratios de avance horizontal y vertical coherentes</li> <li>• Selección de equipos</li> <li>• Capacidad de planta</li> <li>• Disponibilidad de personal y equipos</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	El plan de minado considera estos aspectos pero no es parte de la definición de reservas
	Recurso inferido no condiciona la viabilidad de proyecto/mina	<input checked="" type="checkbox"/>	La evaluación económica se realiza usando solamente recursos medidos e indicados transformados en reservas probadas y probables.

**Tabla 25 Consideraciones de Planta de Beneficio**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Información de Densidad</b>	Definición de proceso de beneficio adecuado a tipo de mineralización	✓	Proceso corresponde a planta actualmente en operación
	Proceso a ser usado corresponde a tecnología probada o se ha dimensionado el riesgo	✓	Las plantas de beneficio están en funcionamiento actual
	Diagrama de flujo presentado y acorde con prácticas actuales	✓	El diagrama de flujo corresponde a plantas en operación
	Parámetros de proceso de beneficio dependen de tipo de material y generan variación en ley de corte	✓	Las recuperaciones y parámetros metalúrgicos usados para el cálculo de la ley de corte son diferenciados dependiendo de la planta a donde se envía el material
	Verificar representatividad de las pruebas piloto (caracterización y variabilidad)	✓	La representatividad está dada por los resultados de las plantas en operación

**Tabla 26 Definición de material explotable**

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Definición de material explotable</b>	Criterios para definir "material económicamente minable": <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beneficio</li> <li>• NPV/TIR</li> <li>• Objetivos estratégicos de empresa</li> </ul>	✓	Se define en base a la función beneficio
	Criterios económicos aplicados solamente a reservas probadas probables	✓	El procedimiento de reservas establece uso de reservas Probadas y Probables
	Nivel de evaluación adecuado y cuantificación de factores modificadores	✓	Los factores se fundamentan en los resultados de la operación minera actual
	Licencias gubernamentales aprobadas	✓	La mina está en operación y cuenta con las licencias correspondientes
	Secuencia de minado realista y ejecutable	✓	Se lleva a cabo un plan de minado LOM sobre la base de reservas probadas y probables

**Tabla 27** Categorización de Reservas

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Categorización de Reservas</b>	Categorización de Reserva acorde a norma	✓	Se respeta la correspondencia entre recursos y reservas, así como, categorías aceptadas por la norma
	Cumplimiento de normas y procedimientos internos de la empresa	✓	Las reservas son elaboradas acorde con procedimientos internos de la empresa
	Generación de reporte transparente y material	✓	El reporte se encuentra asociado a procedimiento que detalla los pasos seguidos
	Reporte de riesgos y mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Dentro del procedimiento no se incluye la posibilidad de un análisis de riesgos asociado al reporte de Reservas. SRK recomienda como oportunidad de mejora la inclusión de una matriz de riesgos en relación con el cálculo de Reservas
	Curva tonelaje-ley	✓	Si bien no se plantea específicamente la generación de la curva dentro del procedimiento, es posible la generación de la misma en base al modelo de bloques generado
	Soporte para material no convertido de Recurso a Reserva	✓	Se menciona como parte del procedimiento
	Cálculo de ratios	<input checked="" type="checkbox"/>	No se indica en el procedimiento
	Generación de Reporte	✓	Reporte generado de Recursos y Reservas en base a procedimiento
	Revisión interna y senior	<input type="checkbox"/>	Dentro del procedimiento de Reservas no se indica la secuencia de revisiones establecida para la publicación del Reporte de Reservas. Se recomienda como oportunidad de mejora, incluir en el procedimiento, una matriz indicando las áreas responsables de generar la información y las jefaturas responsables de la revisión.

### **Análisis de riesgo**

Se realizó la evaluación del riesgo de los procesos que intervienen en el cálculo de Reservas. Los niveles de riesgo utilizados en este análisis son:

- Alto cuando se trata de un “Fatal Flaw” y el proceso debe ser creado o cambiado completamente. Posee un impacto importante y directo en los resultados de la estimación de recursos.
- Medio cuando el proceso existe y debe ser modificado, ampliado o complementado el impacto es importante en la estimación, pero no es definitivo.
- Bajo cuando el proceso existe y las modificaciones a realizar no afectan de

manera importante a los resultados de la estimación.

- Inexistente cuando el proceso es adecuado y aunque se realicen modificaciones el impacto es irrelevante para la estimación. Tabla 7-9 resume los procesos donde el nivel de riesgo va de bajo a medio.

**Tabla 28 Análisis de riesgo**

<b>Procesos Recursos Minerales</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>
<b><i>Estrategia General de Reservas</i></b>	
Aplicabilidad del proceso de reconciliación	Bajo
Flujo de información para el cálculo de reservas	Bajo
Existencia y aplicación de glosario de términos	Bajo
Existencia y aplicación de procedimientos técnicos de las áreas de ingeniería y planeamiento	Alto
Existencia y aplicación de Manual y Procedimiento de Cálculo de Reservas	Bajo
<b><i>Costos, Parámetros económicos y Ley de Corte</i></b>	
Asunciones y fuentes de costos operativos y de capital. Determinar precisión de costos	Bajo
Regalías	Bajo
Estrategia de Ley de Corte	Bajo
<b><i>Método de minado y Factores Mineros</i></b>	
Método de minado basado en geometría, calidad del macizo y condiciones locales	Medio
Aplicación de método de minado considera seguridad, medio ambiente, comunidades, productividad y mejores prácticas	Bajo
Diseño de tajeos y desarrollos siguen las mejores prácticas	Medio
Diseños de mina sujetos a revisión de Ingeniero Senior	Bajo
Calidad del macizo y su impacto en método de minado	Bajo
Aplicación y Revisión de Hidrogeología	Medio
<b><i>Factores Modificadores</i></b>	
Dilución y parámetros que la gobiernan	Bajo
Recuperación de mina y parámetros que la gobiernan	Bajo
Reconciliación considera aspectos de dilución	Bajo
<b><i>Secuencia de Minado</i></b>	
Reservas de mina guardan relación con un plan de minado	Medio
Plan de minado LOM está basado en Reservas Probadas y Probables	Bajo
Consideraciones para Plan de producción	Bajo
<b><i>Categorización de Reservas</i></b>	
Reporte de riesgos y mitigación	Medio
Cálculo de ratios	Bajo
Revisión interna y senior	Bajo

### ***Evaluación del Proceso de Estimación y Estándares***

Se ha llevado a cabo una revisión de los procedimientos y estándares relacionados con la estimación de reservas, enfocado en el flujo de información y el documento que contiene el procedimiento de trabajo.

Se ha evaluado la siguiente información:

- Procedimiento Corporativo de Estimación de Reservas Jun\_2016.pdf
- RESERVAS\_JUN16.V3.mac
- Parámetros de Dilución.pdf
- Flujo proceso de reservas.pdf

#### **Procedimiento de Trabajo**

El documento “Procedimiento Corporativo de Estimación de Reservas Jun\_2016.pdf” contiene una descripción detallada del procedimiento de trabajo usado para la transformación de **Recursos a Reservas**.

Dicho documento contiene los siguientes anexos:

- Flujograma de información y proceso de estimación de reservas
- Terminología utilizada
- Campos a considerar dentro de la base de datos de Recursos
- Cálculo de Valores Punto o Factores-NSR
- Flujograma de creación del modelo matemático y volumétrico para las Reservas
- Formato de factores de modificación empleados

Se ha elaborado un documento en donde hace una revisión detallada del procedimiento presentado por Volcán y se incluyen comentarios, observaciones, así como, se indican requerimientos de verificación y aclaración de conceptos.

## Rutina para Definición de Reservas

El área de Reservas de la UEA Yauli hace uso de una rutina para la aplicación de codificaciones y parámetros al modelo de bloques, como paso previo para la delimitación de reservas y su reporte.

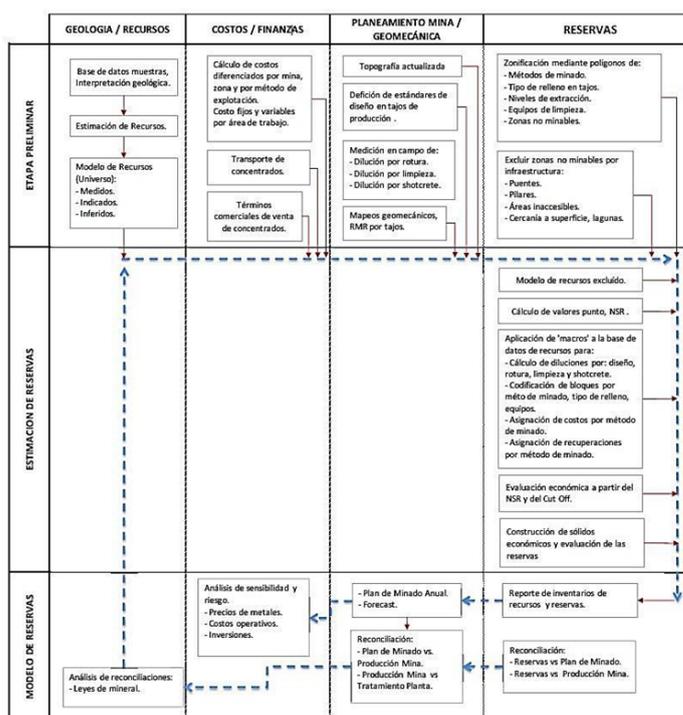
La macro revisada tiene por nombre “RESERVAS\_JUN16.V3.mac” y corresponde a una macro de software Datamine.

Se ha desarrollado un flujo de la macro. El flujo desarrollado por la macro es coherente con una apropiada aplicación de parámetros y considera que dicha macro se constituye en una adecuada herramienta de soporte para realizar la asignación de identificadores y parámetros, considerando la compleja distribución de minas y plantas existente en la UEA Yauli.

## Flujo de información de reservas

El flujo de información definido actualmente por Volcán para el cálculo de Reservas se muestra en la siguiente figura.

**Figura 27** Flujo actual de información para Cálculo de Reservas



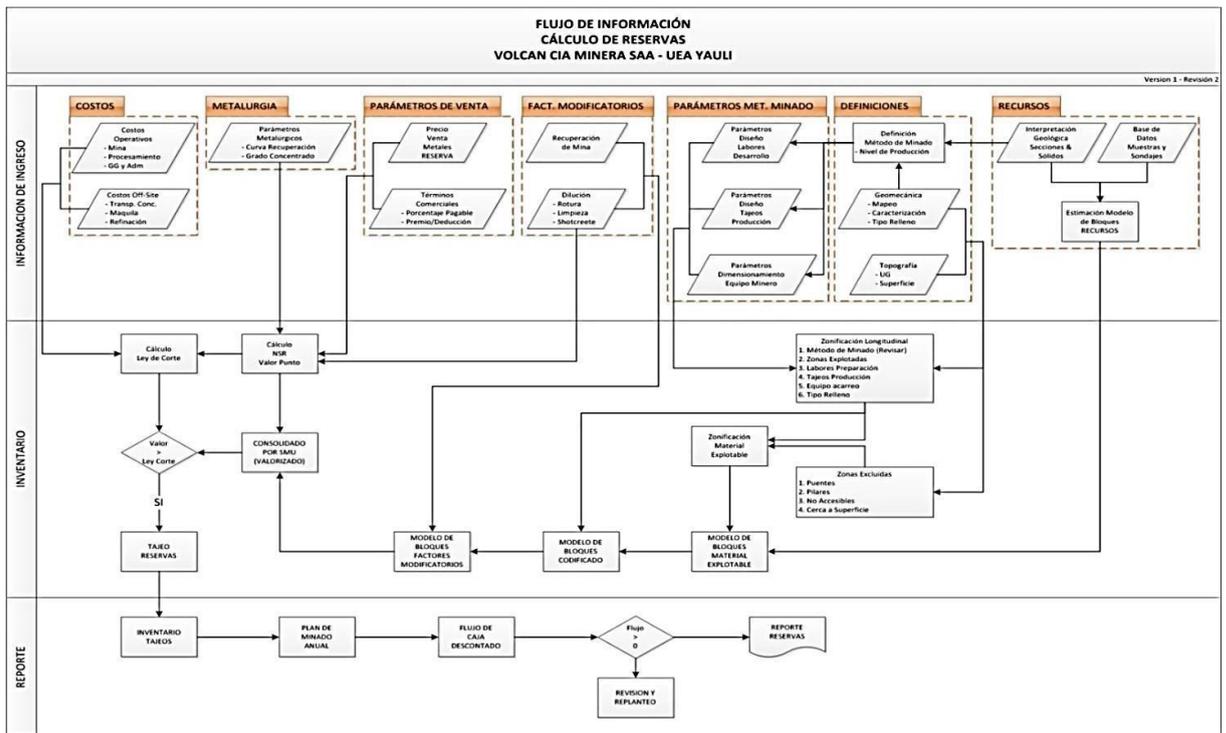
En relación al flujo de datos, se considera que el flujo presentado por Volcan, presenta importantes omisiones tanto de áreas involucradas como de información a ser procesada y generada.

