UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

T E S I S

Exploración geológica de la veta Mary, para el incremento de recursos minerales y su viabilidad de explotación en la zona de profundización de la U.P. Carahuacra, Distrito y Provincia de Yauli, Región Junín - 2022

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Bach. Gian Carlos YANTAS MELENDEZ

Bach. John Antonio MENDOZA JANAMPA

Asesor:

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

T E S I S

Exploración geológica de la veta Mary, para el incremento de Recursos Minerales y su viabilidad de explotación en la zona de profundización de la U.P. Carahuacra, Distrito y Provincia de Yauli, Región Junín - 2022

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI	**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO**
PRESIDENTE	MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

Universidad Nacional Daniel Alcides

Carrión Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 018-2026-

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:

"EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE LA VETA MARY, PARA EL INCREMENTO DE RECURSOS MINERALES Y SU VIABILIDAD DE EXPLOTACIÓN EN LA ZONA DE PROFUNDIZACIÓN DE LA U.P. CARAHUACRA, DISTRITO Y PROVINCIA DE YAULI, REGIÓN JUNÍN - 2022"

Apellidos y nombres de los tesistas

Bach. Gian Carlos YANTAS MELENDEZ

Bach. John Antonio MENDOZA JANAMPA

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

15 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 12 de mayo del 2026

Firma Digital UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN [AVANZADA]

Firmado digitalmente por PALOMINO ISIDRO Ruben Edgar FAU 20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12.05.2026 22:01:58 -05:00

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a las personas más importantes de nuestras vidas, a Dios y nuestros padres; que con su apoyo incondicional nos ayudaron a superar los desafíos cotidianos.

Gian C. Yantas M. & John A. Mendoza J.

AGRADECIMIENTO

Es preciso y oportuno reconocer a los que hicieron posible que este anhelado proyecto se concrete, a aquellos que involuntariamente y de manera incondicional nos ayudaron moralmente para continuar con nuestra formación profesional en la rama de las ciencias de la tierra; a nuestros tutores, quienes nos guiaron durante nuestra preparación académica y profesional; finalmente reconocer a nuestro entorno amical, quienes nos acompañan en esta maravillosa aventura.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el potencial económico y la viabilidad de explotación de la Veta Mary en la U.P. Carahuacra, mediante la exploración geológica con perforación diamantina tipo Infill en los niveles de profundización. Por ello, se ejecutaron 31 sondajes diamantinos (4,192.90 metros perforados) y 1565 muestras analizadas (muestras se sondajes y canales) bajo controles de calidad QA/QC. Los resultados de laboratorio evidencian leyes de Zn entre 0.14 % y 24.82 %, Pb entre 0.01 % y 9.41 %, Cu hasta 0.86 % y Ag hasta 10.37 oz/tn, confirmando la continuidad de la mineralización en profundidad. Asimismo, el modelo global de recursos reportó un NSR promedio de 235.22 US$/tn, mientras que la zona de interés alcanzó 210.80 US$/tn, ambos muy superiores al valor de corte económico (NSR ≥ 60 US$/tn). La mayor cantidad de información obtenida con la malla Infill permitió recategorizar los recursos de Inferidos a Medidos e Indicados, bajo criterios de distancia de perforación y número de sondajes por bloque. La validación geoestadística se realizó mediante histogramas, curvas de probabilidad, sesgo global y swath plots con software especializado (Supervisor Snowden), garantizando la consistencia del modelo. Por consiguiente, los bloques recategorizados fueron incorporados en el plan de minado (LOM) y se definieron STOPES en profundización. Los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada; la perforación Infill permitió validar la continuidad de la veta, mejorar la confianza en los recursos y sustentar la viabilidad de explotación en los niveles de profundización de la Veta Mary.

Palabras clave: Exploración geológica, recursos minerales, viabilidad económica, perforación diamantina

ABSTRACT

The present research aims to evaluate the economic potential and mining feasibility of the Veta Mary at the Carahuacra Mining Unit, through geological exploration with *Infill* diamond drilling at deeper levels. A total of 31 drillholes were executed (4,192.90 meters drilled) and 1565 samples (from drillholes and channels) were analyzed under QA/QC quality control protocols. Laboratory results show grades of Zn ranging from 0.14 % to 24.82 %, Pb from 0.01 % to 9.41 %, Cu up to 0.86 %, and Ag up to 10.37 oz/t, confirming the continuity of mineralization at depth. Likewise, the global resource model reported an average NSR of 235.22 US$/t, while the target zone reached 210.80 US$/t, both values well above the economic cut-off (NSR ≥ 60 US$/t). The increased information obtained from the *Infill* drilling grid allowed for the reclassification of resources from Inferred to Measured and Indicated categories, based on drilling distance and number of intercepts per block. Geostatistical validation was carried out through histograms, probability plots, global bias, and swath plots using specialized software (Supervisor Snowden), ensuring model consistency. Consequently, the reclassified blocks were incorporated into the Life of Mine (LOM) plan, and STOPES were defined at depth. The results confirm the research hypothesis: *Infill* drilling proved to be effective in validating vein continuity, increasing resource confidence, and supporting mining feasibility in the deeper levels of the Veta Mary.

Keywords: Geological exploration, mineral resources, economic feasibility, diamond drilling

INTRODUCCIÓN

La UP Mina Carahuacra es parte del distrito minero de UEA Yauli, de Volcan Compañía Minera SAA que asociado a la transnacional GLENCORE integran un consolidado de compañía seria dentro de la industria minera. Se sitúa en el flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, en la región central del Perú. El yacimiento de Carahuacra, por su parte, se localiza en el flanco occidental del anticlinal de Chumpe, al interior de la Formación Pariatambo.

La Unidad Minera Carahuacra es una de las unidades mineras más estables en cuanto a recursos minerales y explotación dentro del grupo Glencore, la cual aporta valores de leyes altas Zn, Pb y Ag, dichos elementos han sido emplazados en sus diferentes presentaciones de asociaciones mineralógicas, las mismas que integran 33 kilómetros de estructuras importantes dentro de la unidad y por ende dentro del distrito minero de Yauli.

La veta Mary, es una de las principales estructuras mineralizadas de la unidad, se caracteriza por ser bastante definida, su extensión kilométrica de más de 1.2 Km a lo largo de la concesión de Volcan SAA lo ubica en los primeros lugares dentro del ranking de estructuras mineralizadas de gran escala. Es importante la evaluación y el proceso de exploración, que obedece por la necesidad de contribución de valores excepcionales polimetálicos a la producción de la mina, en niveles superiores e intermedias la estructura es muy definida y rica de elementos Zn, Pb y Ag; dicha información es vital, ya que se infiere un potencial no descubierto dentro de la zona de profundización, la cual es el objetivo del presente trabajo. El resultado final será la estimación de recursos minerales dentro de la zona de profundización, la cual definirá la continuidad operativa de la Veta Mary y su poder de contribución al ritmo operativo de la unidad minera.

ÍNDICE

Página

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 2

1.3. Formulación del problema 3

1.3.1. Problema General 3

1.3.2. Problemas específicos 3

1.4. Formulación de objetivos 3

1.4.1. Objetivo General 4

1.4.2. Objetivos específicos 4

1.5. Justificación de la investigación 4

1.6. Limitaciones de la investigación 5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio 7

2.2. Bases teóricas – científicas 15
2.3. Definición de términos básicos 44
2.4. Formulación de hipótesis 47
2.4.1. Hipótesis General 47
2.4.2. Hipótesis Especificas 47
2.5. Identificación de las variables 48
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores 48

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación 51
3.2. Nivel de investigación 52
3.3. Método de investigación 53
3.4. Diseño de la investigación 53
3.5. Población y muestra 54
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 55
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 56
3.8. Tratamiento estadístico 56
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica 57

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo 58
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados 88
4.3. Prueba de Hipótesis 144
4.4. Discusión de resultados 145
CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Página.

Tabla 1. Cuadro de Operacionalización de Variables.....50

Tabla 2. Cuadro Gantt – Programa de perforación. 103

Tabla 3. Cuadro resumen de muestras 105

Tabla 4. Resultado de precisión – Gemelas 106

Tabla 5. Resultado de precisión – duplicados gruesos y finos 109

Tabla 6. Resultados de Exactitud – Estándares 110

Tabla 7. Resultados de contaminación.....113

Tabla 8. Collar 115

Tabla 9. Survey 116

Tabla 10. Litología.....117

Tabla 11. Assay.....117

Tabla 12. Resumen del número de dato por tipo de litología. 132

Tabla 13. Códigos litológicos 132

Tabla 14. Códigos de alteración.....133

Tabla 15. Códigos de mineralización.....133

Tabla 16. Resume los dominios de estimación por estructura y por elemento. 135

Tabla 17. Resumen de los parámetros de búsqueda y selección de compósitos.....141

Tabla 18. Prototipo, configuración modelo de bloques 142

Tabla 19. Esquema de clasificación.....144

Tabla 20. Total Recursos Veta Mary 152

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Modelo geológico regional 20
Figura 2. Columna estratigráfica regional 26
Figura 3. Plano geológico San Cristóbal - Carahuacra 30
Figura 4. Plano geológico local (vetas-cuerpos) 32
Figura 5. Sección longitudinal formación pucará. 33
Figura 6. Plano geológico Carahuacra 35
Figura 7. Plano de Ubicación – Mina Carahuacra 59
Figura 8. Plano geológico y sección del domo de Yauli. 68
Figura 9. Plano estructural, fuerzas de tensión y compresión. 69
Figura 10. Modelo litológico tridimensional 71
Figura 11. Programa de perforación, veta Mary zona profundización 72
Figura 12. Logueo optimizado, FUSION CLIENT. 76
Figura 13. Sala de CORES. 77
Figura 14. Toma de fotografías de los CORES de perforación diamantina. 79
Figura 15. Cadena de custodia, almacén de cajas con testigos de perforación diamantina. 80
Figura 16. Delimitación de la estructura. 84
Figura 17. Ubicación de puntos topográficos referenciales. 84
Figura 18. Mineralización variada. 85
Figura 19. Toma de AV de estructuras. 86
Figura 20. Tarjeta de muestreo 87
Figura 21. Plano Geológico – control de mineralización 90
Figura 22. Plano litoestructural – Veta Mary - Mina Carahuacra 92
Figura 23. Sección longitudinal Veta Mary – recursos minerales 95

Figura 24. STOPES LOM – Valores programados 96
Figura 25. Evaluación NSR >80$ 97
Figura 26. Evaluación PV>0.80m.....97
Figura 27. Evaluación Zn>5% 98
Figura 28. Planteamiento de taladros Nv 1360 99
Figura 29. Programa de perforación propuesto.....100
Figura 30. Combinación de variables PV y %Zn – Dimensionamiento. 101
Figura 31. Evaluación información adyacente al programa de perforación. 102
Figura 32. Crystal viewer – validación de información.....119
Figura 33. Leapfrog – Revisión de errores. 120
Figura 34. Interfaz Leapfrog – cargar BD 123
Figura 35. Importación en Leapfrog mediante ODBC 124
Figura 36. Vista de labores topográficas y muestras de canal 125
Figura 37. Sección transversal taladro DDH-U-CA-16-039.....126
Figura 38. Sección transversal taladro DDH-U-CA-19-071.....127
Figura 39. Sección transversal taladro DDH-U-CA-19-087.....128
Figura 40. Esquema “Geological Model” – Leapfrog 129
Figura 41. Esquema Leapfrgo – “Surfece Chronology” 129
Figura 42. Vista en planta, estructura actualizada y canales de muestreo 130
Figura 43. Boxplot de zinc por litología, alteración y mineralización en veta Mary 134
Figura 44. Histograma para el Zinc en Veta Mary – Dominio 1. 137
Figura 45. Variograma: Plata, dominio 1 - veta Mary. 138
Figura 46. Variograma ploteada en estructura mineralizada. 139
Figura 47. Configuración del modelo de bloques. 142
Figura 48. Resultados de la perforación 147

Figura 49. Vista de Wireframe veta Mary más información recolectada 148
Figura 50. Modelo de bloques – leyes geoquímicas estimadas. 149
Figura 51. Veta Mary con valores económicos de NSR ($/ton) 149
Figura 52. Veta Mary con valores geoquímicos del elemento principal – Zn % 150
Figura 53. Veta Mary con valores de Potencia de Veta. 150
Figura 54. Veta Mary – Categorización final 151
Figura 55. Recursos Veta Mary – Total Datamine 152
Figura 56. Veta Mary y reporte de nivel de interés. 153
Figura 57. Reporte Veta Mary – Zona de interés 153
Figura 58. Zona de interés incluida en el LOM. 154
Figura 59. STOPES adicionados a niveles de profundización de Veta Mary 155

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Según el Ministerio de Energía y Minas del Perú (MINEM); en nuestro país, la principal actividad económica que genera miles de empleos (254,687 puestos directos de trabajo), es la explotación minera. Esto se debe principalmente a la gran variedad de yacimientos minerales que tienen gran potencial de acuerdo con sus leyes y volumen, que son reconocidos a nivel mundial. Los principales minerales metálicos de explotación son: oro, plomo, plata, zinc, cobre, estaño y hierro.

Ante la crisis económica surgida por la pandemia, el sector minero desarrolló estrategias muy valiosas para las Empresas Mineras con la finalidad de prolongar y expandir sus operaciones; como la Unidad de Producción Carahuacra, perteneciente a la Compañía Minera Volcan S.A.A., basado en estrategias y estudios integrales, se realiza y aplica acciones que optimicen los procesos de exploración y producción, buscando la explotación del mineral de forma racional y adecuada durante su desarrollo.

La U.P. Carahuacra evaluó y analizó los diferentes escenarios para poder hacer frente a las dificultades externas e internas por las cuales nuestro país viene

atravesando, de tal forma que estos tengan un impacto insignificante durante la producción anual. Todo esto traerá consigo generar mayores ingresos, donde se priorice en todo momento la seguridad de los colaboradores y la sostenibilidad de la unidad minera. Ante esta situación, la Unidad de Producción Carahuacra se ve en la necesidad de realizar estudios de exploración geológica, donde se integren acciones operativas de profundización la Veta Mary y obtener nuevos recursos minerales, para posteriormente derivar a una explotación económicamente viable e incrementar la vida útil de la mina – LOM (life of mine).

1.2. Delimitación de la investigación

Delimitación espacial:

La investigación se centrará en la exploración geológica de la Veta Mary en niveles de profundización, dentro de la Unidad de Producción Carahucra (U.P. Carahucra), ubicado en el distrito minero de Yauli, de la provincia y región de Junín.

En la U.P. Carahuacra, existen estructuras mineralizadas que se encuentran en explotación, pero aun es incierto el potencial y la vida útil de las estructuras mineralizada en niveles profundos, la misma que expresa una relativa expectativa geológica para la obtención de nuevos recursos minerales por debajo del nivel operativo Nv. 1340, la misma que se encuentra como nivel altamente potencial para exploración.

Delimitación práctica:

Por sus características inherentes y particulares de la estructura Veta Mary, se asume una continuidad mineralógica favorable para su desarrollo en niveles profundos debajo del Nv. 1340, considerando parámetros viables para fortalecer el ritmo operativo de la unidad minera de Carahuacra.

Para ello, se empleará métodos cualitativos y cuantitativos, para obtener información geológica, leyes y cubicación de la Veta Mary en zonas de profundización. Esto se describirá y cuantificará a partir de datos procesados en softwares geológicos.

1.3. Formulación del problema

A partir de la identificación del problema, se realiza la formulación del problema y se plantea las siguientes interrogantes:

1.3.1. Problema General

¿Cómo la exploración geológica identificará nuevos recursos minerales económicamente viables para una futura explotación e incremento de la producción de la Veta Mary en niveles profundos de la U.P. Carahuacra?