Entre las observaciones más saltantes:

- La secuencia de las tareas no refleja el orden natural del cálculo
- No aparece el área de metalúrgia ni sus parámetros correspondientes
- No se incluye el plan de mina como componente del cálculo de reservas
- La elaboración del flujo de caja no forma parte del flujo de información
- La distribución del flujo no permite la relación de áreas críticas, como por ejemplo los recursos con reservas.
- No se diferencia cuáles de los componentes corresponden a procesos o manipulación de información y cuál de ellos corresponde a resultados generados o input de otro proceso

En este sentido se ha desarrollado una nueva propuesta de flujo de información el cual pone a consideración de Volcan.

**Figura 28 Propuesta para Flujo de Información de Cálculo de Reservas**



**Tabla 29 Resumen de la Estimación de Reservas al 31 de diciembre 2024**

YE 2024	MTOns	Zn %	Pb %	Cu %	Ag (Oz/t)	ZnEq (%)	NSR (\$/t)
Probado	3.60	6.20	0.82	0.18	3.80	10.3	148
Probable	7.50	5.40	0.95	0.19	3.40	9.20	140
<b>Reservas</b>	<b>11.10</b>	<b>5.66</b>	<b>0.91</b>	<b>0.19</b>	<b>3.53</b>	<b>9.55</b>	<b>143</b>

Las reservas minerales se estimaron aplicando herramientas de software de minería Deswik, como: Stope Optimizer (SO), Interactive Scheduler (IS), Scheduler tools (SCHED) y APEX Optimizer.

Las actividades realizadas durante la estimación se desarrollaron utilizando un flujo de trabajo previamente establecido y revisado por el equipo de trabajo antes de su aplicación. Las principales metas físicas de tonelaje, leyes y toda la información necesaria para completar este informe se obtuvieron del archivo de resultados de Deswik Sched, denominado “Proyecto Reservas MSCR&MCAR\_YE2024”, utilizando la plantilla estandarizada para todas las minas subterráneas de Volcan.

Entre las principales mejoras implementadas en el proceso de reservas se encuentran los siguientes:

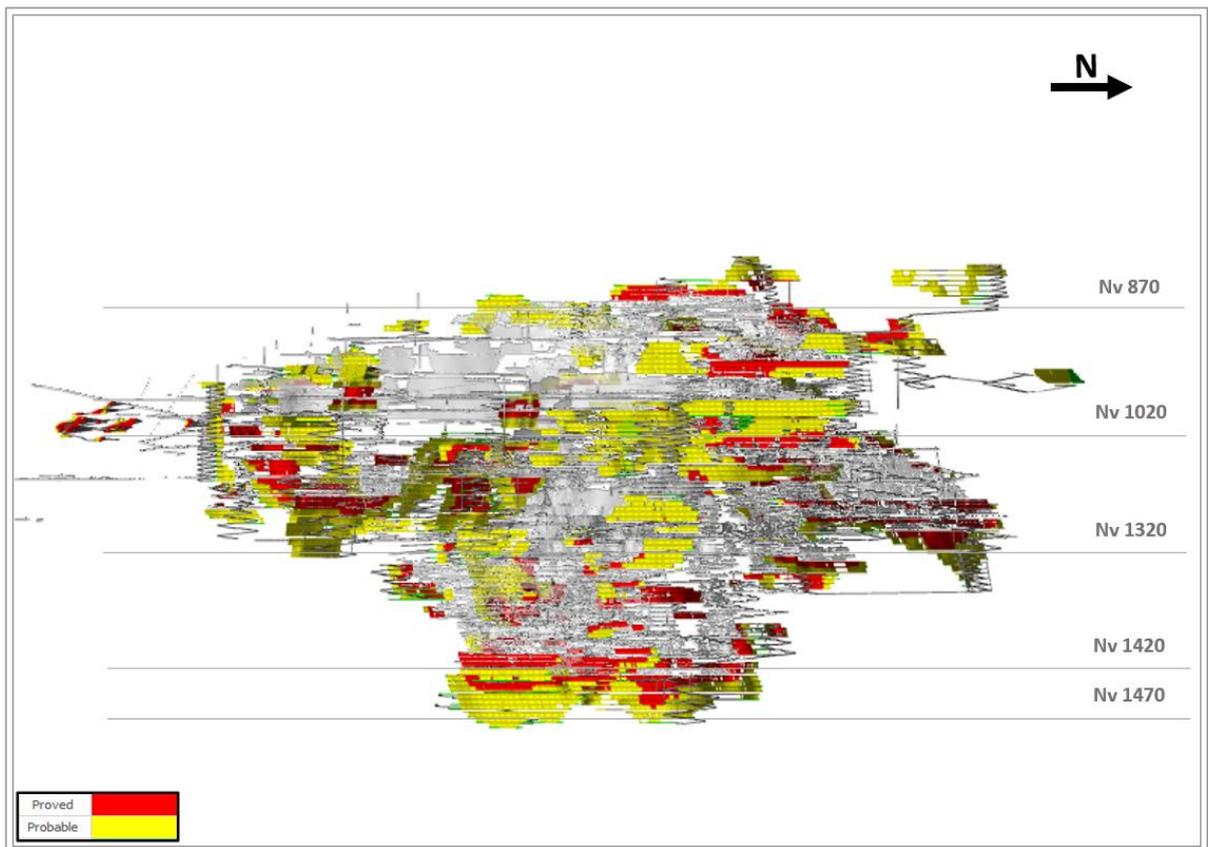
- **Generación de tajos:** Aplicación de la metodología **Stopes Optimizer Sub shapes (5m)**, que permite un mejor control de la dilución interna y mayor selectividad en vetas angostas (en comparación con el análisis de 20m utilizado en las Reservas 2022).
- **Informe de reconciliación de tajos:** Implementación de un reporte de reconciliación para dilución y recuperación según el método de explotación en la base de datos, lo que permite una mejor estimación de la dilución y la recuperación.
- **Aplicación del Optimizador APEX:** Para la generación del plan de minado que optimice el NPV solo considerando tonelaje de mineral de reservas minerales (probado y probable).
- **Evaluación económica:** Análisis económico del plan de reservas de la mina considerando todos los costos asociados de Capex y Opex, con el objetivo de confirmar un valor positivo del **VAN (Valor Actual Neto)**

*Tabla 30* resume la estimación de reservas por método de minado:

***Tabla 30 Reservas 2024 por método de minado***

	<b>Mt</b>	<b>Zn%</b>	<b>Pb%</b>	<b>Cu%</b>	<b>Ag (Oz/t)</b>	<b>NSR</b>
<b>SLS</b>	8.6	4.7	0.7	0.1	2.8	155
<b>OCF</b>	0.8	4.2	0.9	0.1	3.3	155
<b>Ore Drive</b>	2.6	3.2	0.5	0.1	2.0	107
<b>Total</b>	12.1	4.4	0.7	0.1	2.7	145

**Figura 29** Vista longitudinal de Reservas YE 2024



#### **4.2.5. Caracterización de la veta 658**

La veta tiene un rumbo de S 60° W a N 40° E y un buzamiento de 50° SE, con fallamiento longitudinal al techo y piso de la estructura y potencias variables de 1.0m a 5.0m.

En el nivel 630, la veta ha sido desarrollada y explorada en una longitud de 1300 metros y actualmente en explotación hasta el nivel 1070, con una longitud de 800m, según su buzamiento, sección 850E.

La mineralogía está representada por cuarzo, pirita, carbonatos, esfalerita, galena y minerales de plata; siguiendo un control estructural y litológico.

#### **Mineralogía**

Se ha determinado dos dominios de mineralización de las muestras extraídas de la mina san Cristóbal Zona II:

- En la veta 658 del Nv.1370 en el Sn\_Sp5\_0W y Sn\_Sp5\_1W predomina el dominio de mineralización A3 (sph-mmtpy-gn)
- En la veta 658 del Nv.1020 en el Sn\_Sp10\_0EW predominan los dominios de mineralización A2 (py-mmt-cpy) y A3 (sph-mmt-py-cpy)
- En la veta 658 del Nv.1370 en el Sn\_Sp6\_3E predominan los dominios de mineralización A2 (py-mmt-gn) y A3 (sph-py-gn)

Continuar con la exploración de la veta, al Este de la sección 1300E en los diferentes niveles de la mina, por los buenos resultados obtenidos en el nivel 630.

### **Base de datos y wireframes para la veta 658**

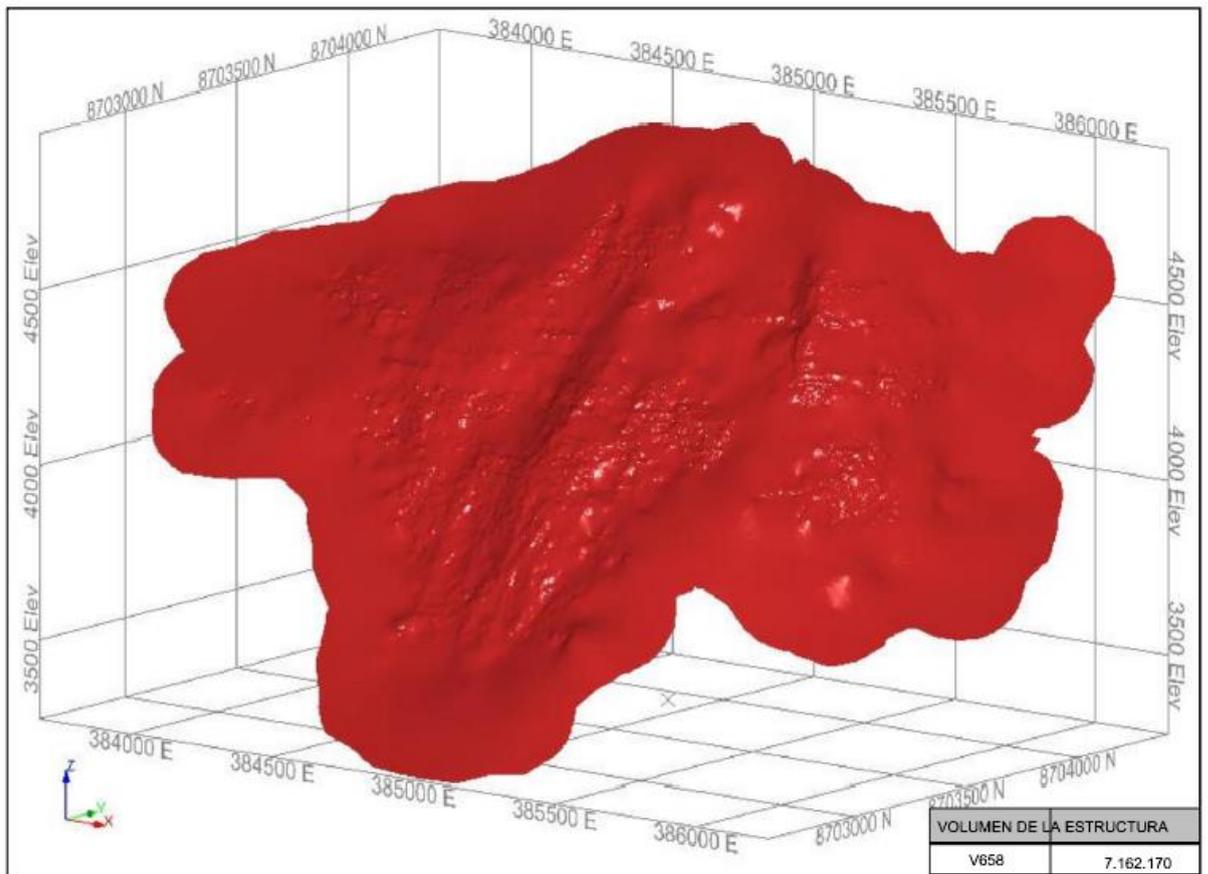
Los recursos se estimaron utilizando diagramas de estructura alámbrica y datos recibidos de Geología el 15 de agosto ST, como se detalla a continuación.

***Tabla 31*** Base de datos de vetas 658, 15 de enero de 2024.

PERFORACIONES DE SOPORTE		METROS	MUESTRAS
DDH	448	1.432,65	2.050
CANAL	18.477	51.512,80	52.379
TOTAL	18.925	51.026,12	54.429

\*En la estimación se utilizaron únicamente datos válidos, todos los datos dentro de la veta con tolerancia cero.

**Figura 30** Estructura de la Veta 658 con volumen



Los wireframes se generaron en Leapfrog Geo con la herramienta de vetas. La distancia de extrapolación del wireframe...

Se encuentra a 180m de los últimos canales o perforaciones de la mina.

## Estadística de la veta 658

Figura 31 Histograma de zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 (Dom\_est 1).

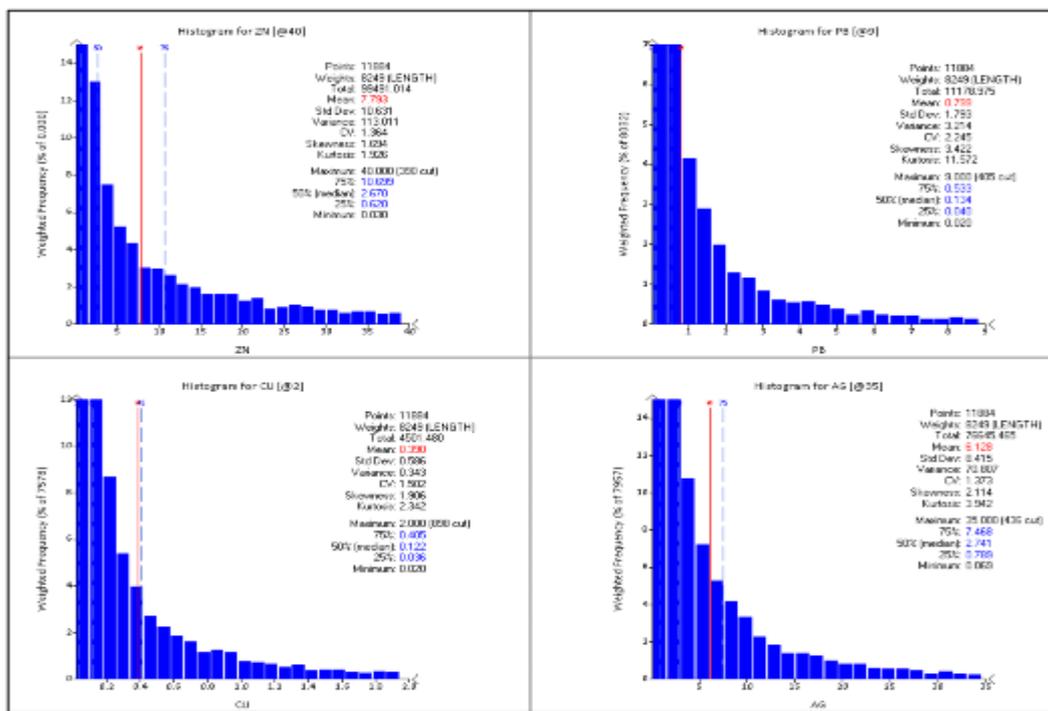
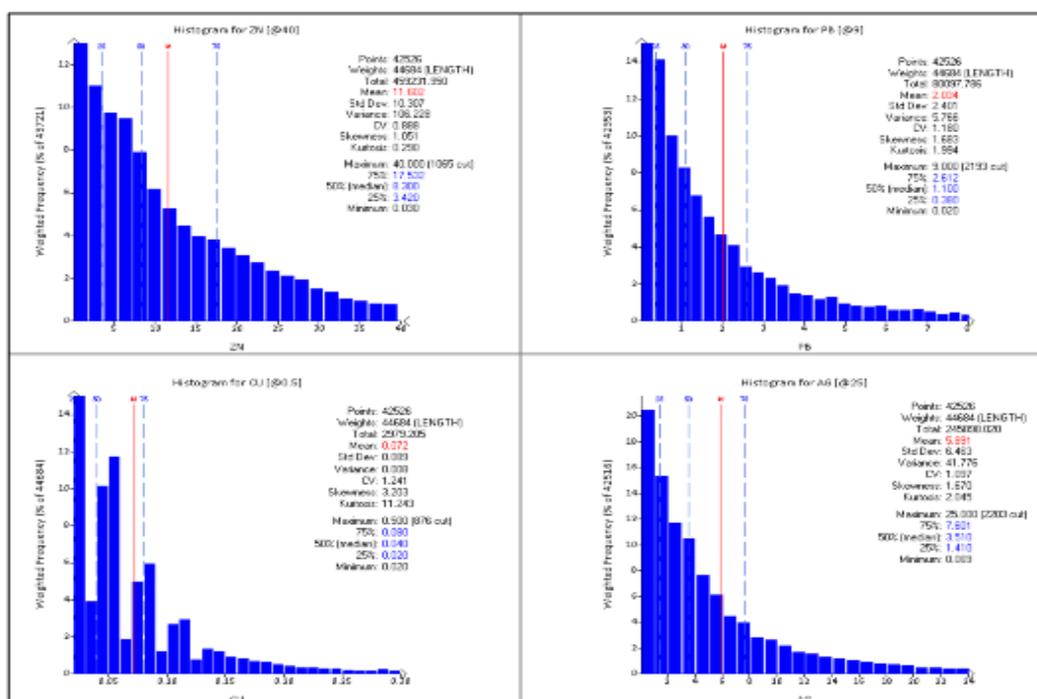
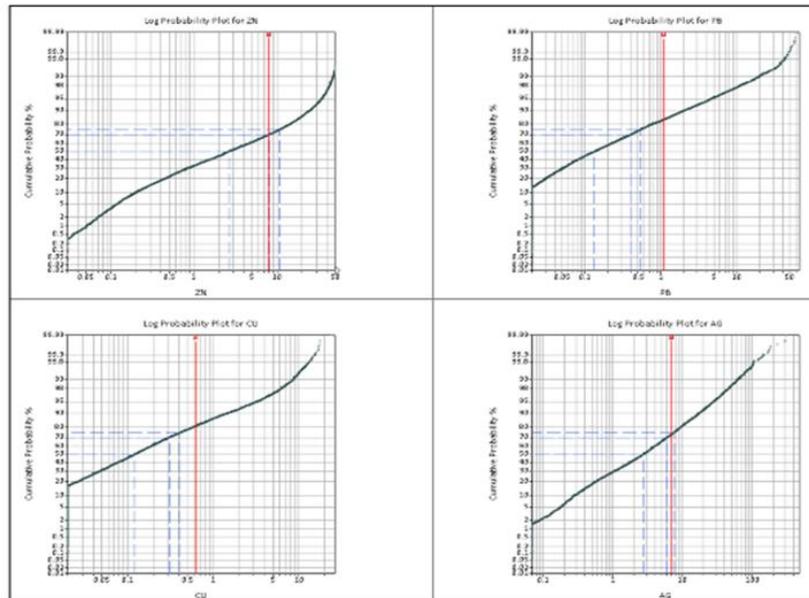


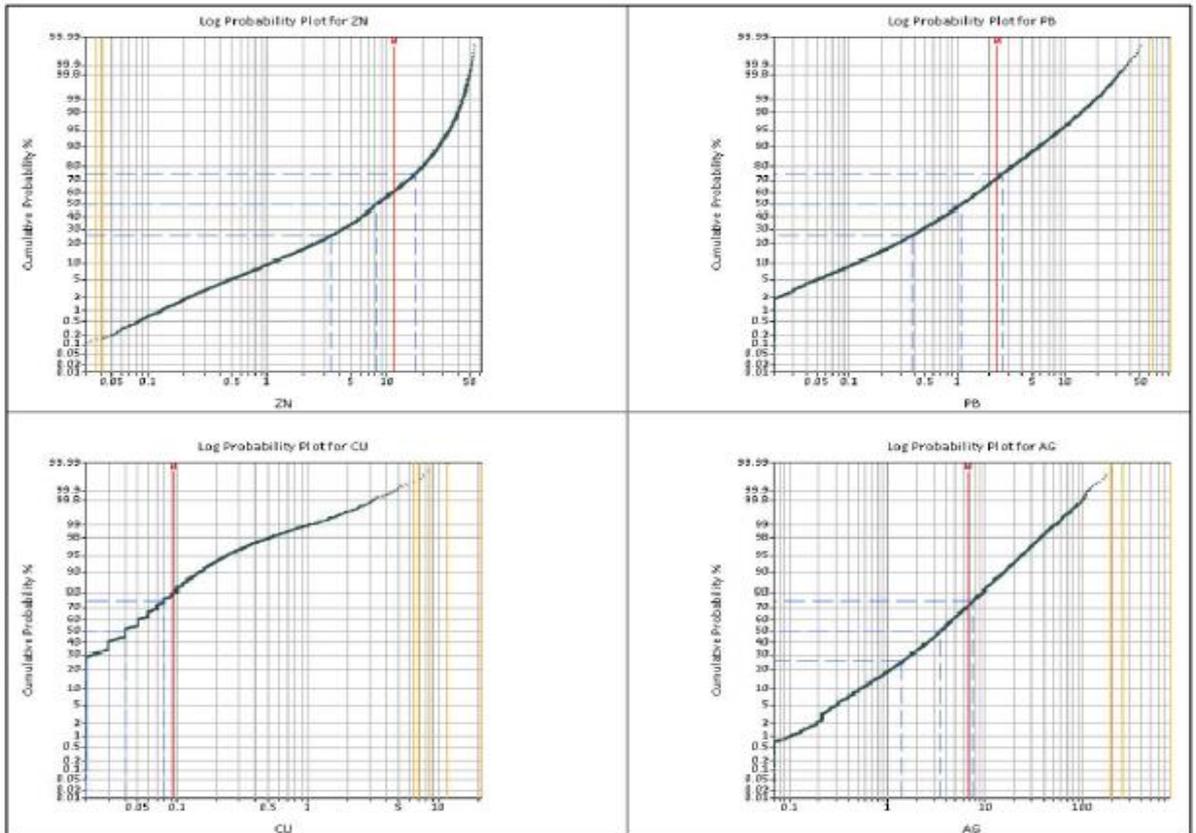
Figura 32 Histograma de zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 (Dom\_est 2).



**Figura 33** Probabilidad para zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658  
(Dom\_est 1)



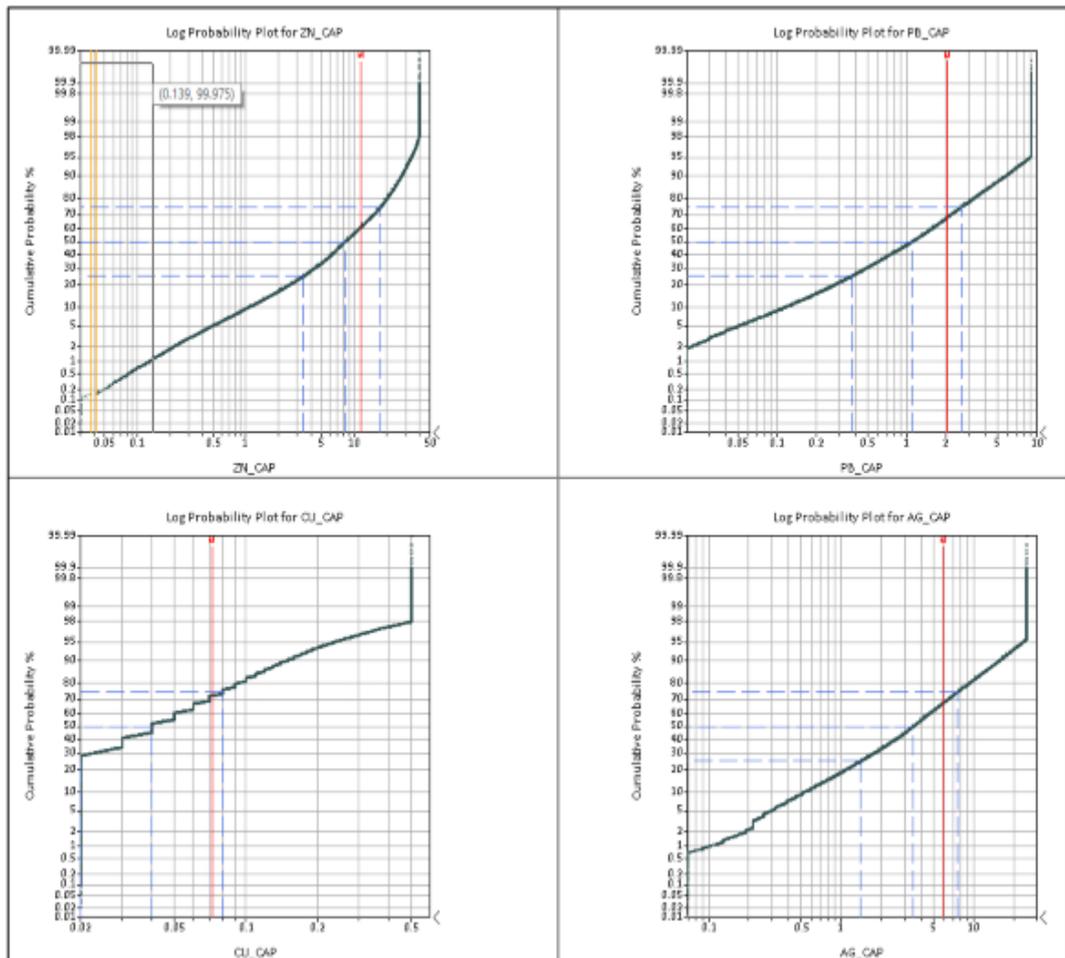
**Figura 34** Probabilidad para zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658  
(Dom\_est 2)



## Capping de la veta 658

El valor límite se obtuvo determinando una ruptura en la curva de probabilidad superior al 95% de la población. Este valor límite se reemplazó con la ley por encima de la ruptura dada. En el caso de la plata, se realizaron evaluaciones de perforaciones y poblaciones durante años para determinar un valor límite adecuado.

**Figura 35** Gráfico de probabilidad de recubrimiento para zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658 (Dom\_est 2).