1.3.2. Problemas específicos

a) ¿Qué características geológicas de la Veta Mary en zona de profundización describirá la determinación de zonas mineralizadas potencialmente económicas?

b) ¿Cómo la perforación diamantina destinada a la evaluación de los recursos minerales será suficiente para cuantificar los minerales económicos en niveles de profundización de la Veta Mary?

c) ¿De qué manera la perforación tipo Infill determinará la estimación confiable de los recursos minerales económicos profundización de la Veta Mary que considere parámetros auditables?

1.4. Formulación de objetivos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación tenemos trazado lo siguientes objetivos:

1.4.1. Objetivo General

Incrementar un plan de exploración geológica de la Veta Mary en zonas de profundización, el cual abarca desde la adquisición de información hasta la reportabilidad de los recursos minerales económicamente viables para su futura explotación en la U.P. Carahuacra.

1.4.2. Objetivos específicos

a. Caracterizar geológicamente la zona de profundización de la Veta Mary, para la definición de zonas mineralizadas potencialmente económicas.

b. Definir las perforaciones diamantinas y metrajes de perforación de la Veta Mary, para la estimación confiable de los recursos minerales económicos a recategorizar en la zona de profundización de la Veta Mary.

c. Determinar los recursos minerales económicos de la Veta Mary en zonas de profundización empleando el tipo de perforación Infill, considerando parámetros auditables y siguiendo las mejores prácticas de la industria minera.

1.5. Justificación de la investigación

La presente investigación se realiza con un enfoque práctico, porque existe la necesidad de conocer los factores geológicos que controlan la mineralización de la Veta Mary en niveles de profundización en la U.P. Carahuacra, así mismo conocer las leyes y el tonelaje de los minerales (Ag, Pb y Cu), mediante el uso de información y softwares geológicos.

La U.P. Carahuacra para el 31 de diciembre de 2020 contaba con 2.3 MM de TM de reservas de minerales importantes, con leyes promedio de: Zinc (5.4%), Plomo (1.3%), Cobre (0.1%) y Plata (3.8 Oz/TM), los cuales son leyes de minerales

explotables considerando los términos de dilución y perdidas que ocurre durante el proceso de explotación de los frentes.

En la minera Carahuacra, durante la última década la producción principal se dio de las vetas Mary y ML, los cuales aportan leyes significativas de Zn y Ag. Esta producción disminuyo un 10.98% a partir del año 2020.

Por ende, ante la necesidad y exigencias de aportar mineral a la Compañía Minera Volcan, el presente proyecto el cual se justifica en pro de la necesidad de conocer el potencial de los recursos minerales económicos de la Veta Mary en niveles profundos, la misma que evaluara a la toma de decisiones loables para su futura explotación, por ser la principal estructura mineralizada de la Mina Carahuacra y el aporte que genera es de vital importancia. Todo ello estará enlazado con la estimación de los recursos minerales, el cual promoverá a extender el LOM (life of mine) de la Unidad de Producción Carahaucra.

La importancia de la exploración geológica recae en la necesidad de conocer la geología de la Veta Mary en niveles profundos, las mismas que expresan una continuidad favorable y de potencias considerables, para posteriormente realizar la estimación de los recursos minerales y conocer el potencial económico que llegaran a tener.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones encontradas durante el desarrollo de esta presente investigación son los siguientes que a continuación se enumeran:

- La accesibilidad, infraestructura, diseño y sostenimiento de las labores, para definir las cámaras de perforación diamantina, son limitantes debido a que retrasan el proceso para la pronta obtención de información.

- Los metros mensuales asignados para perforación diamantina (limitado), para poder cubrir la mayor extensión de la estructura mineralizada.
- El tiempo de respuesta del laboratorio para la reportabilidad de resultados de las muestras tomadas es alargado, lo cual retrasa con los avances para el cálculo de leyes y la estimación de recursos minerales.
- Otro factor es el acceso a información y data geológica sobre la exploración geológica de la Veta Mary, los cuales en gran parte son confidenciales debido a políticas de la Compañía Minera Volcan.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Peña (2023), en su tesis: “Caracterización Geoógica y Geofísica del Entorno de una Explotación Minera en el Sector de Sopuerta (País Vasco)”, para optar en grado Master Oficial en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica de la Universidad de Oviedo. Llega a la conclusión que:

> Se han llevado a cabo dos estudios: uno geológico, sobre los materiales que emergen en la cantera y sus alrededores, y otro geofísico, el cual consistió en crear líneas de tomografía eléctrica en varias áreas de la explotación. La cartografía a escala 1:2.500, que presenta la distribución de las diversas unidades geológicas reconocidas en el área de explotación, ha recopilado los datos geológicos obtenidos. Por otro lado, los hallazgos del análisis geofísico se plasman en 18 perfiles que ilustran la distribución espacial de la resistividad del terreno en profundidad. Esta ha sido vinculada con las unidades geológicas, lo que permite crear un modelo geológico de la cantera y su área circundante. Así,

el estudio actual ha posibilitado Esto ha posibilitado la distinción de áreas con un interés más elevado de explotación, lo que ha facilitado las tareas de extracción. Así, se ha comprobado la importancia de realizar un estudio geofísico y geológico en una explotación con estas características.

Zúñiga (2019), en su tesis: "Exploración Geológica del Proyecto Becker, Región Maule, Chile", para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo Universidad de Chile. Llega a la conclusión que:

> Este estudio tiene por objetivo realizar una exploración geológica para determinar la continuidad y dirección preferencial de las vetas en el proyecto Becker ubicado localidad de Abarca a 45 Km del nororiente de la ciudad de Talca, en la Región del Maule y comprende un área total de 5 km2. Los datos se obtuvieron mediante una campaña en terreno dividida en tres diferentes etapas para facilitar la obtención de estos y el alcance del estudio. Estas etapas consistían en realizar un estudio detallado en 4 diferentes zonas del camino, un estudio en la superficie recopilando la aparición de clastos de cuarzo para determinar alguna posible orientación preferencial de las vetas, y un estudio de los esteros del sector en busca de evidencias estructurales. Luego de ser procesados y analizados los datos, se identificaron diferentes alteraciones espaciadas generando halos con orientación norte-sur y una distribución externa a interna de alteración propilítica general en todo el sector, alteración argílica, silicificación y finalizando con una veta en el centro. La tendencia de los clastos de cuarzo y los afloramientos de vetas presentaban una dirección similar a las alteraciones. Con las evidencias de fracturamiento y brechización se plantea un lineamiento con rumbo norte-sur. Junto a estos datos se propone una dirección preferencial norte-sur de las vetas mineralizadas del proyecto. Se concluyo que

el proyecto Becker corresponde a un yacimiento epitermal de intermedia a baja sulfuración con vetas de cuarzo mineralizadas en oro y plata con orientación N°15E y subvertical cruzando el proyecto, con lo cual se sugiere realizar más exploraciones en la superficie y trincheras perpendicular al rumbo de las vetas mineralizadas.

Lemus (2012) en su tesis "Exploración geológica del área el Refugio, Durango, México" desarrollado en la Universidad de Chile, con el objetivo de realizar estudios geológicos del área El Refugio para efectos de la determinación del potencial exploratorio o minero, en particular orientado a la búsqueda de ambientes hidrotermales del tipo epitermales de metales preciosos. Las actividades comprenden el mapeo geológico regional a escala 1:20 000 y, con base en la selección de zonas de interés potencial, la realización de estudios detallados en áreas específicas a escala 1:2 000. Estos estudios incluyen el análisis geológico y la caracterización mineral mediante difracción de rayos X, mineragrafía y petrografía.

En cuanto a las inclusiones fluidas y la cronología, se concluye que la mineralización identificada en la región El Refugio sugiere un potencial significativo para la exploración de oro y plata, asociado a sistemas epitermales de metales preciosos. Los estudios de inclusiones fluidas respaldan esta interpretación, permitiendo clasificar los sistemas de vetas del área de estudio como depósitos epitermales de baja a intermedia sulfuración.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En el estudio realizado por Valentin (2024), en su tesis "La exploración geológica en el potencial de recursos minerales, proyecto Angélica, mina el Porvenir – Milpo 2019" con el objetivo de establecer el potencial de recursos mineros del proyecto Angélica Mina el Porvenir, utilizando la exploración geológica; llega a la conclusión:

En la región de Angélica (al este de El Porvenir) emergen una serie de vetas de Orientación este-oeste de longitudes y anchos variables, como se puede observar en la lámina 8, este grupo de vetas tiene un enorme potencial geológico que se puede examinar a futuro.

Los principales sistemas de fallas, obtenidos a partir del cartografiado litológico estructural de superficie y de labores subterráneas disponibles(antiguas). El área de estudio se encuentra afectado por tres sistemas principales de falla: Sistema de fallas NS, Sistema de fallas NO-SE y Sistema de fallas EO, los cuales controlan la deformación, el magmatismo y la mineralización en el área.

Quispe (2020), en su tesis: "Exploración geológica para incrementar reservas minerales en la mina Secutor – Arequipa", para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo Universidad Nacional del Altiplano. Concluye lo siguiente:

Se concluye que las características geológicas de la mineralización en mina Sector se encuentran emplazadas en rocas andesíticas del complejo Bella Unión, se reconocieron cuatro estructuras principales Erika, Bianca, Paula y Regional, los cuales tienen cierta simetría paralela, cuyos azimuts son de 285° a 310° y 50 a 100 metros de separación, el yacimiento forma parte de la franja mineralizada Nazca-Ocoña, los cuales están relacionados los intrusivos del Batolito de la Costa.

Soto (2012) en su tesis "Estimación de recursos por métodos geoestadísticos en la mina Cerro Lindo", con el objetivo de determinar los parámetros de Recursos Minerales de la Unidad Cerro Lindo resume que:

El método de interpolación utilizado fue la técnica del Kriging Ordinario e Inverso al Cuadrado de la Distancia, se estima el %Cu, %Zn, %Pb y Oz/tAg, en

6 dominios: OB1, OB2, OB3-4, OB5, OB6 y OB7, los recursos han sido clasificados como Medidos, Indicados e Inferidos. El desarrollo e interpretación de los variogramas se basa en la configuración establecida por las investigaciones experimentales de Matheron (1962). Esto permite establecer variogramas en varias direcciones e inclinaciones, lo que posibilita un análisis exhaustivo y la definición de los parámetros para direcciones preferenciales para el eje mayor, menor y vertical. El informe también contiene el listado de los sondajes que intervienen en la estimación, la definición de los dominios (perfiles de contacto y box plot), los variogramas e inventario de recursos a diciembre 2010.

2.1.3. Antecedentes Locales

En su más reciente estudio, Paucar (2023) en su tesis "Plan de desarrollo minero para mejorar la producción en la mina Carahuacra", con el objetivo de ejecutar el plan de desarrollo minero para mejorar la producción en la mina Carahaucra, llega a la conclusión de:

> Los recursos minerales, medidos e indicados, estimados en la Mina Carahuacra provienen de tres tipos de estructuras: Vetas, mantos y cuerpos. De dichos tipos de estructuras, las vetas representan un 69.38% con 2 371,435 Tn, los cuerpos un 15.62% con 533,729 Tn y los mantos un 15.00% con 512,870 Tn. Así mismo, los recursos minerales inferidos en vetas representan un 73.58% con 2 591,941 Tn, en cuerpos un 8.02% con 282,536 Tn y en mantos un 18.40% con 648,292 Tn. (p. 81)

Volcán Compañía Minera (2020), se tiene como antecedente principal el estudio "Informe Final de Exploraciones 2020", expuesto en la "Memoria Anual 2020" desarrollado por el equipo de exploraciones borwnfield del cluster Norte de la

Compañía Minera Volcan, integrado por las minas Carahuacra, San Cristóbal, Tíclio y Andaychagua. En este se menciona y concluye que: En la Mina Carahaucra, se tuvo un incremento en las leyes de cabeza del 7% en zinc, 67% en plomo y 67% en plata respecto al 2019. En la producción se tuvo el aporte principalmente de las vetas Mary, sistema de mantos principal y veta Jazmín. El volumen de aporte de producción se vio afectado por las restricciones debido a la covid-19, que paralizaron las operaciones desde el 16 de marzo durante 70 días. Las actividades se reanudaron el 28 de mayo de manera gradual. La exploración con perforación diamantina se direccionó al sistema de mantos principal y veta Jazmín en los niveles 920 y 1020, con lo cual se lograron recategorizar recursos indicados a medidos en los mantos principal, y en la veta Jazmín se confirmó la extensión de 150 metros de estructura mineralizada con alto contenido de plata. La producción de mineral estuvo por debajo en 52% respecto al 2019, mientras los resultados de producción de finos en zinc, plomo y plata disminuyeron en 48%, 13% y 19%, respectivamente. (pp. 68-70)

Finalmente, concluye que: en Carahuacra se viene consolidando la zona de los mantos principales, así como la veta Jazmín, con una reinterpretación de los modelos geológicos, así como la profundización de la veta Mary, que permitirán un buen desempeño en los próximos años de la mina. (p. 93)

La Compañía Minera Volcan (04 de abril, 2018) en su programa de "Junta obligatoria anual de accionistas" determina que en Carahuacra la exploración será hacia la zona de calizas en la extensión SO de las vetas Mary y ML, por otro lado, concluye que:

> El programa de exploración brownfield tiene como objetivo fortalecer la información geológica de las zonas del domo de Yauli que son más prometedoras para así maximizar su potencial, centrándose en cuatro bloques:

> La labor se enfoca en examinar estructuras mineralizadas que están cerca de la operación minera, tanto lateralmente como en profundidad, y está centrada en mantos, vetas y cuerpos con un alto potencial. Se relacionan con los que se están explotando actualmente. La tarea producirá: modelo geológico 3D, base de datos, blancos de perforación DDH determinados geológicamente y vectores de fluidos mineralizantes. Ticlio, San Cristóbal, Andaychagua y Carahuacra son los lugares donde se realiza esta actividad. (pp. 21-22)

El estudio realizado por Ramírez (2017), en su tesis "Estudio geológico y mineralización de la UP Carahuacra proyecto de exploración y estimación de recursos de la Veta Mary – Nv. 1020", el cual tuvo como objetivo preparar el proyecto de exploración por avances y sondajes en la mina Carahuacra del Nv. 1020, llega a la conclusión que:

> La rodocrosita, calcopirita, magnetita, estibina, marcasita, calcita, siderita y pirita son minerales de ganga; la galena, marmatita y esfalerita son minerales mena de la Veta Mary.
>
> La Veta Mary es una estructura principal de la mina con mineralización de Zn –Pb -Ag, con mayor aporte en tonelaje a la producción actual, su exploración está orientada hacia los extremos Este y Oeste y en profundidad.
>
> Los resultados de los últimos sondajes de exploración que se pueden ver en el cuadro 1-2, confirman la continuidad de la mineralización de la Veta Mary por debajo del NV 1020. El programa de exploración con sondajes diamantinos ha permitido estimar recursos minerales por un total de 235,400 TM, con potencia y leyes de 2.20m, 0.19 %CU, 0.16 %Pb, 6.63 %Zn y 1.82 OzAg. Con los avances horizontales en exploración se estima cubicar un total de 76,400 TM de

recursos minerales, con potencia y leyes de 2.20m, 0.04%Cu, 0.10%Pb, 6.73%Zn y 1.31 OzAg.

Por un lado, Acuña & Cajachagua (2010) dentro de su "Proyecto tajo Carahaucra norte domo Yauli – Junin" expuesto en el XV Congreso Peruano de Geológia mencionan que:

> La mineralización en el Proyecto Carahuacra Norte aparecen específicamente encajonados en una secuencia de rocas carbonatadas de edad Mesozoica (Grupo Pucara), por encima de una secuencia de volcánicos andesíticos alterados del Paleozoico (Grupo Mitu). Presenta un conjunto de características comunes a los ya clásicos cuerpos mineralizados ubicados a lo largo del Trench San Cristóbal – Carahuacra, los cuales ya han sido evidenciados y explotados en su mayoría como son: los tajos abiertos Toldorumi sur y norte, cuerpo Huaripampa, cuerpo lidio escondida el mismo tajo inicial de Carahuacra entre otros. En este proyecto de acuerdo a los trabajos realizados en el actual tajo abierto durante el 2009, algunos bancos presentan leyes de Zn alrededor de 3.5 a 4%, Pb 1-2%, y leyes de Ag en promedio alcanzan los 2 a 3 Oz/t.

La zona de las minas San Cristóbal, Carahuacra y Andaychagua fue estudiada minuciosamente por su atractivo económico y sus rasgos geológicos. Se señalan las más importantes: Los primeros mapas geológicos y los que fueron hechos por los Dillinghan, Edwards y Stone entre 1920 y 1930, quienes sentaron las bases de la zona.

En los años (1938 - 1949) muchos geólogos evaluaron la zona para encontrar evidencias de mineralización económica que justificaran la apertura de estos yacimientos y los más notables podemos mencionar A. T. Snively y S. Ridge (1944) "Geología del Área de la Mina San Cristóbal", Wilson (1963) y los informes privados de los diferentes geólogos de la Cerro de Pasco Copper Corporation entre ellos N.

Rivera, Lacy, Craton, H. Kobe, Terrones, en “Geología General y Metalogenia del Domo de Yauli”, A. Benavides, V. Petersen sobre “geología regional”; el trabajo más relevante es el de F. Megarst (1978), sobre el grupo Pucará tenemos a Szekely et al (1972), O. Palacios (1980); sobre mineralogía regional a G. C. Amstutz (1961), V. Petersen (1965), D. Borkowsky (1975), H.W. Kobe (1977), Gunnesch et al (1990); sobre mineralización local a Snively (1946), P. A. Tosi (1956), W. A. Lyons (1968), J. C. Samana et al (1983), M. Bartlett (1984), M. Dalheimer (1985).

En 1983 F. Vera estudió la “Reinterpretación Genética de la mineralogía en el Domo de Yauli”. Geólogos de Centromin Perú S.A. contribuyeron cada uno de ellos al mejor entendimiento geológico de estos complejos depósitos minerales y en consecuencia al establecimiento de un activo centro minero que constituye Carahuacra.

Desde unas décadas atrás, hasta la actualidad las empresas mineras se ven en la necesidad de expandir sus recursos minerales a través de estudios geológicos, esto a través de procesos de exploración del tipo “Green Field” y “Brown Fiel”. En el caso de estudio aplicaremos el tipo de exploración “Brown Field”, el cual se encarga de realizar estudios detallados dentro de las U.M. las cuales están en actividad de explotación, con la finalidad de incrementar sus recursos minerales y alargar la vida útil de la mina. Esto se vio mucho más impulsada desde los años 2014 y con mucha mayor fuerza en el 2021 debido a la caída de precio de los metales, para de tal forma abastecer los costos operativos que demanda la extracción de los metales.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Aspectos fisiográficos

A. Relieve

El relieve de la zona en estudio se caracteriza por un marcado intemperismo, facilitando el trabajo de los agentes erosivos, sufriendo

varios ciclos y procesos geomórficos teniendo un paisaje compuesto, quedando la topografía actual abrupta y variada, planicies con extensiones importantes desde el pueblo de Yauli hasta la cuidad de la Oroya con elevaciones, valles maduros y jóvenes. (Ramírez, 2017)

B. Geomorfología

Llama la atención en primer orden la gran altitud sobre el nivel del mar y su relieve irregular, característico de nuestra morfología andina. Las altitudes de la zona de estudio varían de 4500 a 5200 m.s.n.m. (Nevado Chumpe) esto en las inmediaciones de la Mina San Cristóbal-Carahuacra-Andaychagua; según la división altimétrica de J. P. Vidal (1948), estos lugares corresponden la región Puna (4100 a 4800 m.s.n.m.) y Janca (4800 m.s.n.m. a más). La zona se caracteriza por su gran altitud y relieve irregular en contraste con los valles en U a los que se les asigna un origen glaciar, entre ellos se tiene el valle glaciar Carahuacra, Andaychagua, Chumpe, y el valle de Yauli.

Los valles son de diferentes orientaciones, pero las principales tienen la dirección predominante en el valle glaciar de Carahuacra de SE a NW, en el valle de Andaychagua es de SW a NE, al W y E del anticlinal Chumpe respectivamente, en el valle de Yauli cuyo nacimiento es en la laguna de Pomacocha tiene una dirección de SW a NE, por el cauce de estos valles discurre pequeños ríos los que toman el nombre del mismo valle, estos son de curso permanente, pero de caudal fluctuante y poco torrentosos.

C. Hidrografía

El agua es un recurso natural de gran importancia en toda la región, no solamente para la agricultura, sino también para el progreso de varias

actividades y la capacitación del ecosistema facilitando la actividad de la fauna y la flora. Localmente hay lagunas y ríos, el rio Andaychagua nace de la laguna Lacsacocha, el rio Yauli inicia su recorrido de la laguna Pomacocha, al cual confluyen pequeños ríos como Carahuacra y quebradas de cursos temporales, todos los anteriormente nombrados son tributarios y drenan al Rio Mantaro que nace de las estribaciones del nevado Ticlio, pasa por la ciudad de la Oroya llegando a la Laguna Junín, regionalmente se une con el rio Apurímac siguiendo su curso como parte integrante de la vertiente del Atlántico. (Ramírez, 2017)

D. Drenaje

La zona está drenada por el rio Carahuacra que nace a 1.5 Km al SE de San Cristóbal, se alimenta del derretimiento de las precipitaciones sólidas del nevado Chumpe, corre hacia el NW por el valle del mismo nombre y fluye sus aguas al rio Yauli en el lugar denominado Victoria, esta última nace en la laguna Pomacocha y las aguas de la laguna Chumpe son aprovechadas para el laboreo minero de San Cristóbal-Carahuacra. (Ramírez, 2017)

E. Clima

El clima predominante en la zona es frío y seco, como corresponde a altitudes superiores a los 4.500 m s. n. m. Se distingue por dos estaciones bien marcadas a lo largo del año: la estación húmeda o de lluvias, que abarca de noviembre a abril, caracterizada por precipitaciones generalmente sólidas (nevadas y granizadas); en este período, las temperaturas varían entre 15 °C y 0 °C, con amplias oscilaciones diurnas y nocturnas. La estación seca que corresponde a los meses restantes, en la

cual cesan las lluvias y desaparecen las nubosidades, pero hay precipitaciones solidas esporádicas, el frío se torna más fuerte alcanzando temperaturas bajo 0°C sobre todo en las primeras horas de la madrugada. (Ramírez, 2017).

F. Vegetación

Las condiciones climáticas de la zona favorecen el desarrollo y la abundancia de una vegetación dominada por gramíneas que pueden superar el metro de altura, destacando la paja de puna conocida comúnmente como "ichu". Las inclemencias del clima impiden la existencia de suelos aptos para el cultivo en la región, por lo que los pobladores dependen de recursos provenientes de los valles de Tarma y Mantaro.

Abundan también otras especies de vegetales, pero en menor proporción que el ichu, la población del lugar le da un uso medicinal, se puede mencionar la Huila-Huila, la Escorzonera, la Huamanripa, arbustos como la Cunuca, Huamanpinta, Crespillo y otras variedades rastreras como la Champa y la Yareta. (Ramírez, 2017)

2.2.2. Marco geológico regional

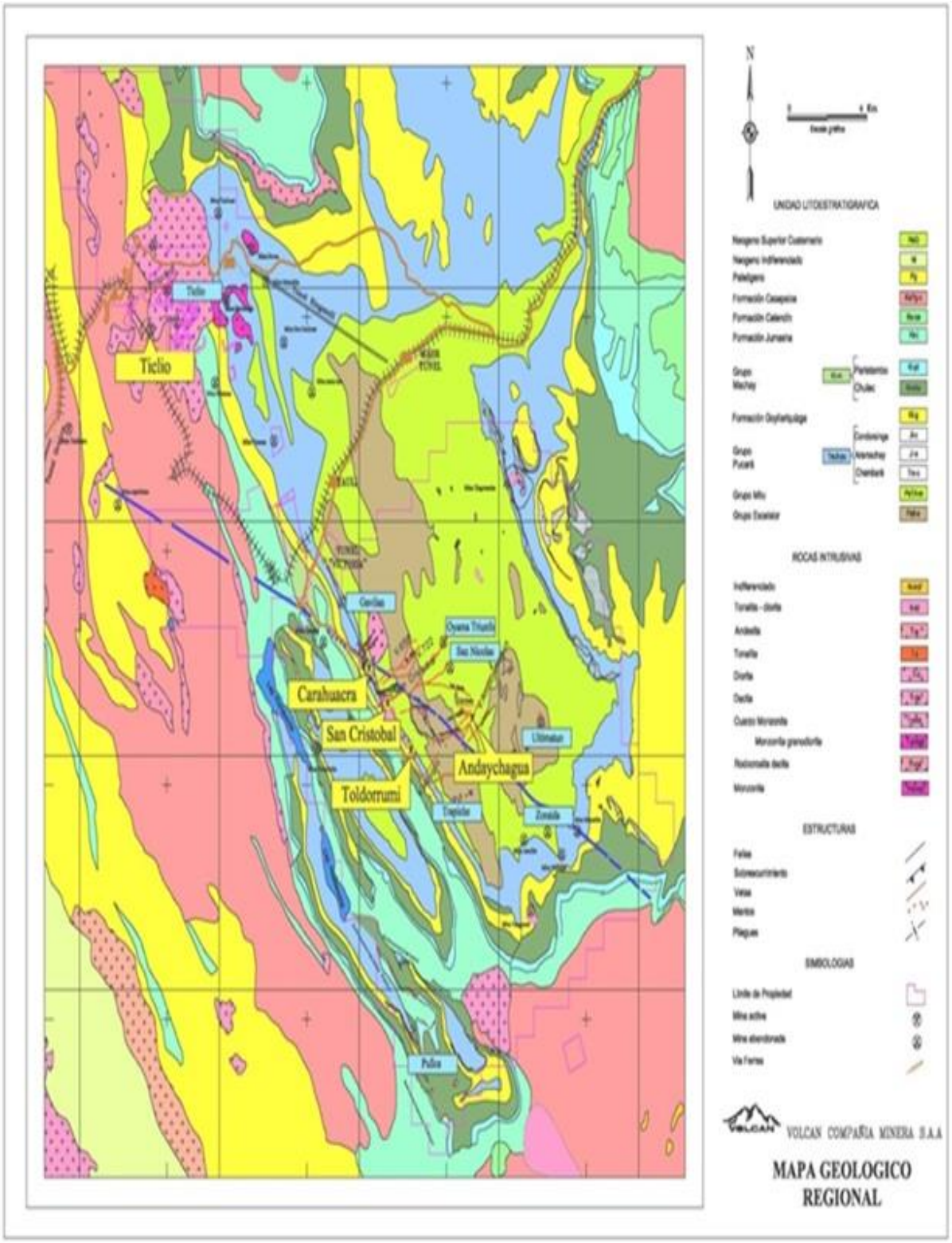
El distrito minero San Cristóbal, Carahuacha está localizado en la parte Sur Oeste de una amplia estructura regional de naturaleza domática que abarca íntegramente los distritos de San Cristóbal y Morococha, conocida como el complejo Domal de Yauli, en donde existen mineralizaciones polimetálicas de Cu-Pb-Zn-Ag situadas cerca de las unidades mineras de San Cristóbal, Carahuacra, Andaychagua y Tíclio. Estas mineralizaciones están relacionadas espacialmente al gran “sistema porfirítico” de Chumpe (intrusivos ácidos) que presenta un cierto zoneamiento regional que distribuye el dominio de las mineralizaciones, la morfología que exhibe el Domo

de Yauli es rectangular, orientada según pliegues y fracturas del dominio andino NW-SE, en donde aparece el “zócalo paleozoico” (metamórfico) en la zona central de esta ventana tectónica, tiene dos pisos: El inferior formado por el Grupo Excélsior y el superior por el Grupo Mitu; mientras que los flancos son cubiertos por rocas sedimentarias mesozoicas como las calizas del Grupo Pucará, Grupo Goyllarisquizga, Grupo Machay y formaciones Jumasha (Ramírez, 2017).

La Mina Carahuacra se ubica en el flanco occidental del Anticlinal de Yauli, una extensa estructura domática que forma parte del Complejo Domal de Yauli: una ventana paleozoica excavada en la faja mesozoica intracordillerana.

El Paleozoico consta de dos unidades principales, el Grupo Excelsior (base) y el Grupo Mitu (cima); el primero aflora en el anticlinal de Chumpe (oeste) y Ultimátum (este), mientras que el Mitu domina el resto del domo. Los márgenes están delimitados por formaciones mesozoicas: Grupos Pucará, Goyllarisquizga y Machay, así como la Formación Jumasha.

Figura 1 *Modelo geológico regional*



Notas. Cuerpos intrusivos y capas extrusivas testifican la actividad ígnea en la zona.

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

Secuencia Litológica

En la Mina Carahuacra, la secuencia litológica se extiende desde el Paleozoico hasta el Cretácico Superior.

Estratigrafía

En el área de Carahuacra se conocen las siguientes unidades litológicas:

Silúrico - Devónico

Grupo Excélsior

Las formaciones rocosas más antiguas que afloran en el área pertenecen al grupo Excelsior y conforman el núcleo del Anticlinal Chumpe. La potencia total de este grupo es desconocida, sin embargo, J.V. Harrison (1943) determinó una potencia de 1800 metros para una secuencia equivalente en los alrededores de Tarma. El grupo Excelsior está conformado predominantemente por filitas (lutitas metamorfoseadas) con intercalaciones de cuarcitas, vulcanitas verdes y bancos calcáreos marmolizados con fósiles (crinoideos); todo este conjunto está intensamente plegado, con las formaciones de esquistosidad subparalela a los planos axiales de los pliegues.

La mineralización dentro de este grupo es reconocida, primordialmente en filones, además de la descrita por H.W. Kobe, quien da lugar a dos tipos; un tipo manto en la mina Ultimátun de Fe, Zn, Pb, Ag; y la otra estrictamente estrato-ligada ubicada en el anticlinal Ultimátun, de Ni, Co, As (Sb), Fe, S.

Pérmico

Grupo Mitú

Distintamente sobre las rocas del grupo Excelsior sobreyacen una serie de volcánicos, constituidos por derrames andesíticos, y dacíticos, brechas, aglomerados y tufos, formando una serie variedad que localmente es conocida como volcánicos

Catalina; hacia la parte superior de esta serie volcánica, particularmente hacia el NE aparece una serie vulcano-sedimentaria con conglomerados y areniscas.

La mineralización asociada a este grupo está ampliamente documentada en todo el Domo de Yauli, donde se manifiesta predominantemente en forma de filones y mineralización diseminada.

Dado su carácter irregular, el espesor total del Grupo Mitu es variable; al oeste de la mina San Cristóbal, la potencia de los volcánicos de la Formación Catalina alcanza aproximadamente los 800 metros. La edad del grupo Mitu fue considerada como del Carbonífero superior (Mc Laughlin 1940) y posteriormente asignada al Pérmico.

Jurásico

Grupo Pucará

El Grupo Pucará, un conjunto de facies calcáreas, reposa en marcada discordancia sobre el Grupo Mitu. Este conjunto se divide en tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga (en el área solo se registraría la porción superior de Aramachay y Condorsinga). Dichas formaciones mantienen una estrecha relación con la mineralización económica de la zona. A continuación, se realiza una caracterización estratigráfica de ese grupo que fue descrita por varios geólogos, entre los cuales citamos a Harrison (1949), Szekely y Grosse (1972), F. Mégard (1978).