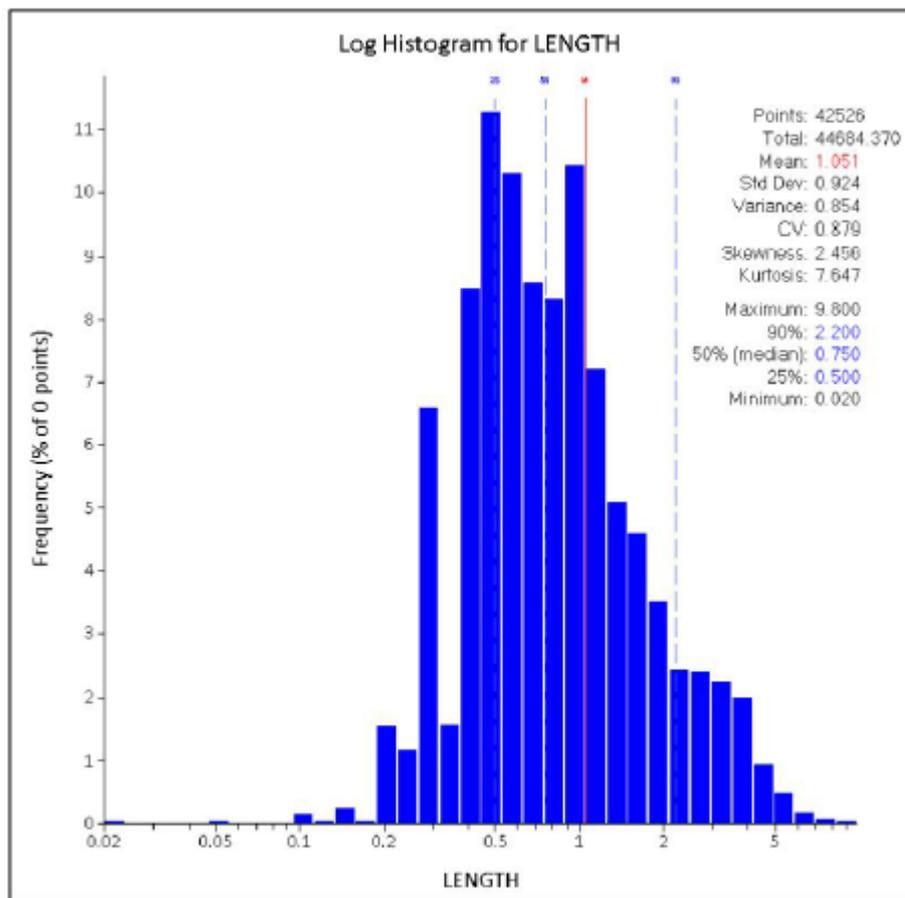
**Tabla 32** Valor de recubrimiento para zinc, plomo, cobre y plata de la veta 658

Estructura	Zinc (%)		Pb (%)		Cu (%)		Ag (oz/toneladas)	
	Máx.	Tapa.	Máx.	Tapa.	Máx.	Tapa.	Máx.	Tapa.
V. 658 (1)	61.72	40	66.14	9	26.18	2	472.43	35
V. 658 (2)	62.76	40	94.00	9	21.32	0.5	790.89	25

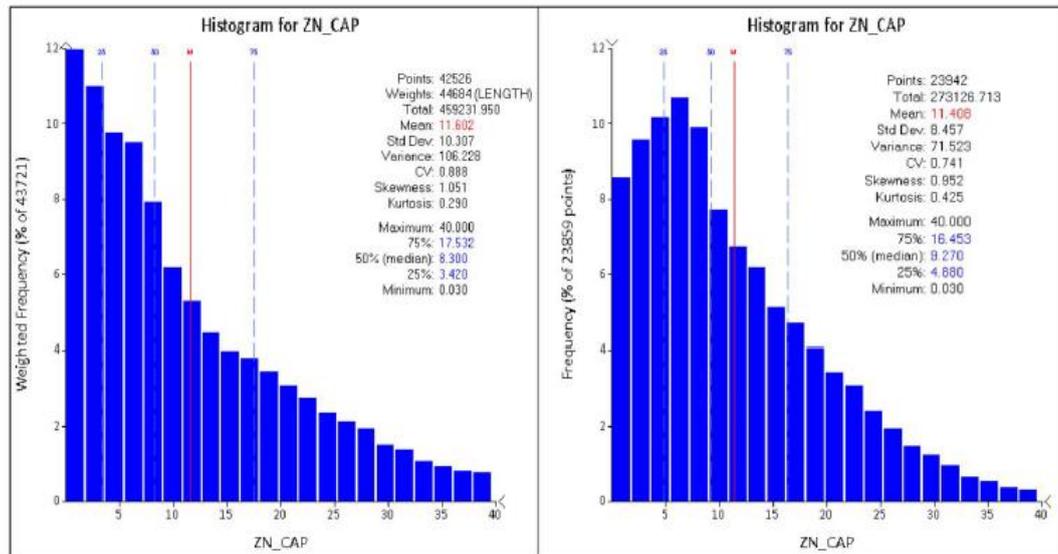
### Composito de la veta 658

El tamaño compuesto se determinó mediante análisis modal con poblaciones superiores al 10%.

**Figura 36** Histograma de tamaño de muestra (longitud) para la veta 658 (Dom\_est 2). Donde la moda observada es cercana a 1 m.



**Figura 37** Histograma de distribución y de medias



Asimismo, se evalúa el efecto de componer a 2 m donde se busca que la distribución y las medias no varíen demasiado, por debajo del 5%.

**Tabla 33** Comparación estadística de muestras no compuestas y compuestas de la veta 658 (Dom\_est 2)

ESTADÍSTICA COMPUESTA NO COMPUESTA		
Contar	23942	42526
Significar	11.40	11.60
	8.45	10.30
CV	0,74	0.88
Mínimo	0.03	0.03
Q1	4.88	3.42
Q2	9.27	8.30
T3	16.45	17.53
Máximo	40	40

### Variografía de la veta 658

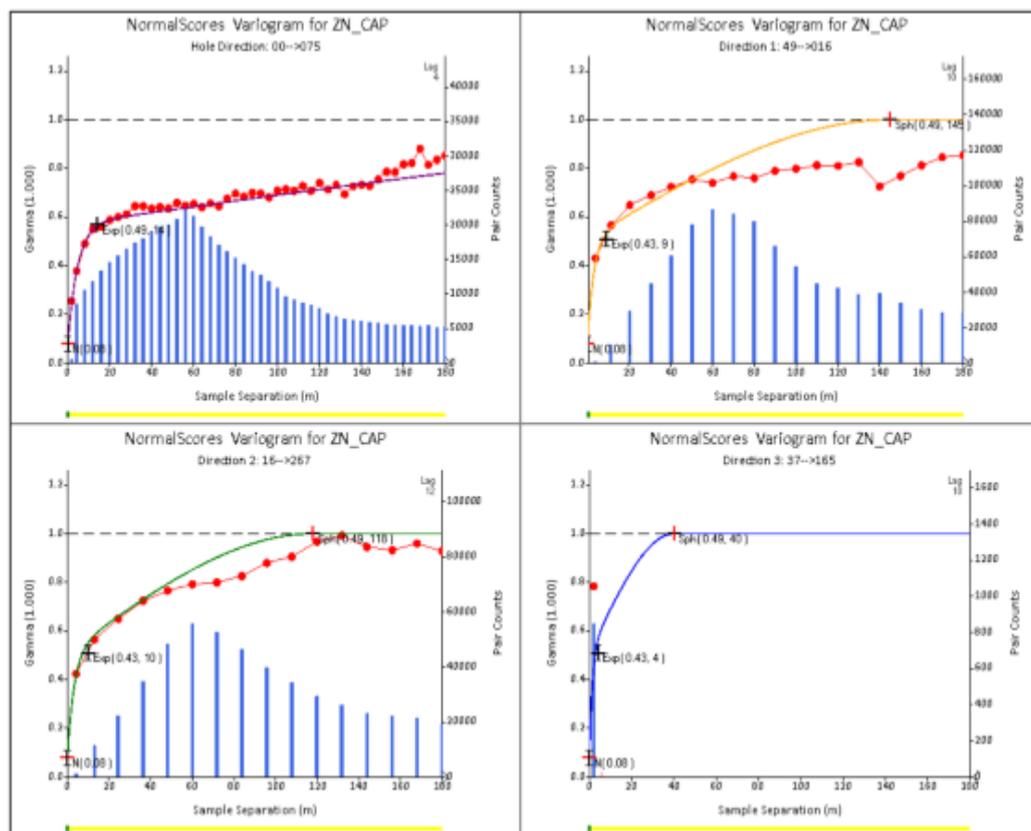
Las orientaciones de búsqueda de los elipsoides se definieron con base en criterios geológicos y la continuidad de los datos. En el caso de la veta 658, se

analizó la variografía, la cual mostró una buena correlación. Se observó un efecto pepita (0,08), lo que indica una baja variabilidad de los datos.

También se realizaron variogramas para cada uno de los elementos de forma independiente como un único dominio.

La correlación espacial se determinó mediante variografía con apoyo del software Supervisor.

**Figura 38** Variografía de zinc en la veta 658 (Dom\_est 2).



### Interpolación la veta 658

Se utilizaron tres métodos de estimación independientes para cada elemento y dominio: Vecino más cercano, inverso de la distancia potencia 2 y Kriging ordinario. Los parámetros variográficos se detallan a continuación. En caso de que los datos no fuesen suficientes para modelar un variograma, se utilizó el variograma de una veta con distribución similar.

**Tabla 34 Rangos de elipse de búsqueda y método de estimación para Zinc**

Element	Ax	Ay	Az	Rx	Ry	Rz	Min N° Samples	Max N° Samples	Estimation Method
Zn	-73.835	48.631	-24.412	45	35	6	7	20	OK/ID2
ok	-73.835	48.631	-24.412	45	35	6	7	20	OK/ID2
Cu	-73.835	48.631	-24.412	45	35	6	7	20	OK/ID2
Ag	-73.835	48.631	-24.412	45	35	6	7	20	OK/ID2
Fe	-73.835	48.631	-24.412	45	35	6	7	20	OK/ID2

### Densidad de la veta 658

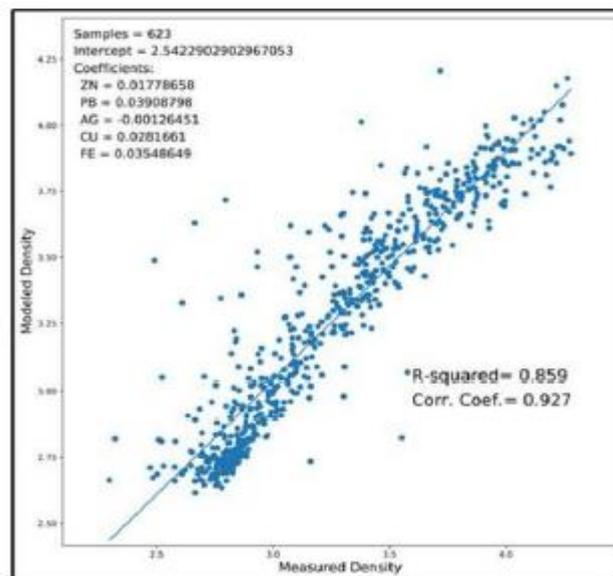
El cálculo de la densidad para el modelo de diciembre de 2022 se realizó con un análisis de regresión multilineal utilizando todos los elementos químicos disponibles (Zn, Pb, Cu, Ag y Fe) a partir de los datos de densidad obtenidos por el método hidrostático.

La fórmula de densidad se actualizó por última vez en 2022, este año reutilizamos la misma fórmula que en 2022.

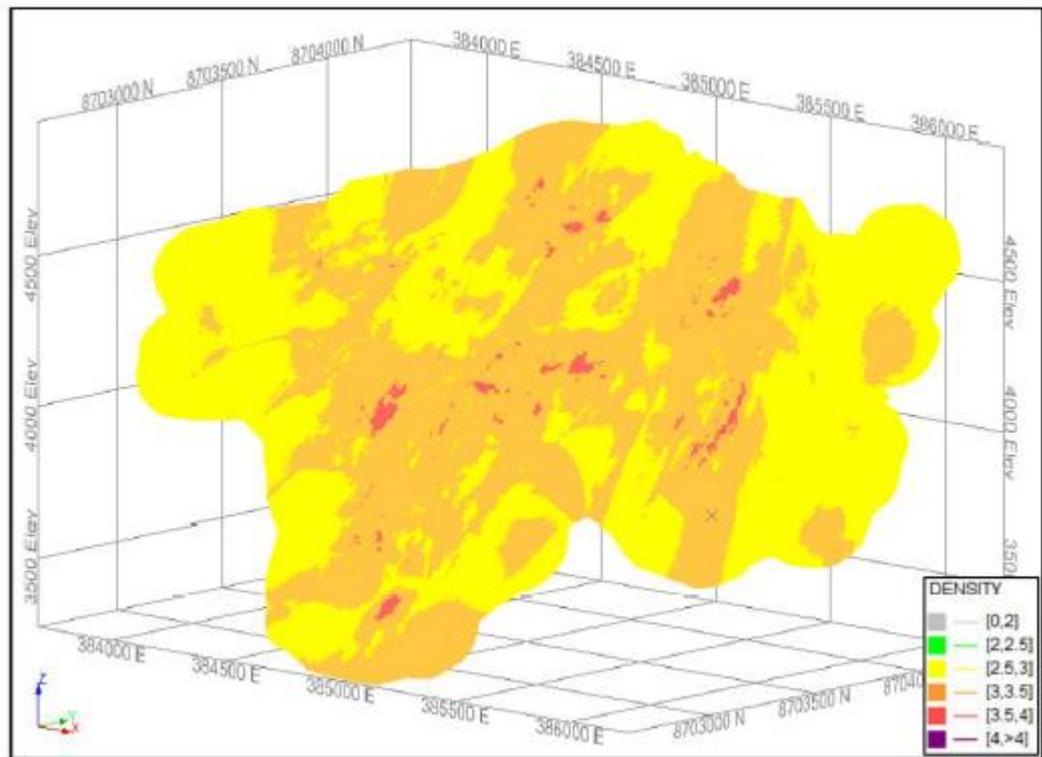
Fórmula de regresión multilineal 2022:

$$\text{DENSIDAD} = 2,5422902902967053 + \text{ZN} * 0,01778658 + \text{PB} * 0,03908798 + \text{CU} * 0,0281661 + \text{AG} * -0,00126451 + \text{FE} * 0,03548649$$

**Figura 39 Fórmula de regresión multilineal 2024**



**Figura 40** Interpolación de densidad de la veta 658



**Modelo de Bloques de la veta 658**

Se aplicó un modelo de bloques prototipo a todas las vetas, configurado en Datamine para capturar la codificación de dominios, la discretización y las estimaciones de ley. El prototipo para la mina San Cristóbal se basa en el wireframe. Las subceldas se generaron a partir del tamaño de celda del bloque principal (4x4x4), dividiéndolas en un máximo de 16 partes, lo que dio como resultado el modelo final de subbloques.

**Tabla 35** Configuración del modelo de bloques

Dirección	Coordenadas de origen (m)	Máximo Coordenadas (m)	Bloquear Talla (m)	N° Bloques
X	382.939	387.583	4	1.161
Y	8.701.416	8.704.840	4	856
Z	3.068	5.192	4	531

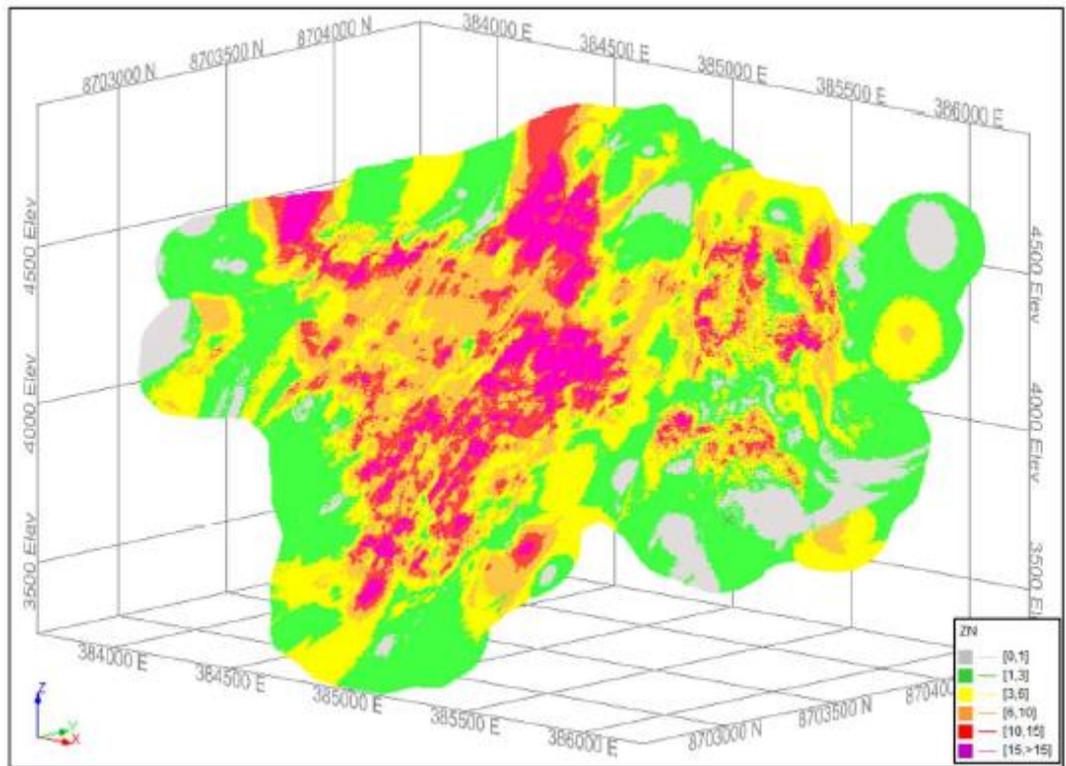
**Tabla 36 Variables del modelo de bloques**

Atributo Nombre	Tipos decimales		Descripción	Comentarios
ZN	Numérico	6	Zinc (%)	Se estima que 1.º y 2.º pases están bien y 3.º está bien. <i>apctoe</i> .
PB	Numérico	6	Plata (%)	Se estima que 1.º y 2.º pases están bien y 3.º está bien. <i>apctoe</i> .
CU	Numérico	6	Cobre (%)	Se estima que 1.º y 2.º pasada están bien y 3.º pasada es IDW.
AG Numérico		6	Plata (Oz/t)	Se estima que 1.º y 2.º pases están bien y 3.º está bien. <i>apctoe</i> .
FE	Numérico	6	Hierro (%)	IDW estimado 1er, 2do y 3er pase.
ZNEQ Numérico		6	Equivalente de ZN Precios de NSR (%)	Calculado a partir de la fórmula $ZN*1+PB*0,84+CU*2,03+AG*0,80$
NSR numérico		6	Factores a largo plazo	Calculado a partir de la fórmula $ZN*17,18+PB*14,77+CU*34,92+AG*13,80$
DENSIDAD Numérica		6	Peso específico	Calculado a partir de regresión multivariable.
RESCAT Numérico		-	Recurso Clasificación, Medido=1, Indicado=2, Inferido=3, y Potencial=4	Ecuación que considera el rango del variograma, #Pass, #Datos, #Perforaciones y calidad QAQC, además de suavizado con polilíneas.
MINADO Numérico		-	Categoría de agotamiento, Explotado=0, Insitu=1, Intangible=2, y Colapso=3	Etiquetado desde Vacíos
PV	Numérico	6	Espesor de la vena (m)	Calculado a partir del espesor del alambre
AV	Numérico	6	Vena horizontal ancho (m)	Calculado a partir de PV y DIP de la veta
CONC	Texto	-	Concesiones	Cesión del límite de concesiones

### Validación la veta 658

El modelo final incluye comparaciones visuales entre compuestos desagrupados y bloques estimados por metales, gráficos de franjas, histograma, gráfico de probabilidad logarítmica y controles de sesgo global.

*Figura 41* Modelo de recursos para la veta 658 por leyes de zinc.



*Figura 42* Validación visual del modelo de bloques de grado de Zn frente a compuestos de Zn para la veta 658

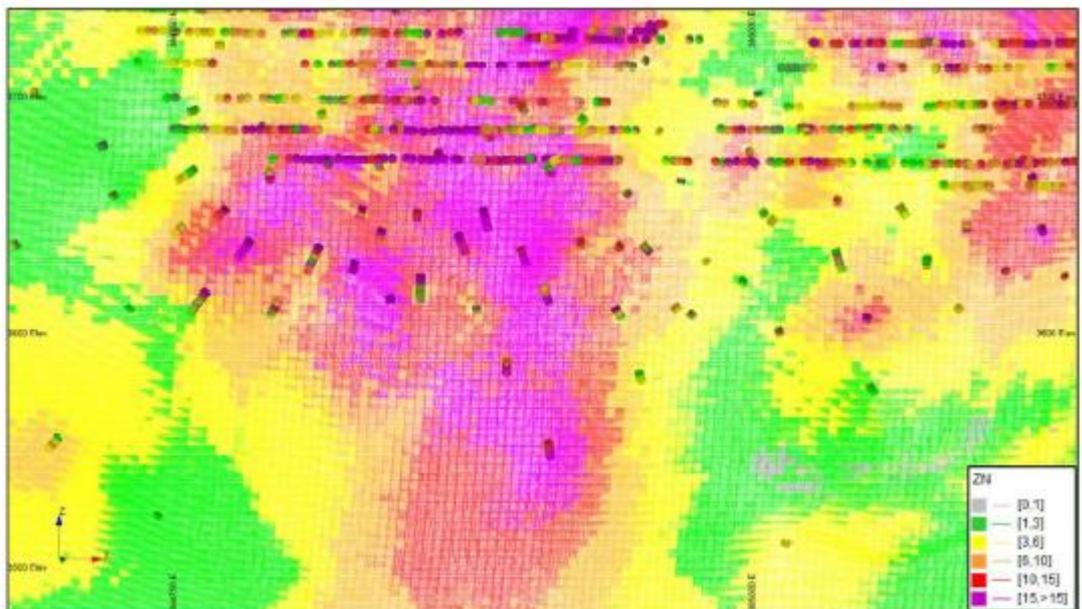


Figura 43 Franjas para valores de estimación de zinc - veta 658

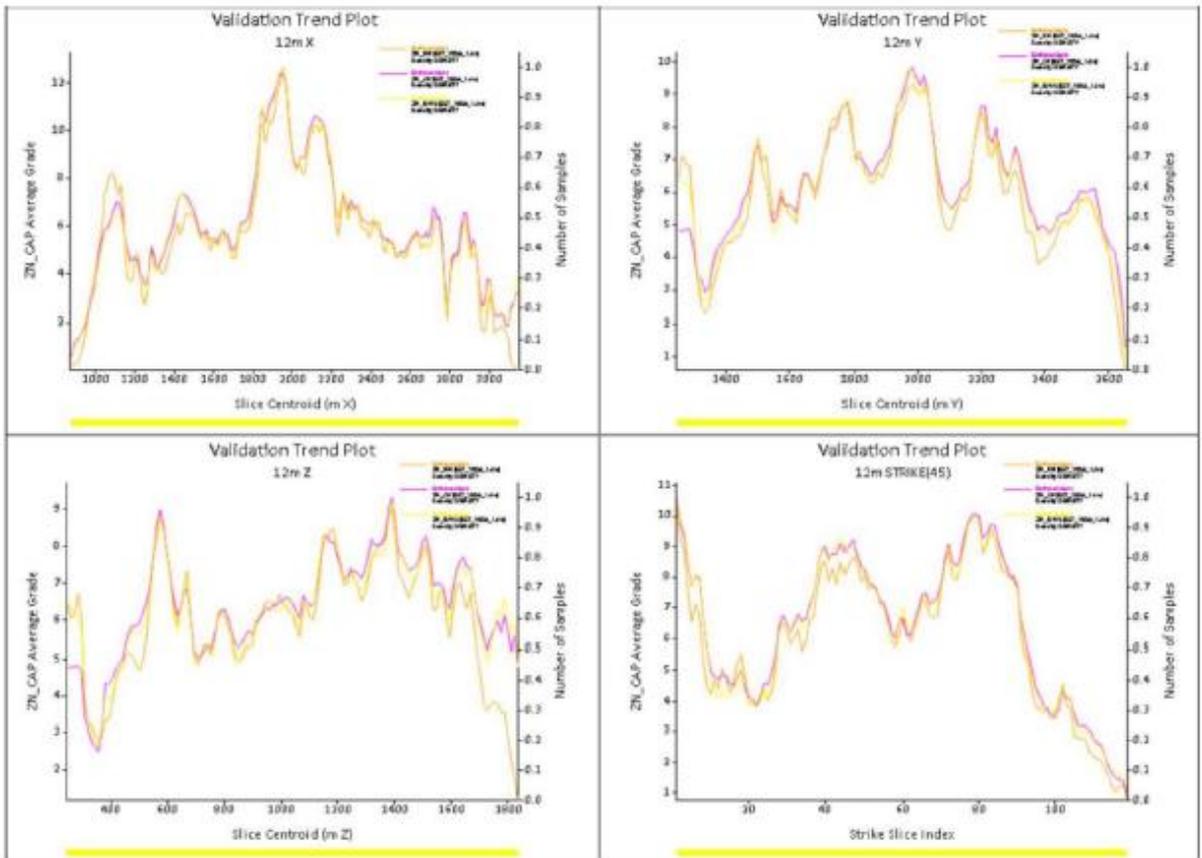
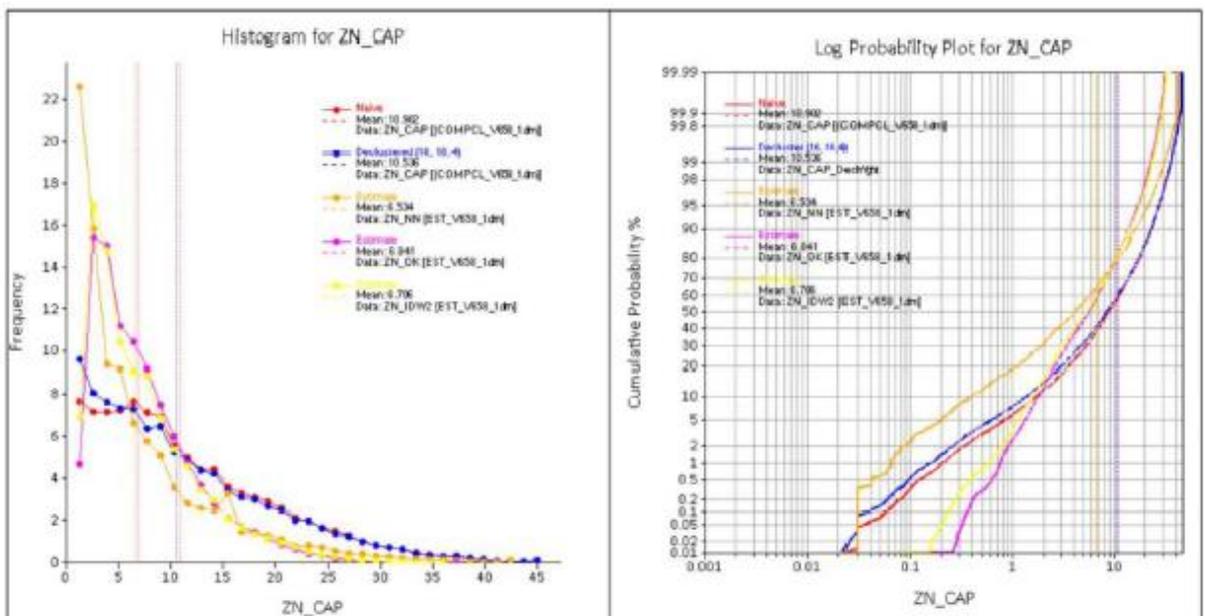