- La **Formación Chambará** (Triásico superior), inicia con una secuencia terrígena en su base, sobre la cual se desarrolla un paquete calcáreo dominado por calizas, calizas dolomíticas y dolomitas. Estas se separan por niveles calcáreo-arcillosos y finos tufos de escasos centímetros de espesor. Las rocas carbonatadas exhiben un color gris claro que pasa a negro, aparentemente relacionado con un aumento progresivo en el contenido de materia orgánica. Aunque infrecuentes, se observan brechas intraformacionales monogénicas.

La **Formación Aramachay** (Liásico: hetangiano - Sinemuriano), se caracteriza por el predominio de pizarras limosas, acompañadas de areniscas de grano fino, calizas y capas de chert. Las calizas forman bancos de 20 a 50 cm de espesor, a menudo de morfología lenticular, o bien nódulos discoidales que pueden alcanzar hasta un metro de diámetro. Asimismo, se registran niveles vulcano-detríticos. El conjunto adquiere un tono negro con una pátina bruno-lilácea muy distintiva. El conjunto tiene un tinte negro y una pátina bruno-lilácea muy característica.

La Formación Condorsinga (Liásico Toarciano) se caracteriza por el predominio de pizarras limosas, acompañadas de areniscas de grano fino, calizas y capas de chert. Las calizas forman bancos de 20 a 50 cm de espesor, a menudo de morfología lenticular, o bien nódulos discoidales que pueden alcanzar hasta un metro de diámetro. Asimismo, se registran niveles vulcano-detríticos. El conjunto adquiere un tono negro con una pátina bruno-lilácea muy distintiva.

La mineralización vinculada a este grupo es bien conocida en la región central del Perú. En el área de estudio, se manifiesta en mantos localizados en el techo de la Formación Aramachay y la base de la Condorsinga, con espesores que oscilan desde centímetros hasta varios metros. La paragenesis mineral incluye principalmente esfalerita, hematita, minerales de plata y carbonatos como siderita y rodocrosita, entre otros.

Cretácico Inferior

Grupo Goyllarisquizga

Sobre el Grupo Pucará se superpone en discordancia paralela el Grupo Goyllarisquizga, el cual se acumuló en dos fases deposicionales sucesivas. La primera fase corresponde a depósitos de granulometría fina a muy fina, con facies de llanura aluvial caracterizadas por pelitas rojas y escasas intercalaciones de areniscas de

desbordamiento; estas evidencian un ambiente climático semiárido, reflejado en la intensa oxidación de las pelitas. En la segunda fase, se produce un cambio abrupto, con la deposición de areniscas de grano medio a muy grueso, junto a niveles conglomeráticos que incluyen troncos de árboles silicificados, en un contexto de mayor humedad y significativa actividad volcánica, manifestada por intrusiones sill-like de basalto. En la zona de San Cristóbal, este grupo alcanza un espesor de aproximadamente 100 metros. Cronostratigráficamente, se le ha asignado al Cretácico inferior (Valanginiano-Aptiano).

Cretácico Medio

Grupo Machay

Formación Chúlec, originalmente descrita por McLaughlin (1924) como el miembro inferior del grupo Machay, fue elevada al nivel de formación por Benavides (1956). Esta formación, de composición enteramente carbonatada, se caracteriza litológicamente por una alternancia de calizas y margas típicas de un ambiente de plataforma externa; resulta altamente fosilífera y representa la primera unidad cretácica en los Andes Centrales con una datación precisa y confiable. La secuencia completa muestra una intensa bioturbación. Su espesor varía entre 250 m inmediatamente al suroeste de Morococha y 350 m en Carahuacra. La base de la Formación Chúlec se define por el primer nivel calcáreo sobre las areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga y se asigna al Albiano medio.

La Formación Pariatambo, originalmente definida por McLaughlin (1924) como el miembro superior del Grupo Machay, se reconoce actualmente como una formación independiente. Esta unidad se distingue fácilmente en el paisaje por su coloración negra típica, baja resistencia a la erosión y litología monótona, compuesta por una alternancia de bancos margo-calcáreos claros y oscuros, generalmente muy

bituminosos, que emiten un olor fétido característico. Los niveles claros consisten en mudstones con packstones calcáreo-dolomíticos, ocasionalmente ligeramente siltosos, mientras que los bancos oscuros son margas calcáreo-dolomíticas altamente bituminosas. Depositada en un ambiente de plataforma relativamente profunda y aislada, la formación alberga abundantes ammonites bien preservados y restos de peces. Su techo se marca por la aparición de sílex, que en algunos sectores forma bancos decimétricos con intercalaciones dolomíticas. Las variaciones en espesor son moderadas, oscilando entre 50 y 75 m; los valores extremos se registran en Morococha (15 m) y San Cristóbal (130 m), donde en este último sitio también se intercalan unos 10 m de areniscas finas en la porción media de la unidad.

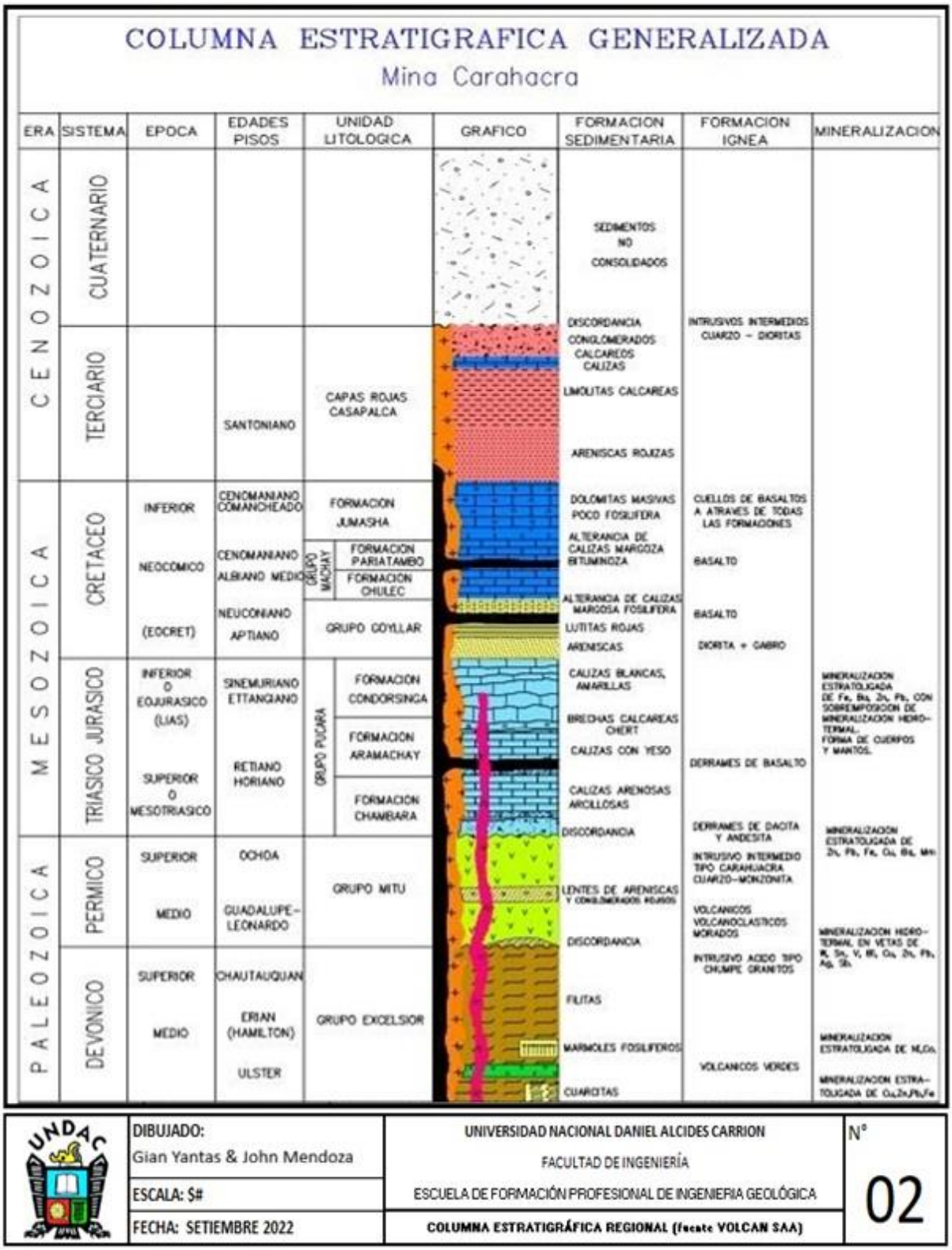
Intrusivos

A lo largo del Anticlinal de Yauli, se observan pequeños Stocks de monzonita cuarcífera, dique de andesita y diabasa. En Carahuacra hay un dique de diabasa que atraviesa la apófisis norte del Intrusivo Carahuacra y rastrea sin alteraciones en el Túnel Victoria.

Intrusivos Carahuacra

Se localiza al este de la mina, intruyendo formaciones premesozoicas. Presenta una forma alargada en dirección N-S, con dimensiones de 1.100 m de longitud por 850 m de ancho, y una apófisis de 550 m en su margen norte. Muestra textura porfírica, compuesta principalmente por feldespatos, con menor proporción de biotita y cuarzo en una matriz afanítica; se clasifica como cuarzo monzonita.

Figura 2 *Columna estratigráfica regional*



Nota. Se observa la columna estratigráfica de la Mina Carahuacra.

Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Plegamiento

La mina Carahuacra se ubica en el flanco occidental de la estructura regional dominante del Domo de Yauli, una amplia anticlinorium que se extiende unos 35 km en dirección longitudinal (desde San Cristóbal hasta Morococha) y 10 km transversalmente, con un rumbo promedio de N 40° O. Esta estructura es asimétrica: su flanco este presenta buzamientos entre 30° y 40°, mientras que el flanco oeste alcanza entre 60° y 80°. Está compuesta por una serie de anticlinales y sinclinales, destacando entre los primeros el Anticlinorio de Chumpe y el de Yauli (también conocido como Ultimátum), cuyos ejes siguen rumbos entre N 35° y 40° O.

El Anticlinorio de Chumpe se sitúa en el extremo occidental; su flanco oeste buza 55° hacia el SO, y el oriental, 30° hacia el NE. Su núcleo está formado por rocas del Grupo Excelsior, el flanco occidental por calizas del Grupo Pucará y areniscas del Grupo Goyllarisquizga, mientras que en el flanco oriental se extienden por varios kilómetros las rocas del Grupo Mitu, cubiertas a su vez por las del Grupo Pucará. Se le considera el extremo suroeste del Domo de Yauli, zona de mayor intensidad plegamiento.

En la región se reconocen dos períodos tectónicos principales: el primero, de edad Pérmico inferior y denominado Tectónica Tardihercínica, responsable del intenso plegamiento de las filitas del Grupo Excelsior; el segundo, la Tectónica Andina, que afectó principalmente a las rocas mesozoicas, inició a finales del Cretácico y se prolongó durante el inicio y mitad del Terciario. Dentro de esta última, se distinguen tres fases en la Cordillera de los Andes: la "Peruana" (fines del Cretácico, previa a la deposición de las capas rojas), la "Incaica" (principios del Terciario, la más intensa, seguida de un episodio de actividad ígnea) y la "Quechua" (mitad del Terciario).

Fracturamiento

El fracturamiento en el área de la Mina Carahuacra parece derivar de las fuerzas compresivas e intrusivas responsables de la génesis del Domo de Yauli.

Hacia fines del Cretácico, durante el plegamiento "Peruano", fuerzas compresivas con dirección NE-SO iniciaron la formación del anticlinal Chumpe. Con el incremento de intensidad durante el plegamiento "Incaico", los estratos inferiores de calizas resbalaron sobre los volcánicos subyacentes, generando un sistema de fallas inversas repetidas asociadas a pliegues de arrastre (los cabalgamientos y fallas inversas observados al oeste de San Cristóbal en las calizas del Grupo Pucará podrían formar parte de este conjunto, según Szekely, 1967). Momentáneos pulsos tensionales, al cesar temporalmente las compresivas, originaron fracturas longitudinales paralelas al eje del anticlinal Chumpe, posteriormente rellenadas por diques de alaskita en su núcleo.

La persistencia de las fuerzas compresivas favoreció el desarrollo de fracturas de cizalla con rumbo E-O, como la veta principal San Cristóbal y la veta Virginia (al pasar a las filitas), así como la veta Prosperidad.

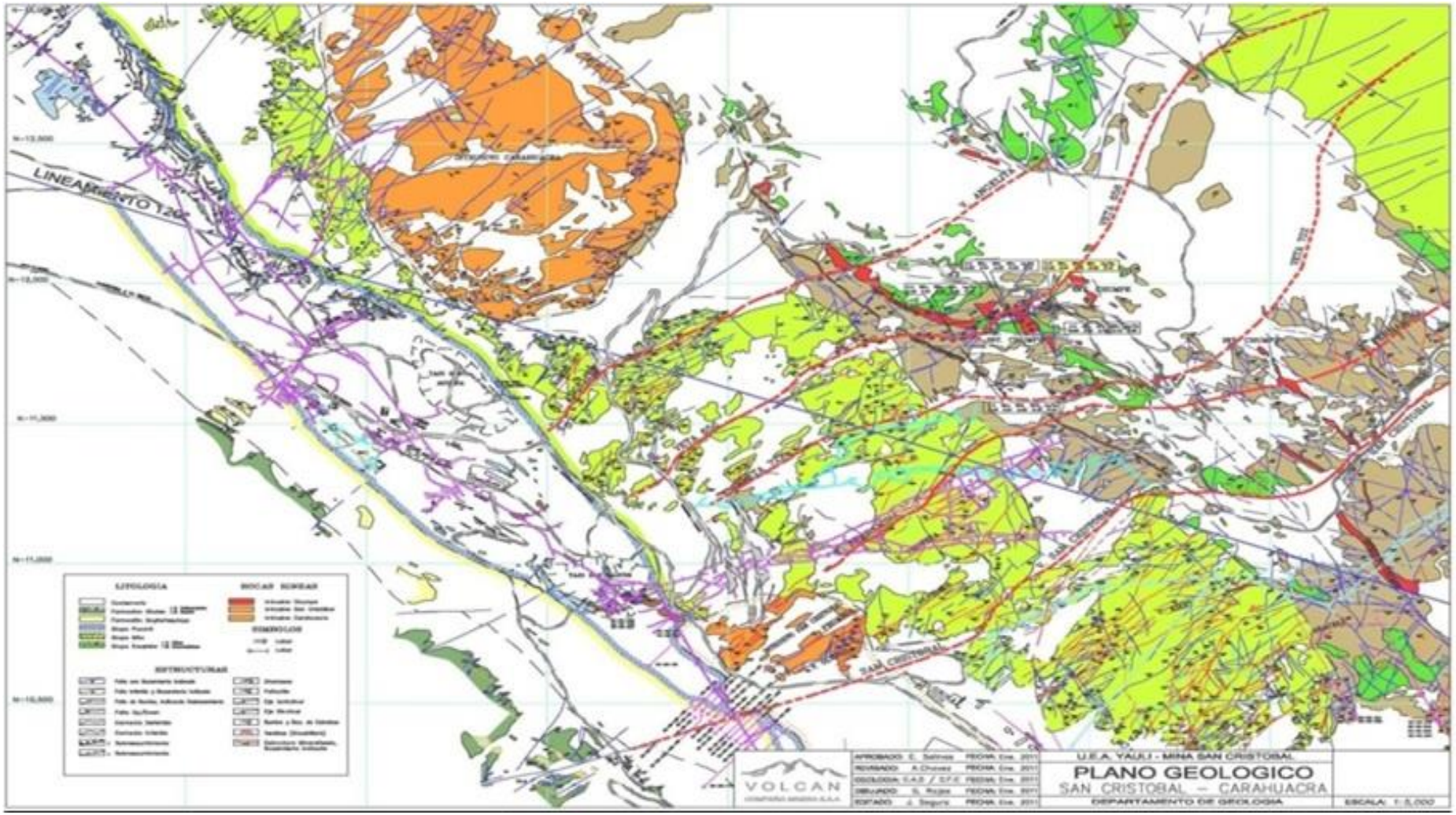
En el plegamiento "Quechua", el anticlinal Chumpe continuó bajo influencia compresiva; además, la intrusión de stocks de cuarzo monzonita provocó un levantamiento y arqueamiento de la estructura, generando fracturas de tensión en la zona de los volcánicos, tales como las vetas Virginia, Ferramina, San Cristóbal, Catalina y Polonia.