Figura 44 Histograma y gráfico de probabilidad para los valores de estimación de zinc de la veta 658



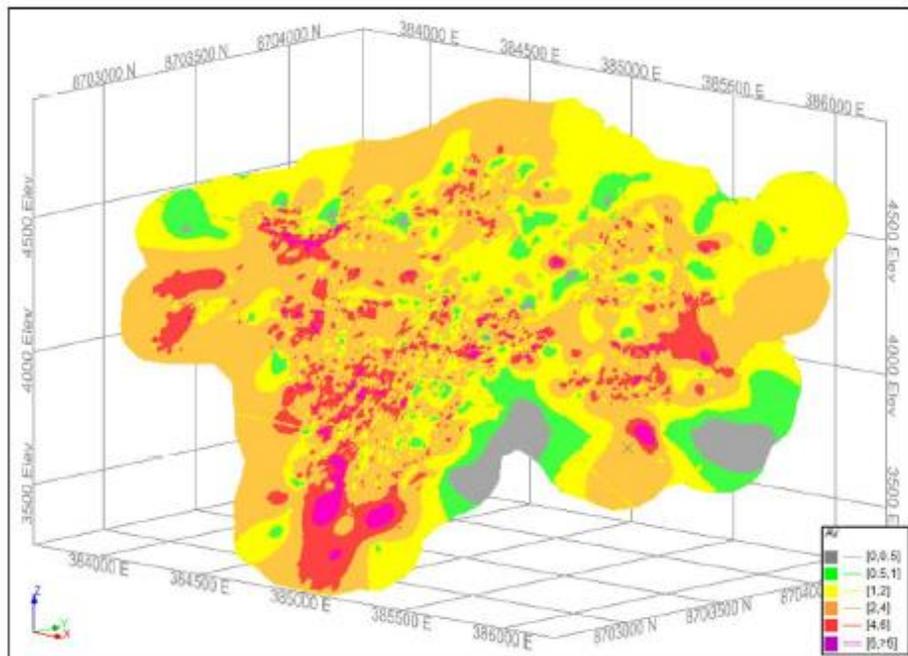
**Tabla 37** Leyes medias globales para la estimación NN frente a la estimación OK para la veta 658

Clase	Número de Bloques	ZN_NN		ZN_OK		Diferencia Relativa de medias (%)	ZN_IDW2		Diferencia Relativa de medias (%)
		-----	Cv	-----	Cv		-----	Cv	
1	2557	9.653	1.082	9.667	0.778	0,14%	9.219	0.819	-4,50%
2	6625	6.646	1.452	7.266	1.068	9,33%	6.336	1.238	-4,66%
3	6511	4.081	1.528	5.120	1.038	25,47%	3.987	1.324	-2,31%
4	15693	6.072	1.446	6.767	1.034	11,45%	5.831	1.215	-3,96%
Clase	Número de Bloques	AG_NN		AG_OK		Diferencia Relativa de medias (%)	AG_IDW2		Diferencia Relativa de medias (%)
		-----	CV	-----	CV		-----	CV	
1	2557	6.169	1.303	6.194	0.806	0,24%	5.914	0.923	-4,13%
2	6625	5.246	1.651	5.489	1.119	4,82%	5.044	1.259	-3,86%
3	6511	2.773	1.767	3.412	1.118	23,06%	2.942	1.330	6,11%
4	15693	4.370	1.682	4.740	1.103	8,47%	4.314	1.262	-1,30%
Clase	Número de Bloques	PB_NN		PB_OK		Diferencia Relativa de medias (%)	PB_IDW2		Diferencia Relativa de medias (%)
		-----	CV	-----	CV		-----	CV	
1	2557	1.244	1.449	1.224	0.946	-1,56%	1.215	1.075	-2,31%
2	6625	0.780	1.770	0.852	1.109	12,97%	0.782	1.291	0,26%
3	6511	0.302	1.724	0.537	1.191	36,98%	0.301	1.395	-0,15%
4	15693	0.695	1.829	0.794	1.182	14,35%	0.691	1.387	-0,59%
Clase	Número de Bloques	CU_NN		CU_OK		Diferencia Relativa de medias (%)	CU_IDW2		Diferencia Relativa de medias (%)
		-----	CV	-----	CV		-----	CV	
1	2557	0.487	1.727	0.459	0.998	0,45%	0.492	1.020	1,02%
2	6625	0.221	2.459	0.232	1.506	4,95%	0.240	1.812	8,41%
3	6511	0.170	1.776	0.168	0.994	-2,56%	0.175	1.172	2,63%
4	15693	0.243	2.213	0.247	1.371	1,30%	0.254	1.525	4,32%

**Ancho de la veta 658**

El ancho de la veta no muestra tendencias significativas.

**Figura 45** AV para la Veta 658

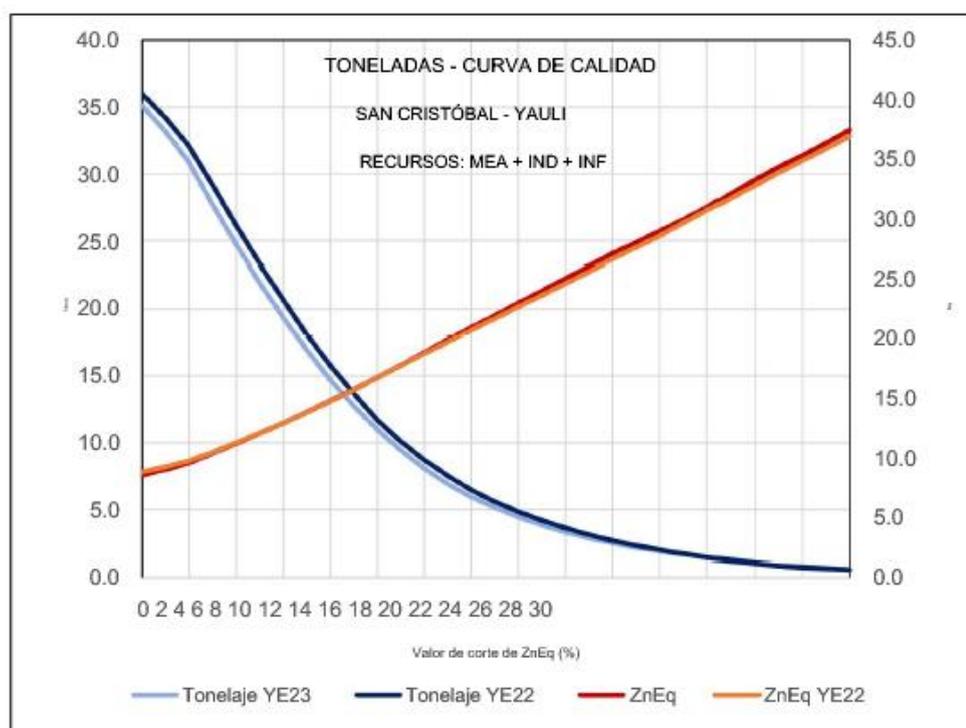


## Resultados y métricas de recursos

El límite operativo de corte es del 10,12 % de ZnEq; no incluye ningún diseño preliminar de mina (es equivalente a la reserva máxima posible). Este año, la nueva reserva debería ser mayor debido al menor costo operativo.

El gráfico de tonelaje de ley busca realizar una conversión preliminar entre recursos y reservas. El 2% de ZnEq es el límite geológico actual, cercano al límite marginal operativo. El gráfico a continuación muestra la sensibilidad del recurso al cambiar la ley de corte.

**Figura 46** Curva grafica de toneladas – leyes de recursos 2024



**Tabla 38** Resultado de recursos 2024 vs 2023

	2023				2024				% Variación		
	Medido Indicado		Inferido	Total	Medido Indicado		Inferido	Total			
Mineral t	6.219.754	11.721.068	14.108.779	32.049.601	4.79	6.198.269	11.176.202	13.470.005	30.844.476	4,95	-4%
Zn %	6,71	5,81	5,53			6,66	5,74		5,58		1%
% de plomo	0,93	1,02	0,81	0,91		0,89	1,01	0,87	0,93		1%
Cu %	0,20	0,22	0,21	0,21		0,19	0,21	0,21	0,21		-3%
Ag g/t	128.31	114.84	89.35	106.23		125.64	113.48	93.56	107.22		1%

## **Clasificación de recursos de la veta 658**

La clasificación de recursos se basa en una combinación de conocimiento geológico, interpretación, distribución de datos y geoestadística. Las métricas de clasificación se describen a continuación. Se consideraron los siguientes factores en la clasificación de recursos.

1. Rango del variograma
2. Pase de estimación
3. Número de perforaciones
4. Número de muestras
5. Calidad de los datos

Los recursos se clasificaron mediante un criterio geométrico basado en el rango del variograma y el paso de estimación. El número mínimo de perforaciones y las distancias utilizadas se detallan a continuación.

Utilizando muestras de canales y perforaciones:

- Recurso medido: se requiere un mínimo de tres perforaciones dentro de los 15 metros de distancias promedio del centroide del bloque.
- Recurso indicado: se requiere un mínimo de tres perforaciones dentro de los 30 metros de distancias promedio del centroide
- Recurso inferido: se requiere un mínimo de dos perforaciones dentro de los 100 metros de distancias promedio del centroide del bloque.

Utilizando únicamente muestras de perforaciones:

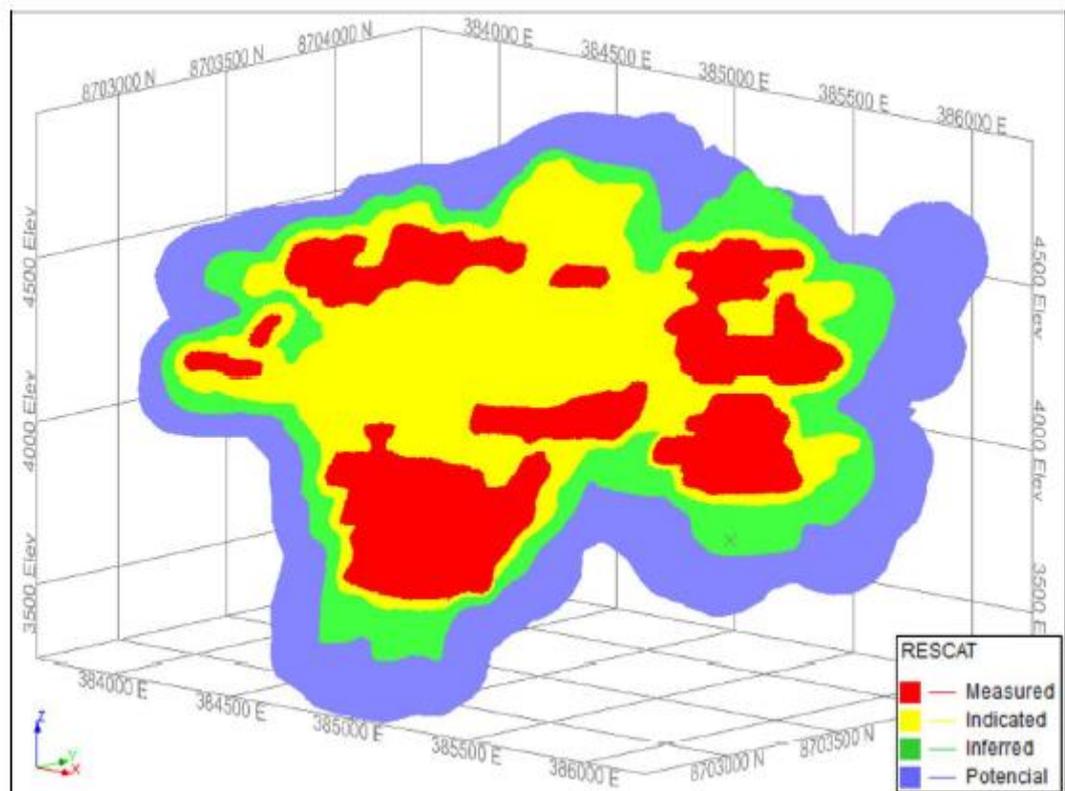
- Recurso medido: se requiere un mínimo de tres perforaciones dentro de los 30 metros de distancias promedio del centroide del bloque.
- Recurso indicado: se requiere un mínimo de tres perforaciones dentro de los 60 metros de distancias promedio del centroide del bloque.