2.2.3. Geología Económica

La complejidad geológica del distrito ha dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales que se extienden ampliamente a lo largo de toda la concesión de la empresa minera VOLCAN SAA, clúster NORTE.

Durante la última etapa de plegamiento "Quechua" y la formación de las fracturas de tensión, surgió el período de mineralización; soluciones mineralizantes generadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera, los cuales invadieron el área que dieron lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos. Sin embargo, es necesario afirmar el origen de los mantos y cuerpos, fueron rellenados y/o reemplazadas indistintamente por soluciones hidrotermales, a través de canales alimentadores (feeders).

Figura 3 *Plano geológico San Cristóbal - Carahuacra*



Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

Vetas

Las vetas o filones fueron creados fundamentalmente por el relleno de fracturas, y aquellas que se formaron a lo largo de fracturas de tensión tuvieron una mineralización más adecuada. Las fallas de cizalla no tuvieron una buena mineralización debido a que contenían demasiado panizo.

Se ubican en todo el distrito minero, siendo los volcanes del Grupo Mitú donde se desarrollan más.

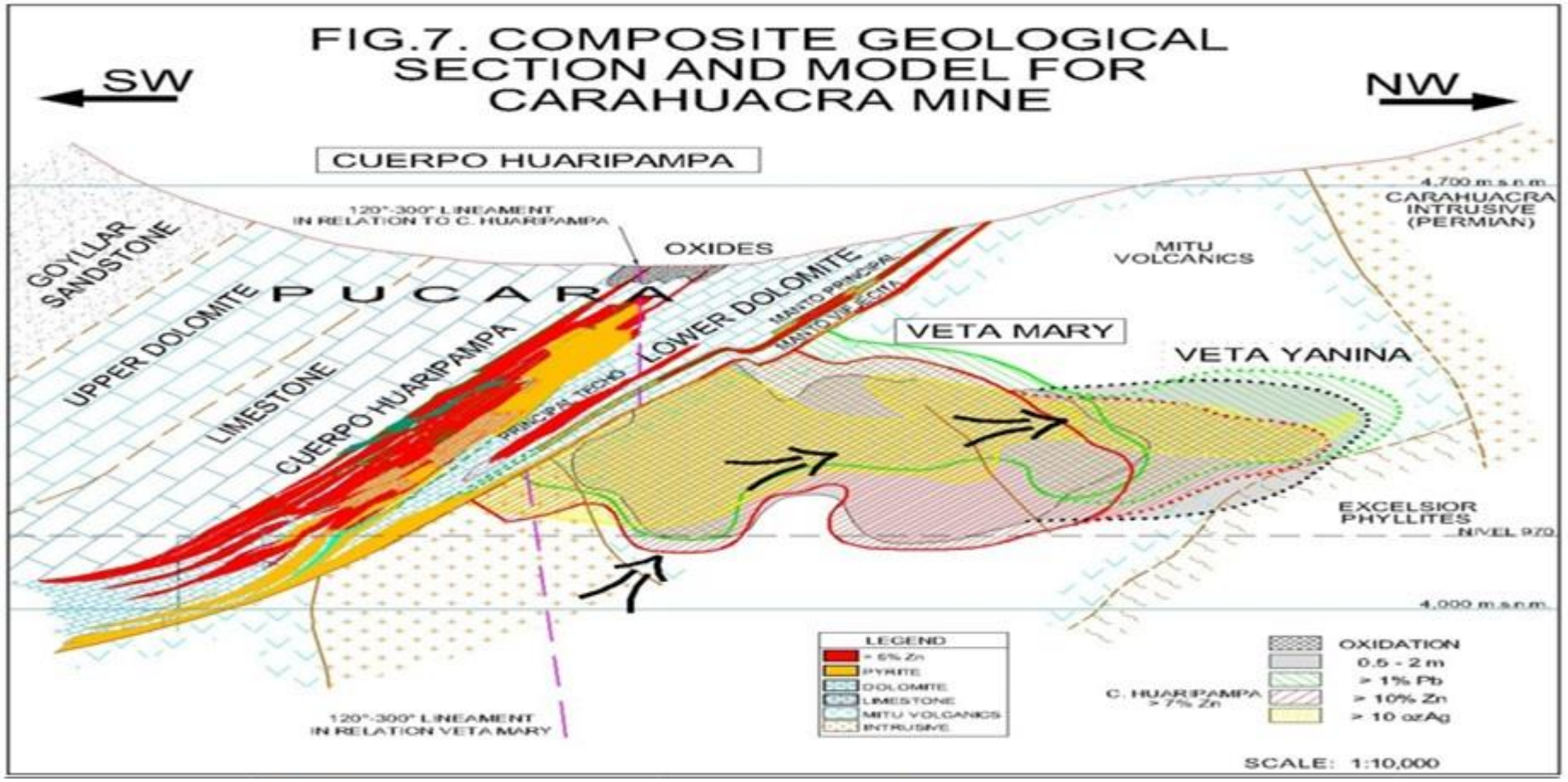
Mantos

Los Mantos están localizados en el lado oeste del anticlinal, en las calizas Pucará. Se sitúan de manera concordante con la estratificación desde la zona de contacto con los volcánicos Mitú.

Cuerpos

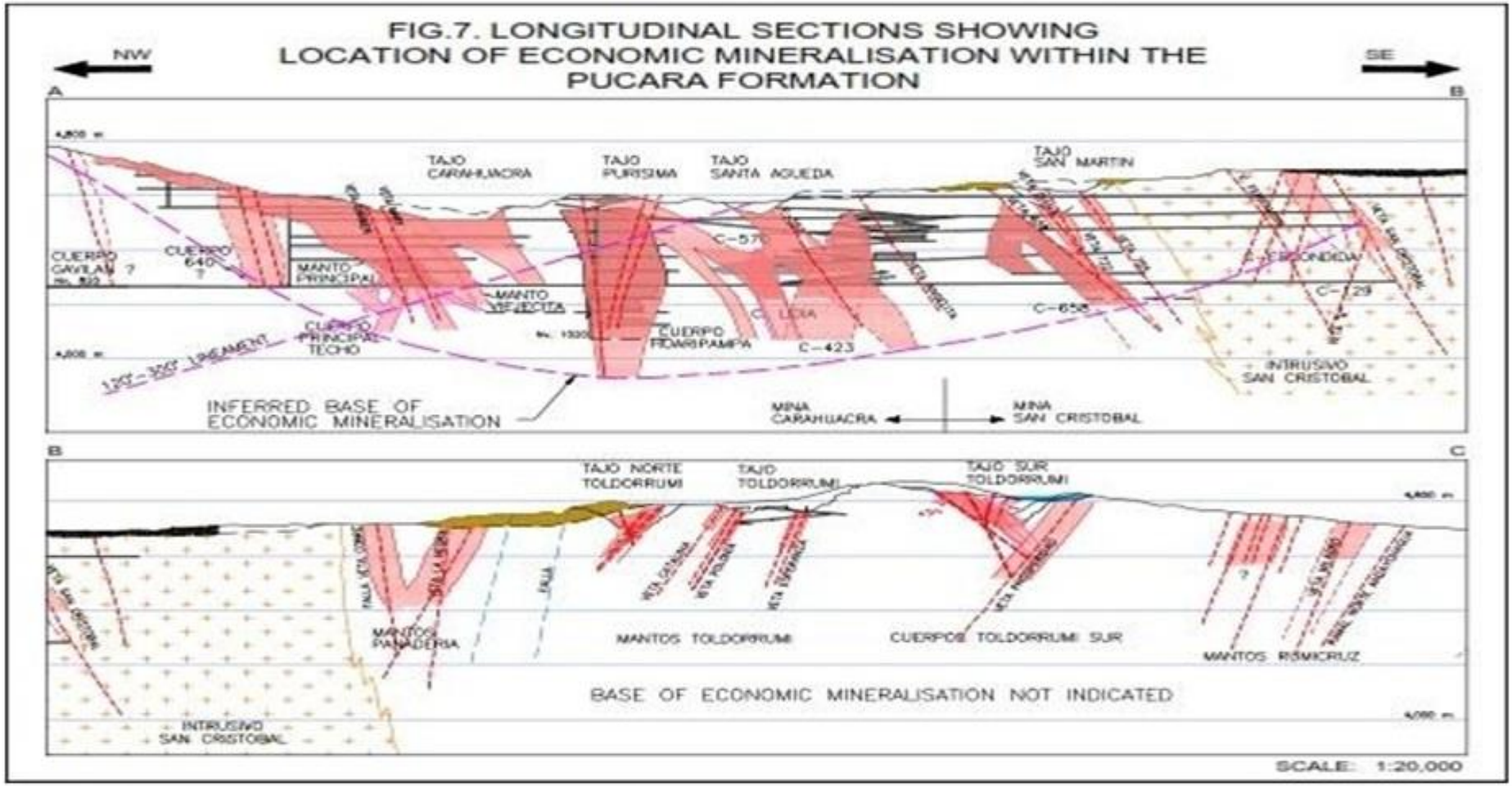
Los mantos, al igual que las calizas Pucará, se hallan ubicados en el lado occidental del anticlinal y surgen de la combinación de distintos mantos o de la intersección entre una veta y un manto.

Figura 4 *Plano geológico local (vetas-cuerpos)*



Fuente: Volcan Compañía Minera.

Figura 5 *Sección longitudinal formación pucará.*



Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

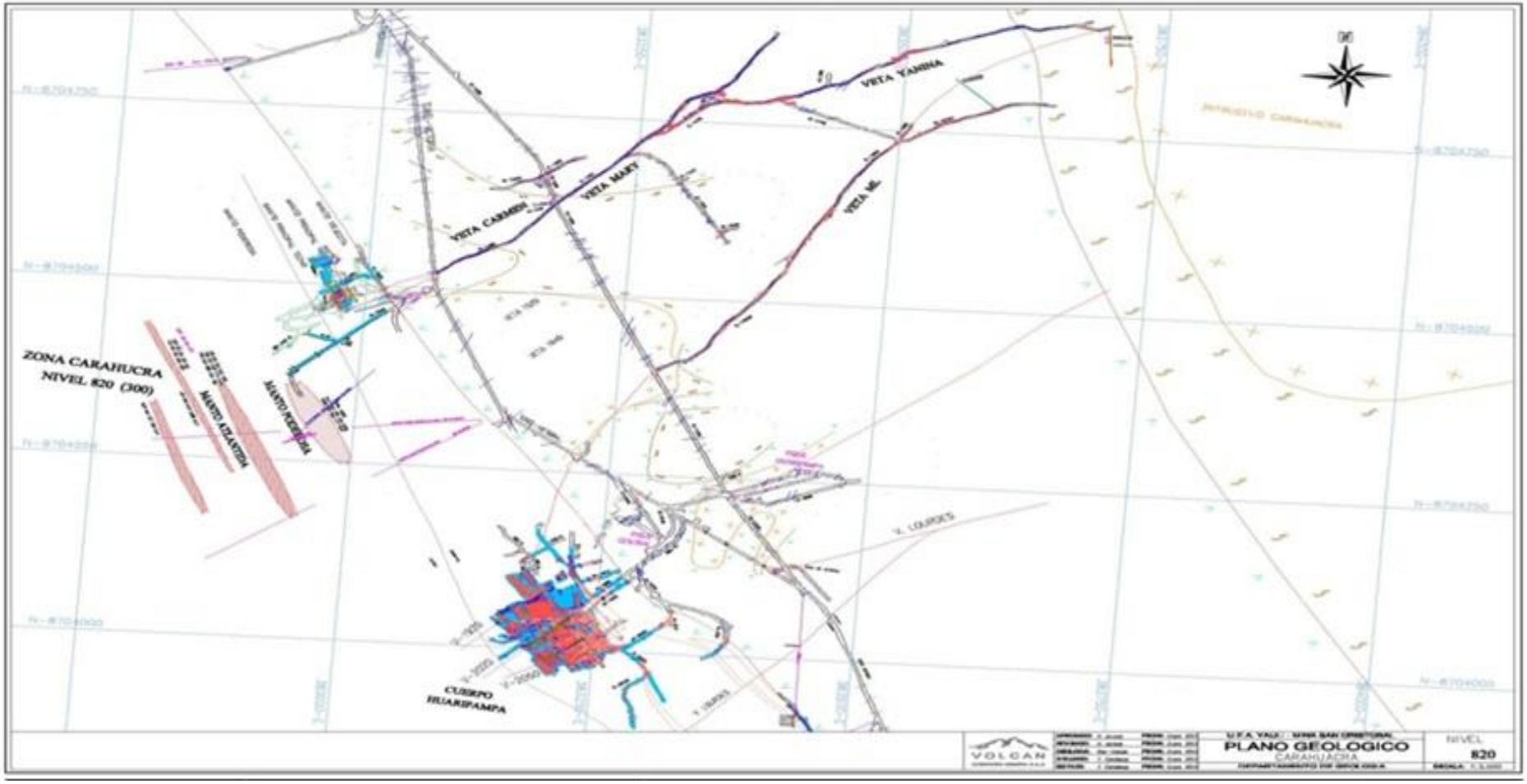
2.2.4. Sistema de Vetas Carahuacra

El sistema de vetas Carahuacra está compuesto por estas vetas: Mary:

Ramal Mary, M.L., Yanina, Carmen, Ruth y Penélope son las que más extensión la veta de M.L. y Mary, que han sido mineralizadas a través de alrededor de 600 metros. Y 500 metros. en ese orden.

El ancho de las vetas es variable en los distintos tipos de rocas durante toda su extensión, las vetas tienen una potencia que fluctúa desde unos pocos centímetros hasta 8.00m, por lo general, aparecen en forma de Rosario.

Figura 6 *Plano geológico Carahuacra*



Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

Mineralización

Los minerales más comunes que ocurren en el sistema de vetas Carahuacra son: esfalerita, galena, minerales de plata, pirita, hematita, cuarzo, carbonatos, marcasita, baritina.

Los carbonatos que ocurren son: calcita, siderita, rodocrosita, los minerales de plata son; la tetraedrita con inclusiones de esfalerita y galena, pequeñas cantidades de hematita, marmatita, barita, marcasita y se encuentran al este del túnel Victoria en rocas volcánicas.

Zoneamiento y Paragénesis

Los minerales se presentan formando bandas paralelas dentro de las vetas, la paragénesis es de la siguiente manera; esfalerita – pirita – carbonatos, esfalerita – pirita – galena – carbonatos, esfalerita – pirita – cuarzo.

Hacia el este disminuye gradualmente de pirita – esfalerita, pasando por pirita, hasta el contacto volcánico y filitas, en roca filitas solo se presenta traza de pirita con puntos de cuarzo lechoso.

Alteraciones de Rocas Encajonantes

Presenta tres zonas de alteración: inmediatamente a la veta existe silicificación de unos cuantos decímetros y la alteración argílica alcanza hasta 20 metros y la zona de cloritización superior a 10 metros.

Controles de Mineralización

La mineralización del Sistema de vetas Carahuacra presenta control estructural y litológico: el control estructural está representado por las fracturas tensionales del área que permitió la circulación de soluciones mineralizantes, es importante tener presente que las diferentes pulsaciones dieron lugar a las diferentes bandas de minerales.

El control litológico está determinado por los diferentes tipos de rocas encajonantes a lo largo del sistema de vetas: La veta Yanina y M.L., en roca volcánica su ensamble es de; esfalerita – galena – pirita, más hacia el este en filita el ensamble es pirita – cuarzo.

2.2.5. Mineralización en Cuerpos

Concordante con las calizas y tufos del grupo Pucará, se desarrollan mineralizaciones en forma de mantos, los cuales, a mayor, profundidad cambian hacia cuerpos irregulares de mineral. Es relevante subrayar que estos mantos se encuentran a partir del contacto de las calizas con los volcanes y se extienden durante su longitud. Se producen cuerpos minerales de forma irregular en los lugares donde este contacto es interrumpido por fracturas que cruzan el anticlinal, como por ejemplo los sistemas de vetas 1920, 2020, 2050, Mary, Carmen y 1520. Es importante señalar que los mantos y los cuerpos son el resultado de procesos de relleno o sustitución por soluciones hidrotermales, que se canalizan mediante canales alimentadores.

De acuerdo con los estudios más recientes realizados en 1999 por el Dr. Robert Moritz, de la Universidad de Ginebra (en colaboración con Volcan), los análisis isotópicos de Pb revelan que el plomo de las vetas y cuerpos minerales es coetáneo y proviene de una única fuente, al igual que el zinc. Esto confirma el carácter predominantemente epigenético de la mineralización.

Mineralogía

La mineralogía de esos cuerpos está compuesta por: magnetita, marcasita, siderita, cuarzo, galena, hematita, pirita y barita.

Alteración de la Roca Caja

El nivel y la clase de alteración están vinculados con el tipo de roca huésped. La caliza está en gran medida dolomitizada, silicificada y recristalizada; además, se puede observar la creación de brechas de solución y estructuras cársticas. La roca volcánica presenta fuerte silicificación variando a sericitización, cloritización y argilización principalmente en las zonas de fracturas transversales.

Consideraciones Genéticas

Como sabemos el origen de esta forma de mineralización (mantos y cuerpos), ha sido materia de discusión, debido a la existencia de dos posiciones diferentes; una singenética (exhalativa-sedimentaria y la otra epigenética.

En base al laboreo y últimos estudios realizados el año 1999 por el Dr. Robert Moritz de la Universidad de Ginebra, los resultados de laboratorio de isótopos de Pb nos indican que el plomo de las vetas y los cuerpos son coetáneos y de una sola fuente de origen, así como el zinc, lo que demuestra a las claras que la mineralización es eminentemente epigenética.

2.2.6. Modelamiento Geológico

Un modelo geológico debe ser sólido con todos los datos geofísicos. Accesibles, pero que presentan restricciones para la interpretación estructural y geológica de la zona analizada. Leapfrog es uno de los programas de software más conocidos. Geo Limited para la modelación en el ámbito geológico. Entre otros programas que tienen gran demanda. El Datamine RM está presente en la minería de Perú. Los entornos de estas aplicaciones informáticas nos permiten procesar datos geológicos en tres dimensiones. La representación, que antes era tediosa, de los datos de un yacimiento (la distribución de litologías y normativas de minerales).

2.2.7. Estimación de Recursos

Demasiadas veces la complejidad y variabilidad de un yacimiento mineral dificulta determinar dominios geológicos homogéneos. De tal manera, que éstos sean utilizados para aplicar un control geológico a la estimación de recursos.

Los métodos geoestadísticos son usados ampliamente para la estimación y caracterización de los recursos minerales en los yacimientos.

En la última década, se ha venido dando un gran desarrollo de la Geoestadística, de la mano con el avance de la tecnología digital, los cuales permiten su práctica a través de una amplia gama de programas profesionales (Datamine Studio RM, LeapFrog Edge, Isatis, Minesight, entre otros).

A. Recopilación de Información

Perforación Diamantina: Los datos proceden de collares (puntos iniciales de los sondajes diamantinos), localizados en coordenadas UTM mediante estaciones totales. La desviación de las perforaciones se midió con un instrumento REFLEX, registrando azimut y buzamiento por tramos cada 3 metros aproximadamente. El registro geológico detalla las litologías, alteraciones y mineralizaciones. Las muestras, de longitud variable según los intervalos mineralizados, incluyen mediciones de densidad tanto en zonas mineralizadas como en algunas no mineralizadas.

Canales de Muestreo: Estas muestras se obtuvieron de canaletas en galerías principales y subniveles de explotación, recabadas en el frente de avance. El espaciamiento entre muestras varía desde 2 metros o más, respetando los límites de los tipos de mineralización y, en ocasiones, abarcando de hastial a hastial. Las canaletas se orientaron y midieron con brújula, cinta métrica o distanciómetro, partiendo de puntos topográficos conocidos y referenciados en planos CAD.

Mapeo Geológico: Se elaboraron mapas a escala 1:250 en todos los niveles principales, registrando los contactos entre vetas y las alteraciones en las cajas murales. En las vetas se delimitaron zonas ricas en sulfuros y en silicatos. Las estructuras principales cartografiadas incluyen fallas y fracturas. La digitalización se realizó en CAD, incorporando posición y cota de cada elemento registrado.

B. Validación de Leyes

Las leyes de sondajes y canaletas se han estudiado en los laboratorios de Volcán y, simultáneamente, también se han examinado esas muestras en SGS. Se ha verificado que los valores de las leyes se corresponden adecuadamente.

Se optó por manejar las muestras de sondajes y las de canaletas juntas, dado que no tienen ninguna relación entre sí. Con el fin de emplear las dos muestras en el proceso de estimación y reducir la variabilidad, se han compuesto las muestras de sondajes y canaletas.

C. Interpretación Geológica y Generación de Sólidos por Dominios

Secciones Geológicas Transversales: estas han sido interpretadas cada 25 metros, la data empleada has sido los sondajes, las muestras de canal y los planos geológicos. Para este caso se ha delimitado la estructura de la veta y ramales existentes.

Planos Geológicos: La información adquirida se basa en el mapeo recopilado dentro de la mina, en relación con las canaletas y está interpretada de acuerdo al progreso en cada nivel.

Sólidos Geológicos: Para producir sólidos, se utilizaron las secciones transversales y los planos de geología.

Se consideró dividir los dominios estructurales de acuerdo con las fallas principales que los interceptan y teniendo en cuenta las inflexiones; sin embargo, como no eran muy significativos, no se continuó con el dominio estructural.

Finalmente, el dominio geológico fue asignado a los compósitos y al modelo de bloques.

D. Compositación

Se han utilizado los siguientes criterios para la composición: se les ha asignado a todos los datos, tanto de canaletas como de sondajes, un ancho mínimo de 0.5 metros y uno máximo de 3.5 metros; durante la interpolación se eliminaron las medidas por debajo del mínimo. El procedimiento de compuestos se ha llevado a cabo siguiendo la huella de sondeo y/o canaletas. Estos compósitos fueron codificados en función de los dominios establecidos con anterioridad.

E. Análisis Estadístico y Geoestadístico

Se efectúa un análisis estadístico para examinar las propiedades y distribuciones estadísticas de la data original, la data capeada y los compósitos de acuerdo con el dominio geológico previamente mencionado. Los diagramas examinados incluyen histogramas, boxplots, curvas de probabilidad y contacplots.

Se han establecido valores extremos de leyes para los componentes en cada dominio geológico a partir de histogramas y gráficos de probabilidad. Estos valores fueron capeados y luego graficados otra vez con el fin de verificar que no haya cambios respecto a la información original, antes de ser compuestos. Del análisis de boxplot se puede apreciar que para el Zn los dominios geológicos poseen propiedades estadísticas semejantes por lo que se decide usar un dominio único de estimación, para los demás elementos (Pb, Cu y Ag) estos poseen propiedades estadísticas diferentes por lo que se decide respetar los dominios presentes.

Se emplearon gráficos de contacplot en cada uno para el análisis de contactos. ámbito, a fin de examinar la conducta y variación de las leyes entre los ámbitos y si estas ejercieran un impacto en el dominio adyacente; una vez finalizado el análisis, se concluye que los dominios establecidos con la ayuda del boxplot y verificados con el serían los más apropiados para hacer la estimación.

Se ha llevado a cabo la variografía pertinente para cada dominio que se ha establecido con información suficiente de compuestos.

F. Modelo de Bloques

El tamaño de bloques es de 4m x 4m x 4m, este tamaño se definió en proporción al ancho de labor, el avance que se realiza y a la altura promedio de las labores. Los sólidos definidos como dominios geológicos han sido codificados al modelo de bloques.

G. Interpolación de Leyes

Se han utilizado el kriging ordinario, el inverso de la distancia a la potencia de tres y el inverso de la distancia a la potencia de cuatro como métodos para realizar procesos de interpolación de leyes. El vecino más próximo, o Nearest Neighbor, es otro proceso de interpolación de leyes que se emplea. Este método le otorga al modelo de bloques el valor del compuesto más cercano. Este procedimiento de aplicación de validación del modelo. Se ha establecido que la interpolación de las leyes consta de cuatro etapas:

Pasada 1: OK/ID3/ID4 usando un elipsoide con un alcance máximo cercano al obtenido en la primera estructura del variograma.

Pasada 2: OK/ID3/ID4 usando un elipsoide con factor de 1.5 del alcance máximo de la primera pasada.

Pasada 3: OK/ID3/ID4 usando un elipsoide con factor de 2 del alcance máximo de la primera pasada.

Pasada 4: OK/ID3/ID4 usando un elipsoide con factor de 10 del alcance máximo de la primera pasada, pero con menor número de compositos para poder cubrir todos los bloques muy alejados.

El mínimo número de compósitos usados para la interpolación de bloques en las dos principales pasadas está en el rango de 2 y 4 y el máximo número de compósitos es 12. En la tercera y cuarta pasada se usó de 2 a 4 compositos debido a que en estas pasadas los bloques interpolados corresponden aquellos que se encuentran hacia los bordes donde se tiene menos cantidad de taladros

H. Validación

Los histogramas y curvas de probabilidad de los valores estimados tanto para el zinc, plomo, cobre y plata en el modelo de bloques se han comparado con la estimación del vecino más cercano. En esta comparación se observa que la desviación global entre los valores del NN y los valores del as leyes estimadas es menor al 5 % lo que indica que el modelo es aceptable. Los tipos de contactos entre cada dominio geológico con las leyes estimadas en el modelo de bloques ha servido para confirmar el grado de influencia entre cada dominio empleado al momento de ser interpolado.

Asimismo, se ha realizado una comparación local entre los gráficos conocidos como “Swathplot” estos gráficos son los indicadores de la distribución de las leyes por elementos en cada línea de sección transversal y planar, estos gráficos muestran las leyes por elementos krigeados para el caso del zinc e inverso a la distancia a la potencia tres o cuatro según sea el caso para los demás elementos comparados con la estimación del vecino más cercano.

Otro proceso de estimación de leyes para validar este proceso es el cambio de soporte a un método de estimación de leyes no lineal, estos gráficos indicaran si las leyes estimadas por el método lineal están sobreestimadas o sub-estimadas respecto a las leyes y tonelajes por HERCO.

I. Clasificación y Reporte de Recursos

La clasificación de recursos se ha llevado a cabo siguiendo los estándares y las reglas del código australiano que regula las reservas minerales y de mena (El Código JORC). Este código establece que el tipo de mineral depende del valor más alto de los alcances de los variogramas en cada dominio. El informe del reporte de recursos incluye mineral medido, inferido e indicado.

2.3. Definición de términos básicos

A. Sondajes diamantinos

La perforación diamantina es una técnica especializada empleada en la industria minera y en la exploración geológica, cuyo propósito es obtener muestras de roca con alta precisión y calidad. Este método consiste en la extracción de testigos cilíndricos mediante el uso de brocas con diamantes industriales incrustados. A través de este procedimiento, es posible recopilar información detallada sobre la estructura geológica y la litología del subsuelo a diferentes profundidades.

El método de perforación diamantina se basa en la excepcional dureza del diamante, lo que le permite cortar eficazmente cualquier tipo de roca o material (Condori & Satalaya, 2022).

B. Prospección minera

La prospección es la etapa donde se buscan minerales aprovechables en una zona determinada, basándose en estudios geológicos y otras técnicas como la

geofísica, geoquímica, interpretación de imágenes satelitales y otras de carácter regional, que sirven para determinar los principales blancos prospectivos donde se realizarán los trabajos de exploración. (INGEMMET, 2020)

C. Exploración minera

La exploración es la etapa donde se realizan trabajos más detallados, aquí se determina las dimensiones del depósito mineral y se establece el modelo del yacimiento en forma, contenido de mineral y valor del depósito. (INGEMMET, 2020)

Es la primera fase del ciclo minero y su propósito es localizar áreas en las que haya mineral, o sea, donde se encuentre un "yacimiento".

Las actividades para la localización de un yacimiento mineral comienzan con el cateo o reconocimiento, que consiste en examinar el terreno y recolectar muestras para buscar minerales; y la prospección, que emplea instrumentos más precisos y procedimientos más sofisticados, como fotografías aéreas o equipos pequeños para la recolección de muestras.

D. Estimación de recursos minerales

Calcular los recursos minerales es un paso esencial para determinar la viabilidad de un proyecto minero. En esta es donde se lleva a cabo la descripción, clasificación y análisis de los recursos incluidos en el yacimiento potencial que se va a estudiar. Por eso, una adecuada metodología de análisis puede influir en la viabilidad de un depósito. Los dominios geometalúrgicos son zonas dentro del depósito que poseen características particulares que los vuelven identificables y diferenciables (Lara, 2020).

E. Estructuras Geológicas

Se refiere a rasgos morfológicos asociados al proceso de formación de una roca o un macizo rocoso, por ejemplo, una colada de lava, un dique, un estrato sedimentario, o al posterior efecto de procesos tectónicos deformativos (plegamientos, diaclasamiento, fallamiento, cizalla dúctil). También se aplica en rocas sedimentarias, donde se reconocen estructuras que permiten reducir los procesos deposicionales, por ejemplo, ripple marks o grietas de desecación entre muchas. Las estructuras, junto a la litología, ejercen un control principal en la distribución de las mineralizaciones a sus distintas escalas (Oyarzún J. & Oyarzun R., (2011).

F. Vetas

Una marca nacida a raíz de la revolución minera, que reconoce un producto de alta calidad con una nueva visión para impulsar a las pequeñas y medianas empresas mineras de manera innovadora, sostenible, sustentable y cercana al cliente minero.

G. Fallas

Se trata de una fractura frágil en una roca, a lo largo de la cual se ha producido un desplazamiento visible paralelo a la superficie de la fractura. Si no existe tal desplazamiento a lo largo del plano de rotura, entonces hablamos de una “diaclasa”. Debido a su movimiento, estas estructuras pueden dar lugar por trituración a las llamadas rocas de falla que incluyen principalmente brechas, micro-brechas, y la denominada harina de falla (fault gouge). Oyarzún J. & OyArzun R., (2011), pág. (63).

H. Perforación tipo Infill

La perforación Infill (perforación de relleno), permite realizar perforaciones a partir de sondajes adicionales en puntos o zonas donde ya se realizaron sondajes previos, esto con la finalidad de obtener nuevos datos geológicos para un mejor estudio de la litología, mineralización, fracturas y alteración que se pueda encontrar. Castañeda J. & Sánchez L., (2013).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El plan de exploración geológica determina el potencial de los recursos minerales económicos y la viabilidad para su explotación, a través de la adquisición de información y la reportabilidad de recursos minerales de la Veta Mary, en niveles de profundización de la U.P. Carahuacra, Yauli, Junín – 2022.