- Recurso inferido: se requiere un mínimo de dos perforaciones dentro de los 120 metros de distancias promedio del centroide del bloque.

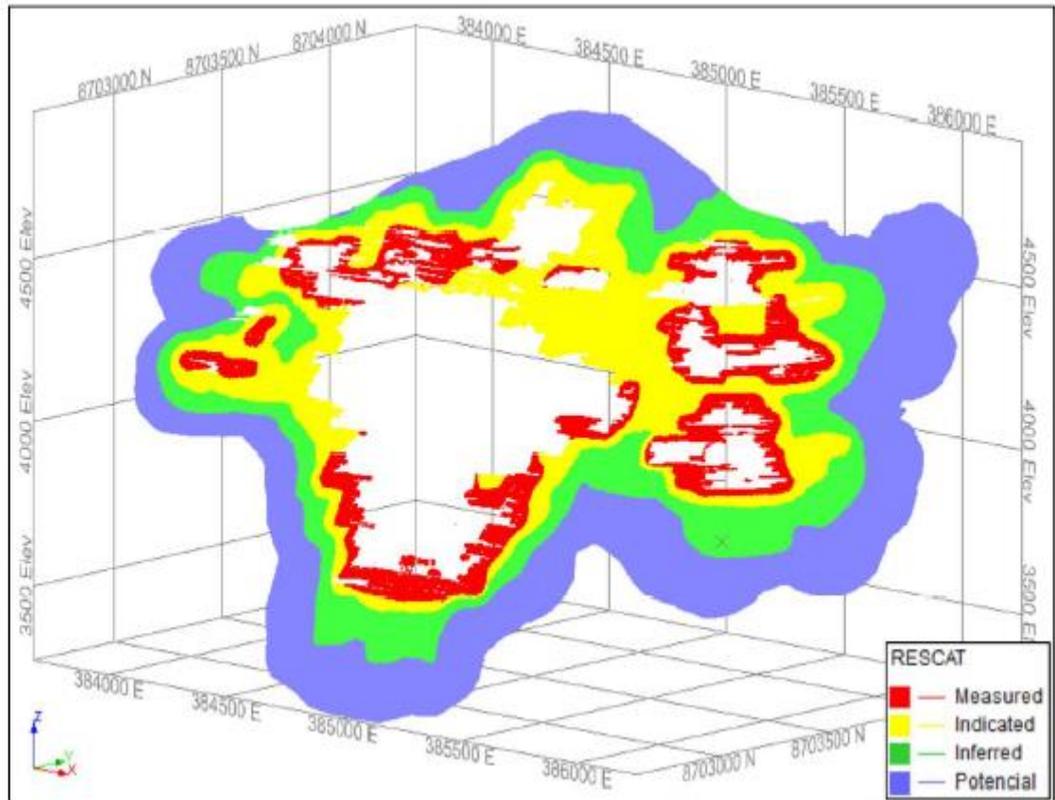
La calidad de la información también se considera para la clasificación. El control de calidad (QAQC) varía según los años en que no se consideró la calidad de la información o no se realizaron controles de inserción; en este caso, el recurso se sancionó de medido a indicado.

Estos factores se utilizaron como la clasificación inicial sin suavizar, una clasificación geológicamente sensata. Se aplicó un acondicionamiento adicional mediante polilíneas en las secciones longitudinales para obtener las clasificaciones finales lisas y evitar el efecto de "perro moteado".

**Figura 47** Clasificación de recursos (1= Medido; 2= Indicado; 3= Inferido, 4= Potencial mineral) para 658 veta.



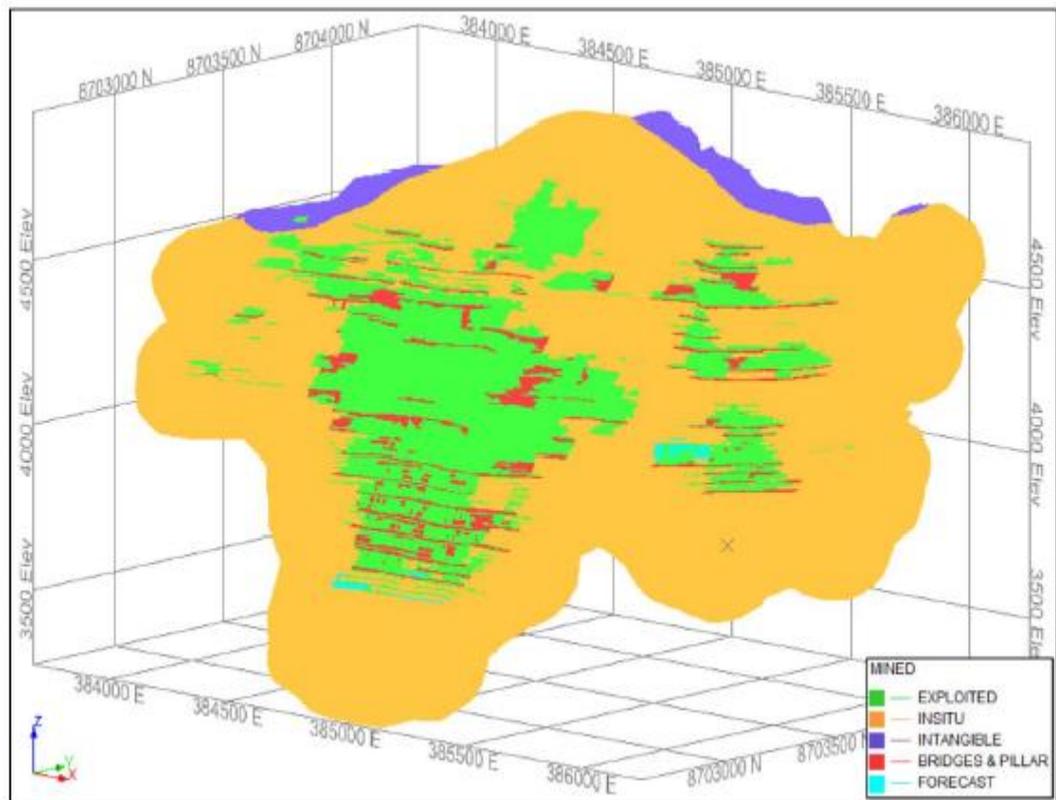
**Figura 48** Recursos medidos, indicados e inferidos in situ para la veta 658



### **Mining Depletion de la Veta 658**

Los modelos de diciembre de 2024 fueron entregados al Área de Reservas a Largo Plazo para la codificación del área minada y posteriormente devueltos al área de Recursos Minerales para su finalización.

**Figura 49** Codificación extraída para la veta 658



### 4.3. Prueba de hipótesis

#### 4.3.1. Hipótesis general

Al realizar de la auditoría de los procedimientos de estimación de recursos y reservas minerales de la Veta 658 en Unidad Productiva de San Cristóbal, a través de la aplicación de una metodología sistemática, la referencia a un código de reporte internacional, constituye una guía adecuada para evaluar su confiabilidad y cumplimiento.

La metodología de investigación empleada fue descriptiva y aplicada, utilizando un diseño no experimental transversal. La investigación describe y aplica una metodología que incluye la revisión documental, observación directa y el uso de instrumentos como listas de verificación e informes técnicos. Los procedimientos auditados se compararon explícitamente con estándares internacionales como JORC. Los resultados detallan la evaluación sistemática de

los diversos procesos (recolección de datos, QA/QC, estimación, clasificación, factores modificadores, etc.), identificando cuáles cumplen (☐), cuáles son incompletos o mejorables (☐), y cuáles no se realizan o son incorrectos (☐). Las conclusiones generales indican que "los procesos empleados en la estimación de recursos en general son aceptables y realizados siguiendo las mejores prácticas y estándares recomendados por los Códigos internacionales (CRIRSCO)", aunque existen oportunidades de mejora en procesos específicos. Esto soporta la hipótesis general, ya que la metodología aplicada, basada en estándares, permitió efectivamente evaluar la calidad y el cumplimiento de los procedimientos.

#### **4.3.2. Prueba de las hipótesis específicas**

Hipótesis Específica 1: Asegurando la correcta recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentaciones, constituyen el fundamento indispensable para obtener estimaciones de recursos minerales confiables y de alta calidad de la Veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal.

La investigación dedica una parte significativa a evaluar los "Procesos relacionados a la Recolección de Información" y "Aseguramiento y Control de Calidad de la Información" (QA/QC). Los hallazgos en estas áreas muestran que muchos de estos procedimientos están bien establecidos y cumplen con estándares. Específicamente, se menciona que "La implementación de la base de datos GDMS ha permitido hacer que la información sea transaccional y auditable 100%" y que "El programa de aseguramiento y calidad de la Información" es aceptable. Las conclusiones generales también respaldan que los procesos de "Gestión de la información de canales, sondeos e información de mapeos" y "Aseguramiento y control de calidad de la Información" son aceptables según las mejores prácticas internacionales. Aunque se identifican oportunidades de mejora

en aspectos específicos de datos como por ejemplo el análisis de sesgo, error de muestreo, la investigación corrobora que una base sólida en la gestión de datos es un pilar fundamental para la estimación de recursos de calidad.

Hipótesis Específica 2. Asegurando la correcta recopilación, verificación y validación de todos los datos y documentaciones constituyen el fundamento indispensable para obtener estimaciones de reservas minerales confiables y de alta calidad de la Veta 658 en la Unidad Productiva de San Cristóbal.

Esta hipótesis es similar a la anterior, pero se enfoca en las reservas. La confiabilidad de las reservas se basa en gran medida en la confiabilidad de los recursos (que a su vez dependen de la calidad de los datos) y en la correcta aplicación de los factores modificadores. La investigación concluye que los procesos de gestión de datos son en general aceptables. Sin embargo, al evaluar los procesos específicos de estimación de reservas, el estudio identifica varias oportunidades de mejora y riesgos, incluso algunos de "Alto" nivel de riesgo, como la ausencia del planeamiento de minado y flujo de caja en el procedimiento de cálculo de reservas. Esto sugiere que, si bien la correcta gestión de datos es un fundamento necesario para las reservas confiables, los pasos subsiguientes (aplicación de factores modificadores, integración económica y de planeamiento) también son críticos y pueden introducir incertidumbres significativas. La investigación soporta la idea de que una buena gestión de datos es un fundamento, pero también muestra que la confiabilidad de las reservas depende de la calidad de los procedimientos aplicados en las etapas posteriores a la estimación de recursos, donde se identifican deficiencias importantes.

En conclusión, la investigación presentada en el documento adjunto proporciona evidencia que soporta las hipótesis planteadas, al demostrar que la

auditoría, utilizando una metodología sistemática y estándares internacionales, permitió evaluar la calidad de los procedimientos y que la correcta gestión de datos de entrada es un componente fundamental para la confiabilidad tanto de los recursos como, de manera indirecta pero indispensable, de las reservas, aunque la confiabilidad de las reservas también se ve impactada por otros procedimientos críticos evaluados en el estudio.

#### **4.4. Discusión de resultados**

Los antecedentes de investigación consultados subrayan consistentemente la importancia crítica de la auditoría y la revisión de los procedimientos de estimación de recursos y reservas para asegurar la confiabilidad de las cifras reportadas y mantener la confianza de los inversionistas. El estudio de Dominy et al. (2014) y el artículo de Noppé (2017) analizan cómo las auditorías pueden detectar errores críticos en los modelos geológicos y métodos de estimación, mejorar la fiabilidad de las estimaciones a corto y largo plazo, y servir como herramientas de gobernanza y mejora técnica. Estos hallazgos internacionales se alinean directamente con el problema identificado en la introducción del presente estudio, que señala la existencia de omisiones importantes y la necesidad de una auditoría adecuada para evitar inexactitudes y pérdida de confianza. La investigación aquí presentada, al identificar procedimientos adecuados, incompletos o incorrectos, confirma la utilidad práctica de la auditoría como herramienta para detectar deficiencias específicas, tal como lo plantean los antecedentes internacionales. Asimismo, la importancia de la calidad de los datos como base fundamental para la estimación de recursos y reservas, resaltada en los antecedentes nacionales como el trabajo de Carrasco y Mayorga (2021) en el contexto del cumplimiento con la norma NI 43-101, se ve reflejada y soportada

por los resultados de esta auditoría. La investigación concluye que procesos como la "Gestión de la información de canales, sondajes e información de mapeos", la implementación de la base de datos GDMS que la hace "transaccional y auditable 100%", y el "programa de aseguramiento y calidad de la Información" son aceptables y siguen mejores prácticas internacionales. Esto concuerda con la justificación teórica de la investigación, que argumenta que procedimientos geológicos y geoestadísticos robustos y controles de calidad adecuados son esenciales para garantizar la precisión y veracidad de las estimaciones.