2.4.2. Hipótesis especificas

a. Las características geológicas de la Veta Mary en niveles de profundización influyen en la mineralización de las zonas potencialmente económicas para su explotación.
b. La definición de las mallas optimas de perforación diamantina en recursos minerales, considerando los metrajes y la distribución correcta de los sondajes, definen el cálculo de la estimación de recursos minerales de la Veta Mary en niveles de profundización y su potencial extracción.
c. La determinación de perforación tipo Infill en la Veta Mary, el cual considera parámetros auditables establece la toma de decisiones y la consecuente explotación a lo largo de esta estructura mineralizada en niveles de profundización en la U.P. Carahuacra.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable Independiente

- Exploración geológica.

2.5.2. Variables Dependientes

- Incremento de recursos minerales de la Veta Mary en la zona de profundización.
- Viabilidad de explotación de la Veta Mary en la zona de profundización.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

De acuerdo con Arias (2012), la definición operacional de la variable establece los instrumentos, procedimientos e indicadores para cada dimensión. Siguiendo con el caso anterior, la variable actitud hacia un objeto incluye las dimensiones siguientes: La dimensión cognitiva, que se refleja en los juicios y creencias sobre el objeto; la dimensión afectiva, que se expresa a través de las emociones y sentimientos que el objeto provoca; y la dimensión conductual, que se manifiesta por medio de las tendencias e intenciones generadas por el objeto. La escala de Likert se utilizará para medir esta variable. Después de finalizar el proceso de operacionalización, se crea la tabla que contiene las dimensiones, los indicadores y las variables. Se presenta a continuación.

El programa operativo de exploración geológica se describe como sigue:

Exploración geológica. Dentro de la presente investigación, la exploración geológica se desarrolló en base a la observación de planos geológicos, recolección y análisis de muestras, identificándose las zonas potencialmente económicas para la estimación de los recursos minerales.

Incremento de recursos minerales. Se realizó el estudio de las zonas mineralizadas de la Veta Mary en niveles de profundización, a partir de las muestras extraídas (testigos) de la perforación diamantina.

Viabilidad de explotación. Se analizó las leyes de lo minerales metálicos (Ag, Zn, Pb, Cu), se elaboró el modelo de recursos minerales y cálculo de volumen (Toneladas métricas), para definir la viabilidad de explotación de la Veta Mary en zonas de profundización.

Operacionalización de Variables

Tabla 1 *Cuadro de Operacionalización de Variables*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
VI: Exploración geológica	La exploración, en su segunda fase, se efectúa durante y después de la construcción de una mina… el crecimiento y la supervivencia dependen de la exploración. (Monreal, 2013)	Caracterización geológica Perforación diamantina Perforación tipo Infill	Mineralización de la Veta Mary en niveles de profundización Metros lineales de perforación diamantina Metros lineales de perforación tipo Infill	Mapeo geológico y estructural Equipos de muestreo Máquina de perforación diamantina
VD: Incremento de recursos minerales	Los recursos de minerales metálicos o menas agrupan a las mineralizaciones que se explotan para la obtención de elementos metálicos. (Ruiz &Pérez, s.f.)	Recursos indicados e inferidos	Ley mineral en % y Oz Tonelaje de mineral	Análisis de laboratorio de ley de gemelos y testigos Modelamiento geológico
VD: Viabilidad de explotación		Recursos medidos	NSR	NSR

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Por lo tanto, el enfoque cualimétrico (mixto) mezcla los enfoques cualitativo y cuantitativo en la mayoría de sus fases, por lo que es apropiado fusionarlos para conseguir información que facilite la triangulación. Esta triangulación surge como una opción para tener la oportunidad de descubrir diferentes caminos y llegar a una interpretación lo más amplia posible del fenómeno que se está investigando. El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento (Ruiz, Borboa & Rodríguez, 2013).

Artigas y Robles (2010) hicieron una referencia acerca de los enfoques cualitativos y cuantitativos, llegando a la conclusión de que resulta indispensable capacitar a los investigadores en la combinación de métodos para que el seguimiento de un esquema específico no impida las innovaciones en la búsqueda de mejorar el proceso investigativo, donde podría notarse finalmente carencia de conocimiento al momento de elaborar una deducción.

La investigación desarrollada engloba las metodologías de tipo cuantitativo y cualitativo (investigación de tipo mixto o cualimétrico), las cuales expresan resultados analíticos exploratorios e información numérica de variables geológicas establecidas. En cuanto a la línea de investigación, el presente trabajo de investigación corresponde a un tipo “modelos y exploración de yacimientos”; ya que se involucra temas de exploración geológica y por consecuente el diseño tridimensional de estructuras mineralizadas y litológicas.

3.2. Nivel de investigación

Por su parte, Ruiz (2007) indica que el método científico es el procedimiento planteado que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, desentrañar sus conexiones internas y externas, generalizar y profundizar en los conocimientos adquiridos, llegar a demostraciones con rigor racional, comprobar hechos mediante determinados experimentos, así como utilizar técnicas adecuadas que justifiquen la observación.

La metodología aplicada hace referencia a un modelo descriptivo y correlacional, entre el proceso de perforación, la descripción geológica e interpretación de resultados producto del análisis de muestras recolectadas en los diferentes procesos de la dinámica minera. Para el presente trabajo de investigación se ha requerido básicamente de la evaluación geológica detallada de la base teórica y antecedentes del depósito, y particularmente de la veta Mary, que nos dan pautas de la mineralización, la parte más importante consistió en aplicar los conocimientos y técnicas modernas que nos ayudaron a entender las condiciones para realizar la estimación de las variables geoquímicas (ley de Zn, Pb, Cu y Ag) y económicas ($NSR).

3.3. Método de investigación

Los diseños mixtos son una combinación de métodos de investigación cuantitativa y cualitativa en un solo estudio. Este enfoque de investigación se utiliza para obtener una comprensión más profunda y detallada de un fenómeno o problema de investigación en particular. Al combinar ambos enfoques, los investigadores pueden obtener datos más completos y precisos, lo que les permite obtener una visión más completa de la situación (Vázquez, A; at. al., 2023)

Tacillo, E. (s.f.) menciona que el método no experimental: Consiste en no manipular la variable independiente, básicamente se observa el hecho o fenómeno tal y como se presenta en la realidad con la intención de analizarlo. Se dividen en diseños transeccionales y longitudinales.

Por lo tanto, se aplicó el método de investigación no experimental con un enfoque mixto.

3.4. Diseño de la investigación

Para Palella y Martins (2006), el propósito de la investigación descriptiva es de "Interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El nivel descriptivo hace énfasis sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente."

Según Mejía (2017) "La investigación correlacional es un tipo de investigación no experimental en la que los investigadores miden dos variables y establecen una relación estadística entre las mismas (correlación), sin necesidad de incluir variables externas para llegar a conclusiones relevantes. Usualmente se cree que la investigación correlacional debe involucrar dos variables cuantitativas, como puntajes, resultados del número de eventos repetidos dentro de un margen de tiempo."

El diseño de investigación es descriptivo y correlacional; se describió todas las características geológicas y estructurales de los taladros para la determinar la correlación de las variables que ayudaran a la viabilidad de explotación de la zona de profundización de la veta Mary.

3.5. Población y muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población es: “el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p.174).

Tamayo & Tamayo (2006), definen la muestra como: "el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en totalidad de una población universo, o colectivo partiendo de la observación de una fracción de la población considerada" (p.176).

A. Población

La población puede ser según su tamaño de dos tipos según Castro (2003):

Población finita: cuando el número de elementos que la forman es finito, por ejemplo, el número de alumnos de un centro de enseñanza, o grupo clase. Población infinita: cuando la cantidad de componentes que la constituyen es tan grande o infinita. Por ejemplo, si se llevara a cabo una investigación acerca de los productos disponibles en el mercado. Esta población podría considerarse infinita, ya que hay tantos y de tantas calidades. (p.75).

Por ende, población es finita y está representado por la estructura mineralizada “veta Mary” comprendida entre el Nv. 1020 al Nv. 1340, el cual incluye cámaras, cruceros y tajos de la U.P. Carahaucra.

B. Muestra

En el caso de Palella y Martins (2008), definen la muestra como: "…una parte o el subconjunto de la población dentro de la cual deben poseer características reproducen de la manera más exacta posible" (p.93).

Entonces, nuestra muestra está conformada por la veta Mary del Nv. 1340, compuesta por las cámaras: CA. 115, CA. 301 y CA. 302).

Selección de muestra

La selección de muestra se realizó en base a los 31 sondajes diamantinos y muestreo de canales realizados en el Nv. 1340.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Las técnicas usadas fueron mapeo y muestreo por canales; obtención de testigos del subsuelo mediante perforación diamantina y modelado en 3D para análisis e interpretación de la Veta Mary.

Para seleccionar los diferentes datos y muestras, se recolectaron muestras de roca, tanto de canales de muestreo y de los diferentes sondajes DDH; la recolección estuvo orientada a la zona de interés preestablecido.

Se identificaron zonas de apertura estructural a lo largo de la longitudinal de la veta Mary y siguiendo ese comportamiento se establece el programa de perforación diamantina, la misma que llega a cubrir en su mayor proporción la zona de profundización.

En base al programa de perforación se desarrolló todo un flujo de trabajo para la toma de muestras, inserción de controles, análisis geoquímico y consecuentemente la interpretación de datos obtenidos.

Se desarrolló el registro y codificación de datos, las mismas que fueron almacenadas en un servidor (fusión client), el cual permitió desarrollar el flujo de trabajo de manera estandarizada siguiendo parámetros aceptables dentro de la industria.

3.6.2. Instrumentos

- Ficha de datos geológicos
- Máquina de perforación diamantina
- Plano de secciones y mapeo geológico
- Ficha de programa de perforación diamantina
- Ficha de reporte de laboratorio de análisis de muestras
- Software de logueo geológico (Fusión client)
- Software de modelamiento geológico (Leapfrog)

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Recolección de información y datos existentes de la veta Mary.
- Análisis, descripción y caracterización litológica de las muestras obtenidas.
- Análisis geoquímico de las muestras obtenidas en el proceso de perforación y muestreo de canales.
- Análisis geológico y correlación estructural de los taladros vs información ya existente de zonas superiores (Niveles).
- Interpretación en función de secciones longitudinales y transversales de los taladros ejecutados y definir la continuidad de la veta Mary.

3.8. Tratamiento estadístico

La información recolectada es compilada en un administrador de base de datos (fusión client) con la finalidad de hacer evaluaciones rutinarias garantizando su veracidad.

La evaluación estadística es desarrolló con el software Snowden Supervisor, la misma que ayudó y agilizó el trabajo de análisis e interpretación de los datos obtenidos.

Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección de toda la información necesaria para la investigación es establecida mediante el protocolo de muestreo que se tiene dentro de la unidad minera; para la etapa de obtención de muestras de canal en interior mina; la validación estuvo a cargo del equipo de QAQC (personas calificadas y conocedores de la materia), quienes dan valides a la información recolectada, en tanto ello garantice la confiabilidad de toda información como instrumento para lograr el objetivo siguiendo las mejores prácticas de la industria minera.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La determinación de recursos minerales económicamente viables en la zona de profundización de la veta Mary es muy importante para la compañía minera, es por eso que la investigación desarrollada para determinar el valor geológico de los recursos dentro de la zona de profundización son desarrollados siguiendo protocolos establecidos dentro de la unidad minera y siguiendo las mejores prácticas de la industria minera establecidos en normas internacionales vigentes, las mismas que se definen como auditables.

Por otro lado, la confidencialidad que requiere el trabajo de investigación se basa en que los datos plasmados, analizados e interpretados no serán revelados para fines externos lo cual no esté inmerso dentro del ámbito de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Generalidades

El COMPLEJO DE YAULI, distrito minero relacionado a las minas de San Cristóbal y Carahuacra, caracterizado porque la mineralización es polimetálica Zn-Pb-Cu-Ag tipo Cordillerano

Las Coordenadas Geográficas son:

76° 05’ Longitud Oeste.

11° 43’ Latitud Sur.

Las Coordenadas UTM Son:

388,000 Este

8’704,000 Norte

Datum: WGS 84, Zona 18 S.

4.1.2. Ubicación

La unidad minera Carahuacra se encuentra ubicado en el Distrito y provincia de Yauli, región Junín, a una altura de 4500msnm.

Figura 7 *Plano de Ubicación – Mina Carahuacra*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

4.1.3. Accesibilidad

Se accede por la carretera Central, que va desde Lima hasta el kilómetro 155, cerca de Pachachaca. En este punto hay un desvío hacia una trocha afirmada y a 18

kilómetros está la mina Carahuacra, San Cristóbal y Andaychagua. También, el Ferrocarril Central cuenta con una estación en Yauli, a 12 kilómetros del área.

4.1.4. Geomorfología

Llama la atención en primer lugar, la gran altitud sobre el nivel del mar y su relieve irregular. Las altitudes de la zona de estudio varían de 4500 a 5200 m.s.n.m. (Nevado Chumpe) esto en las inmediaciones de la Mina San Cristóbal-Carahuacra-Andaychagua; según la división altimétrica de J. P. Vidal (1948), estos lugares corresponden la región Puna (4100 a 4800 m.s.n.m.) y Janca (4800 m.s.n.m. a más).

La región es conocida por su elevada altitud y su topografía irregular, en oposición a los valles en forma de U que se considera que tienen origen glaciar. Algunos de estos valles son el glaciar Carahuacra, Andaychagua, Chumpe y el de Yauli.

4.1.5. Unidades Geomorfológicas

La mayoría de los valles en la zona de estudio son de origen glaciar, y son las geoformas más destacadas del lugar. Se formaron principalmente por los glaciares durante el pleistoceno, aunque algunos también tienen un origen tectónico. Los valles en la zona de estudio tienen orientaciones distintas, producto de las actividades macro-tectónicas de la región.

A. Morrenas

Esta unidad incluye a geoformas convexas, lisas y alargadas que se formaron por el acopio de materiales que fueron depositados en la época del Pleistoceno-Holoceno debido a los glaciares. Se trata de coluviones de rocas que miden decímetros, los cuales se originan a partir de procesos de desprendimientos, flujos y gelifracción (este último produce avalanchas de detritos).

Según su localización en relación con un glaciar, hay diferentes clases de morrenas: la morrena de fondo está en contacto con el lecho del glaciar; la morrena

lateral se ubica a los lados o bordes del lecho glaciar; la morrena central es el resultado de la fusión de las morrenas laterales cuando dos glaciares confluyen en un mismo valle; y la morrena frontal o terminal está situada en el área donde tiene lugar el deshielo del glaciar.

B. Quebradas

Muchos de estos valles tienen forma de U y algunos, localmente, son en V. Se encuentran en la mayoría de las rocas calcáreas. Igualmente, en algunas quebradas se pudieron observar cauces escalonados y con marcadas huellas del modelado glaciar, así como que el eje de las quebradas coincide con las trazas de las fallas y/o contacto litológico.

4.1.6. Geología Regional

A. Estratigrafía

Litológicamente El distrito está formado mayormente por las calizas Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior) desde el punto de vista litológico. Un conjunto de facies calcáreas conocido como Grupo Pucará se encuentra en marcada discordancia sobre el Grupo Mitu, y se divide en tres formaciones: Condorsinga, Chambará y Aramachay (en el área solamente existirían la parte alta de Condorsinga y Aramachay), lo cual está fuertemente vinculado a la mineralización económica del sector.

Grupo Excelsior (Pali-e): Consiste en pizarras y filitas de color gris oscuro a negro, por efecto del metamorfismo regional se han segregado lentes irregulares de cuarzo (boudinage).

Grupo Mitu (PsTri-m): Está constituido por tres unidades litológicas, Primero lavas andesiticas de textura afanítica de color violáceo, Segundo

Aglomerados Volcánicos y el Terceto por tufos, diferentes composiciones Andesíticas a Dacíticas y brechas Piroclásticas de carácter Riolíticos.