Los antecedentes internacionales también destacan la relevancia de los métodos geoestadísticos y la cuantificación de la incertidumbre (Tang Ziquan, 2024 ). Si bien la auditoría encontró que la estimación de recursos utiliza mayoritariamente Kriging ordinario y técnicas de validación adecuadas, también identificó oportunidades de mejora en áreas como el análisis de sesgo entre diferentes tipos de muestreo, el análisis de umbrales de recorte, y la determinación de la longitud de compósito. Estas observaciones sugieren que, a pesar de aplicar técnicas geoestadísticas, aún existen aspectos metodológicos que, de ser optimizados, podrían refinar la precisión de las estimaciones, en línea con lo propuesto por Tang.

El marco teórico establece los fundamentos de la estimación de recursos y reservas, la auditoría de procedimientos y la importancia de las normativas internacionales y la geoestadística. La discusión de resultados permite contrastar la práctica en la Unidad Minera Yauli con estos fundamentos.

La auditoría, al evaluar procesos de control de calidad (QA/QC) y aseguramiento de calidad (QA), aplica directamente los principios fundamentales de auditoría. La conclusión de que el programa de aseguramiento y control de

calidad es aceptable valida la aplicación de esta teoría en la mina. Sin embargo, las oportunidades de mejora identificadas en el manejo de blancos, el envío de rechazos a laboratorios externos y el uso de la información del QA/QC en la categorización indican áreas donde el ciclo de retroalimentación y mejora continua teórica puede ser reforzado en la práctica.

La aplicación de métodos geoestadísticos como el Kriging para la estimación de recursos en la Veta 658 concuerda con la teoría geoestadística aplicada a la estimación de yacimientos. La auditoría revisó el desarrollo de variogramas, la interpolación y la validación del modelo. Sin embargo, las oportunidades de mejora en el análisis de sesgo, top cut y composición sugieren que la aplicación práctica de la geoestadística, aunque existente, puede optimizarse para alinearse más estrechamente con las mejores prácticas derivadas de la teoría (ejemplo la Teoría de Muestreo de Gy ).

En general la discusión de resultados en el contexto de los antecedentes y el marco teórico revela que los hallazgos de la auditoría en la Unidad Minera Yauli-La Oroya para la estimación de recursos y reservas de la Veta 658 se alinean, en gran medida, con las problemáticas y mejores prácticas identificadas a nivel nacional e internacional y sustentadas por la teoría. La auditoría confirma la importancia crítica de la gestión de datos y el QA/QC como fundamento de la estimación (consistente con antecedentes y teoría del control de calidad). Asimismo, demuestra que la aplicación de una metodología sistemática y estandarizada es una guía efectiva para evaluar los procedimientos técnicos (acorde con antecedentes de auditoría).

No obstante, la auditoría también pone de manifiesto que, a pesar de contar con procesos generalmente aceptables en la estimación de recursos, la

conversión a reservas y su justificación económica y de planeamiento presentan desafíos significativos y áreas de riesgo importantes que requieren atención prioritaria. Estos hallazgos empíricos refuerzan la relevancia del marco teórico relacionado con los factores modificadores, la viabilidad económica y la teoría del riesgo en la definición de reservas, y concuerdan con la necesidad de una verificación rigurosa de estos aspectos, como lo sugieren los antecedentes sobre auditorías y reconciliación. La investigación contribuye al conocimiento práctico al detallar áreas específicas donde la metodología de estimación y auditoría en un contexto real de minería subterránea puede ser mejorada para asegurar una mayor confiabilidad y alineación con los estándares internacionales, lo cual es esencial para la transparencia y la toma de decisiones.

## CONCLUSIONES

1. Los procesos empleados en la estimación de recursos en general son aceptables y realizados siguiendo las mejores prácticas y estándares recomendados por los Códigos internacionales (JORC).
2. Los procesos evaluados, que están acorde a las mejores prácticas internacionales de la industria cuya implementación es lo siguiente:
  - Gestión de la información de canales, sondajes e información de mapeos.
  - La implementación de la base de datos GDMS ha permitido hacer que la información sea transaccional y auditable 100%.
  - El programa de aseguramiento y calidad de la Información.
  - Análisis espacial de la Información (EDA).
  - Análisis y sensibilidad de los parámetros de estimación, así como los procesos de validación de la estimación.
3. Los procesos empleados actualmente con oportunidad de mejora son:
  - Análisis de sesgo canales y sondajes.
  - Análisis de umbrales de corte de ley.
  - Definición de longitud de compósito y el uso de bloque Irregular o Variable.
  - Masa de muestra y test de heterogeneidad.
  - Dimensión de malla de perforación por categoría de recurso, así como el uso del modelo de bloques como primer input del programa de perforación infill y brownfield.
  - Categorización de Recursos empleando criterios de precisión, recuperación y calidad de estimación.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar un proceso de reconciliación que incluya el modelo de largo plazo evaluado en un periodo trimestral y semestral.
2. Realizar mejoras en la estructura de costos y explicación de los valores obtenidos, con el fin de que se encuentren debidamente sustentados para una futura auditoría.
3. Revisión y actualización de procedimiento de Cálculo de Reservas. Se presenta como parte del presente estudio, una actualización y revisión del documento, así como, una actualización del flujo de trabajo.
4. Revisión y sustento para algunos de los parámetros usados en la macro de cálculo de reservas (como el valor usado para la sobre rotura o valores de usados para la dilución por carguío).
2. Incluir los estudios de geomecánica e hidrogeología como sustento para los valores obtenidos de factores modificatorios.
3. Verificar la aplicación de la metodología de bloques de ancho variable en estructuras que muestran mucha variación en rumbo y buzamiento.
4. Se recomienda la aplicación de leyes de corte considerando costos diferenciados en función de la ubicación del bloque de explotación.
5. Revisar y validar los parámetros metalúrgicos, sustentándolos adecuadamente y guardando correlación con los valores aplicados en la macro Datamine.
6. Aspectos claves del cálculo de reservas, que requieren atención prioritaria de parte de Empresa:
  - Ausencia del planeamiento de minado y flujo de caja como parte del procedimiento del cálculo de Reservas.
  - Ausencia de aplicación de costos de venta, almacenaje, transporte y seguros, lo cual puede estar tergiversando la aplicación de la ley de corte (o valor de corte).

- Aplicación de distintos métodos de minado, tipo de relleno y equipo de acarreo para un mismo bloque de explotación.
- Ausencia de un plan estructurado del área de exploraciones de reposición de Recursos y Reservas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assibey-Bonsu, W., Muller, C., & Pretorius, H. (2014). Application of a localized direct conditioning mineral resource modelling technique for medium- and long-Term planning of underground mining operations. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 114(8), 659–665.
- Alfaro, M. (2007). *Estimación de Recursos Minerales*
- Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. (2012). AusIMM the minerals institute
- Baker, C. K., & Giacomo, S. M. (2001). Resources and reserves: Their uses and abuses by the equity markets. 23, 667–676.
- CIM - Canadian Institute of Mining, M. and P. (2018). *Mineral Exploration Best Practices Guidelines*. [https://mrmr.cim.org/media/1130/cim-mineral-exploration-bpguidelines\\_2018.pdf](https://mrmr.cim.org/media/1130/cim-mineral-exploration-bpguidelines_2018.pdf)
- CSA. (2011). National instrument 43-101 standards Of disclosure for mineral projects. 2011, 7043–7086. <https://mrmr.cim.org/media/1017/nationalinstrument-43-101.pdf>
- Carrasco Rodríguez, M. D., & Mayorga Rojas, J. C. (2021). Programa de calidad para cumplimiento de NI-43101 en exploración de proyecto de carbón antracita. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 24(48), 125-135.
- Canadian Securities Administrators. (2011). *National Instrument 43-101: Standards of Disclosure for Mineral Projects*. <https://www.bcsc.bc.ca/>
- Cuéllar, J., & Del Carpio, C. (2024). Aplicación de factores de reconciliación minera para validar los modelos de reservas y verificar el nivel de confianza con la

producción de planta de procesos de una mina a cielo abierto en la sierra norte del Perú. [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Dominy, S. C., Noppe, M. A., & Annels, A. E. (2014). *Audit and review of mineral resource estimates*. *Applied Earth Science*, 123(1), 9–27.  
<https://doi.org/10.1179/1743275813Y.0000000047>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2022). *Metodología de la investigación* (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.

Ortiz, J., & Emery, X. (2004). Categorización de recursos y reservas mineras

Pinto, Jerald; Henry, Elaine; Robinson, Thomas; Stowe, John. (2015). *Equity Asset Valuation: Third Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons.

JORC. (2012). *Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code 2012 Edition)*. Australasian Joint Ore Reserves Committee. <https://www.jorc.org/>

Journel, A. G., & Huijbregts, C. J. (1978). *Mining geostatistics*. Academic Press

Lopez, J., & Zamora, G. (2022). Análisis De Riesgos En El Negocio Minero Aplicando LaReconciliacion En La Unidad De Cerro Lindo. Instituto de Ingenieros de Minas Del Perú, 293–299. <https://revistamineria.com.pe/tecnico-cientifico/analisis-deriesgos-en-el-negocio-minero-aplicando-la-reconciliacion-en-la-unidad-de-cerrolindo>

U.S. Geological Survey (2019). “Silver: Statistics and Information”. [minerals.usgs.gov](https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/). Fecha de consulta: 20/4/2019. Disponible en:

<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/>

Matheron, G. (1963). Le krigeage et la création d'un atelier d'échantillonnage. *Publications de l'Institut de Géologie de Strasbourg*, 21, 1-32.

Noppé, M. A. (2017). Mejora de la fiabilidad de las estimaciones y los informes sobre recursos y reservas minerales mediante auditorías y revisiones. *AusIMM Bulletin*.

<https://www.ausimm.com/bulletin/>

Salazar, H. (1983). *Estudio geológico de la región de Pullcacocha-Goyllar*. [INGEMMET, Boletín serie A1].

Tang, Z. (2024). Mineral resource estimation. In *The ECPH Encyclopedia of Mining and Metallurgy*. ECPH Publishing.

**ANEXOS:**

## Anexo 1: Instrumentos de Recolección de datos

Tabla de Procesos relacionados al muestreo de sondajes

	Ítems	Sc	Comentarios
<b>Muestreo de Sondajes</b>	Diagrama de flujo o manual de procedimiento de muestreo en sondajes coincide con la práctica actual, coinciden los manuales, y son presentados.	✓	Si, existe un procedimiento escrito.
	Procedimiento de muestreo de sondajes es consistente y repetible.	✓	Si, el proceso es repetible.
	Longitud del muestreo (core) está relacionado a estilos de mineralización y geología, son apropiados para fines de estimación de recursos.	☐	Longitud mínima es 0.3 metros - no existe un estudio acerca de la masa de muestra para cada mina, es necesario realizar un estudio para determinar el error de muestreo en cada mina.
	Se le asigna un número o código a cada muestra.	✓	Si, la codificación depende de la mina y el tipo de muestreo.
	Espaciamiento y orientación de las muestras son adecuados para los límites de mineralización y para la estimación de recursos.	✓	Si, la longitud máxima es 2 metros, solo se muestrea los tramos con mineralización visible, es el mismo estándar de muestreo para todos los tipos de mineralización. No se realiza perforación orientada.
	Masa de muestra adecuada al tamaño de partícula, mineral y ley de mineralización.	☐	No existe un estudio que defina la masa mínima de muestra por depósito
	Recuperación de muestra es guardada y considerada dentro de la estimación de recursos.	☐	La información es guardada en la base de datos, pero no es considerada dentro de la estimación
	Calculo del error de muestreo y consideraciones en el procedimiento de muestreo.	☐	No existe un estudio que defina el error de muestreo
	Orientación del corte del testigo es apropiado para el proceso de estimación de recursos.	✓	La mayoría de interceptos poseen un ángulo mayor a 60° con respecto a la estructura.
	Procedimiento de control de calidad (duplicado) para sub-muestreo	✓	Si, existe un procedimiento de duplicado de gemelas.
	Muestreo de gemelos o duplicados de intersecciones significativas.	✓	Sí, los tramos son identificados en el logueo.
Procedimiento de almacenamiento de testigos y chips - Política de retención de pulpas y rechazos posee un periodo adecuado de tiempo.	☐	Las pulpas y los rechazos no poseen una política de retención uniforme para todas las minas. Cada mina posee una política de retención diferente..	