Grupo Pucara (TrsJi-pu): Secuencias de calizas, dolomias y niveles delgados de lutitas bituminosas, en la zona de Carhuacra se encuentra las 3 Formaciones: Fm Chambara, entre la Fm. Aramachay – Fm. Condorsinga existe una secuencia de Basalto (Basalto Montero).

Fm. Goyllarisquizga (Ki-g): Secuencias limolíticas color rojizo hacia la base, conglomerados, areniscas y cuarcitas, un nivel basáltico.

Fm. Chulec (Ki-Chu): Calizas grises en estratos delgados con intercalaciones de margas de color pardo y lutitas color grisáceo.

Fm. Pariatambo (Ki-Pa): Secuencia conformada por calizas y margas bituminosas de color gris oscuro a negras.

Fm. Jumasha (Ks-J): Secuencia de calizas, calizas arenosas y calizas dolomíticas en estratos medios a gruesos de colores grises a grises parduzcos.

Intrusivos Terciarios (IT): Comprende a todas las rocas ígneas que se emplazaron durante el periodo Terciario.

B. Depósitos Cuaternarios

Depósitos Aluviales (Q-ALU): Constituyen todos los depósitos de cobertura, generalmente no consolidados y de distribución irregular acumulados por procesos aluviales.

Depósitos Coluviales (Q-COL): Material acumulado en la pendiente de los cerros y transportado por acción de la gravedad.

Depósitos Fluvioglaciares (Q-FGL): Depósito transportado por corrientes fluviales, pero que previamente fueron transportados por una masa glaciar en un trecho bastante considerable.

Depósitos Morrénicos (Q-MOR): Depósito de glaciar con una forma y Por lo general, el tamaño de los fragmentos es pequeño y las aristas son redondeadas. transporte padecido. Se clasifican según su sitio de depósito: Morrenas de lados, centro, terminales, interlobulares y fondo.

Suelo Orgánico (Q-ORG): Es generalmente rico en materia orgánica, arena y limo.

C. Rocas Sedimentarias

Areniscas (ARN): Son capas de arena consolidadas. Los granos que las conforman están generalmente redondeados y gastados. El cemento que mantiene unidos los granos de arena puede ser sílice, carbonatos, óxido de hierro o material arcilloso de grano más fino.

Arenisca Calcárea (ARN_CAL): Son capas de arena consolidada, granos redondeados, el cemento que une las areniscas tiene una composición calcárea.

Arenisca Silícea (ARN_SIL): Son capas de arena consolidada, granos redondeados, la composición es netamente silícea.

Dolomías (DOL): Rocas sedimentarias compuesta de forma predominante por dolomita en su mayor parte por un 90%, su color característico amarillento y pardo amarillento.

Caliza (CLZ): Roca sedimentaria que está compuesta, principalmente, por minerales de carbonato, en particular carbonatos de calcio. Los minerales más relevantes de las. La calcita es lo que compone las calizas.

Caliza Oolítica (CLZ_OOL): Roca sedimentaria compuesta por minerales de carbonatos y con presencia de oolitas que son partículas carbonatadas casi esféricas que presentan una estructura concéntrica interna, y con diámetros que varían entre 0.25 a 2.00 milímetros.

Lutita (LTTA): Es una roca sedimentaria de origen detrítico o clástico, constituida por partículas de tamaño arcilla y limo. En el caso de las lutitas, el color negro se debe a la presencia de materia orgánica.

Se denominan margas a aquellas rocas que contienen entre el 35 % y el 65 % de carbonato de calcio, lo que equivale aproximadamente a un valor medio cercano al 50 %. Estas rocas suelen presentar tonalidades azuladas.

Pelitas (PELT): Las pelitas son las rocas que están hechas de grano muy fino. El limo y la arcilla constituyen por lo menos la mitad de los componentes que las integran.

Limolitas (LIMT): Si las partículas tienen un tamaño mayor a 1/256 mm, se les llama limolitas; si no son coherentes, reciben el nombre de limos y arcillas.

Margas (MRG): La marga es una roca sedimentaria constituida principalmente por calcita y arcillas, lo que le otorga una coloración blanquecina con tonalidades variables según la proporción y composición de sus minerales. Se consideran margas aquellas lutitas que presentan entre 35 % y 65 % de carbonato de calcio, con un valor promedio cercano al 50 %, y que generalmente muestran tonalidades azuladas.

Calcarenitas (CAL_ARN): Las calcarenitas son rocas sedimentarias detríticas carbonáticas que se conforman mediante la compactación de arenas de cal. Son comparables a las areniscas, que poseen componentes

detríticos terrígenos. Los clastos más abundantes tienen que tener un tamaño de entre 0,063 y 2 mm.

D. Rocas Metamórficas

Mármol (MBL): Es una roca metamórfica densa que se origina a partir de calizas sometidas a altas presiones y temperaturas, lo que provoca un elevado nivel de cristalización. Su componente principal es el carbonato de calcio, que constituye más del 90 %, mientras que los minerales restantes aportan la diversidad de colores y determinan sus propiedades físicas.

Skarn (SKN): El término skarn se utiliza para describir una roca o zona alterada por metamorfismo en las cercanías de una intrusión ígnea, caracterizada por ser una roca carbonatada que contiene minerales calcosilicatados formados mediante procesos metasomáticos.

En este sentido, se considera skarn a aquellas rocas que presentan minerales calcosilicatados como diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita. Generalmente, estas se desarrollan en aureolas de metamorfismo de contacto alrededor de plutones que intruyen en secuencias de rocas calcáreas.

La formación de depósitos de tipo skarn involucra esencialmente tres etapas:

1) Metamorfismo isoquímico: Recristalización metamórfica y cambios mineralógicos que representan el protolito y el movimiento de fluidos a altas temperaturas, lo que produce minerales calcosilicatados. Además, incluye el desarrollo de cuarcitas, mármol, talco, skarnoides, wollastonita y skarn de reacción en la periferia, además de rocas córneas.

2) Etapas múltiples de metasomatismo: Durante la cristalización del magma se libera una fase fluida que da origen al skarn metasomático. En esta fase se generan principalmente minerales anhidros por la acción de fluidos de origen magmático a temperaturas entre 400 y 800 °C. Por lo general, en este momento se inicia o se desarrolla la mineralización.
3) Alteración retrógrada: Durante el enfriamiento del plutón, fluidos más fríos, posiblemente meteóricos y oxidantes, generan la alteración retrógrada de minerales calcosilicatados. En esta etapa se forman minerales hidratados de baja temperatura (como epidota, actinolita y clorita) a partir de minerales anhidros, generalmente controlados por fallas o contactos y superpuestos a la fase prograda. En algunos casos, la mineralización también continúa en esta fase.

Skarn de Calcosilicatos (ECALCS): Es un skarn sin poder identificar claramente los minerales que la conforman ni el origen de su protolito.

Endoskarn (ENSK): Cuando la formación de los calcosilicatos se da dentro del cuerpo ígneo se denomina endoskarn.

Exoskarn (EXSK): Cuando la formación de los calcosilicatos se da dentro de la secuencia sedimentaria exterior se denomina exoskarn.

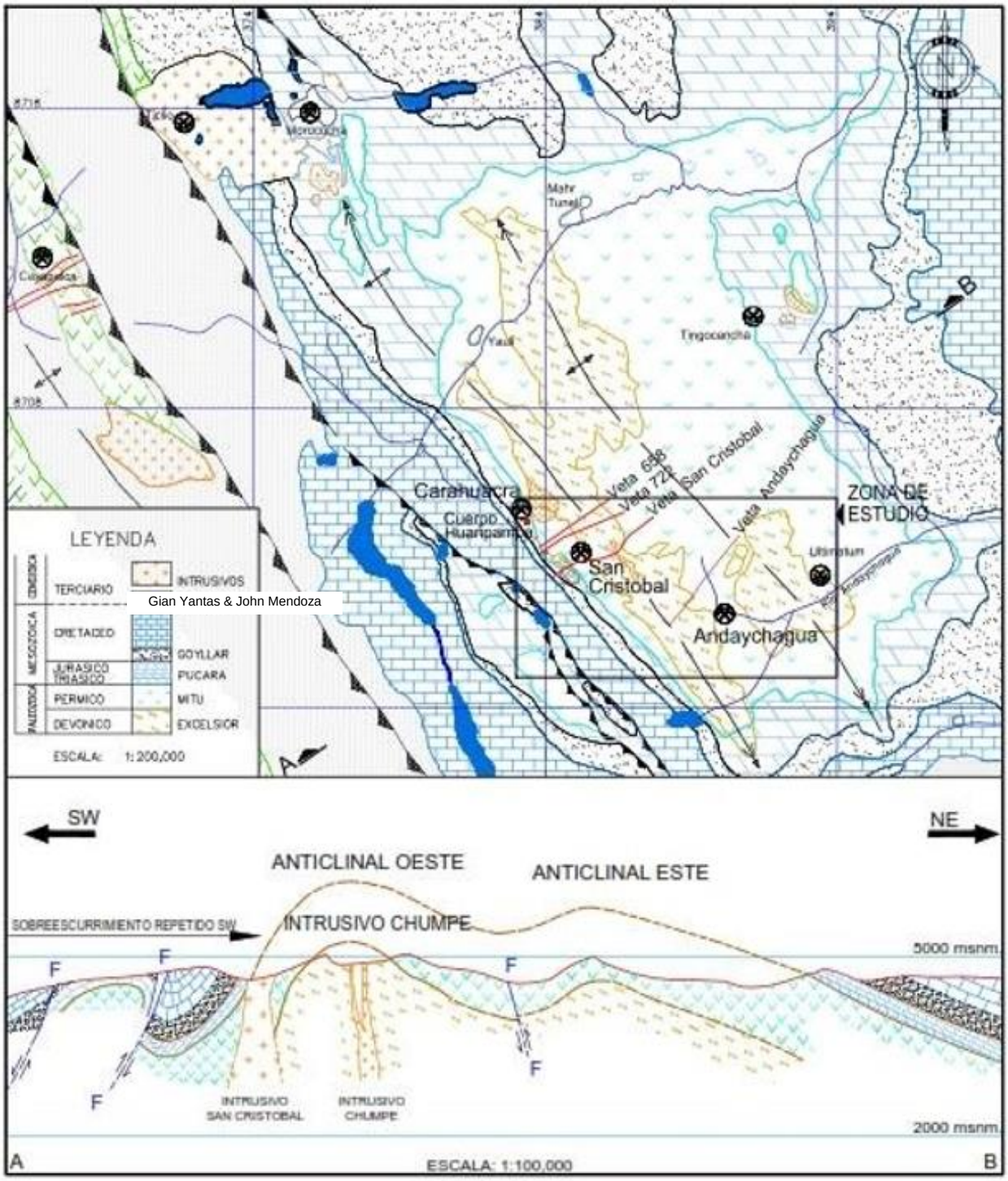
Cuarcitas (QTZS): La metacuarcita o cuarcita es una roca metamórfica resistente que tiene un contenido significativo de cuarzo. La mayor parte de las cuarcitas tienen más del 90 % de cuarzo, y algunas incluso alcanzan el 99 %. Las cuarcitas se generan por recristalización a presiones y temperaturas elevadas. La cuarcita no presenta foliación.

Hornfels (HRF): Llamada también rocas corneas calcosilicatadas o skarnoides, se designa a un tipo de roca metamórfica de contacto, muy dura,

capaz de resistir la acción glacial, que se produce al hornearse y endurecerse por el calor de las masas ígneas intrusivas.

La mayoría de los Hornfels son de grano fino, su protolito pudo ser cualquier roca de grano fino, y son producto del metamorfismo de contacto a temperaturas por encima de 650°C; el color usual en estas rocas va desde el marrón oscuro al negro, con lustre derivado de la presencia de cristales de mica, negra brillante. (Ver fig. 2).

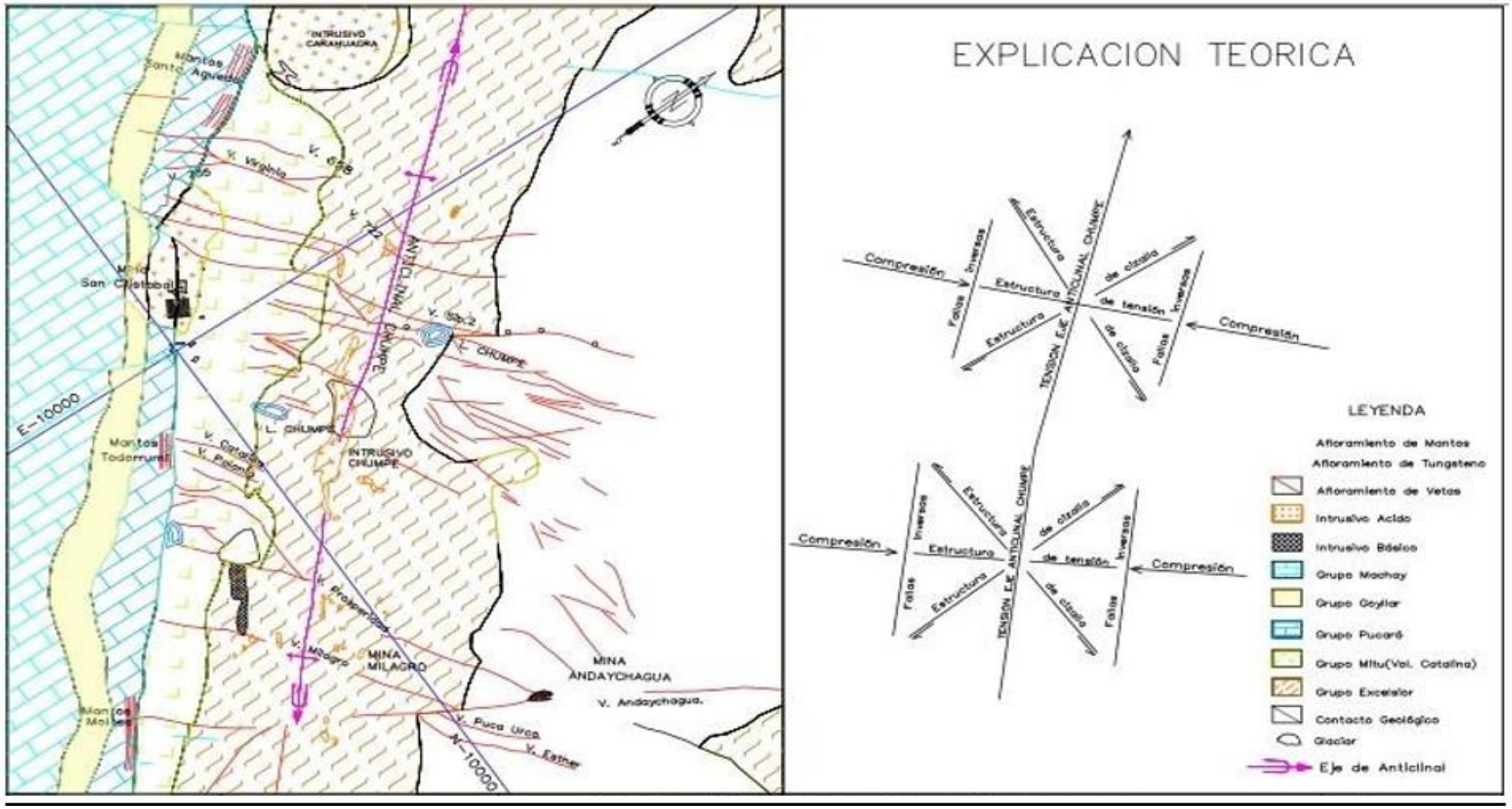
Figura 8 *Plano geológico y sección del domo de Yauli.*



Nota. Se observa el plano del domo de Yauli, con su correspondiente plano de sección.

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.C.

Figura 9 *Plano estructural, fuerzas de tensión y compresión.*



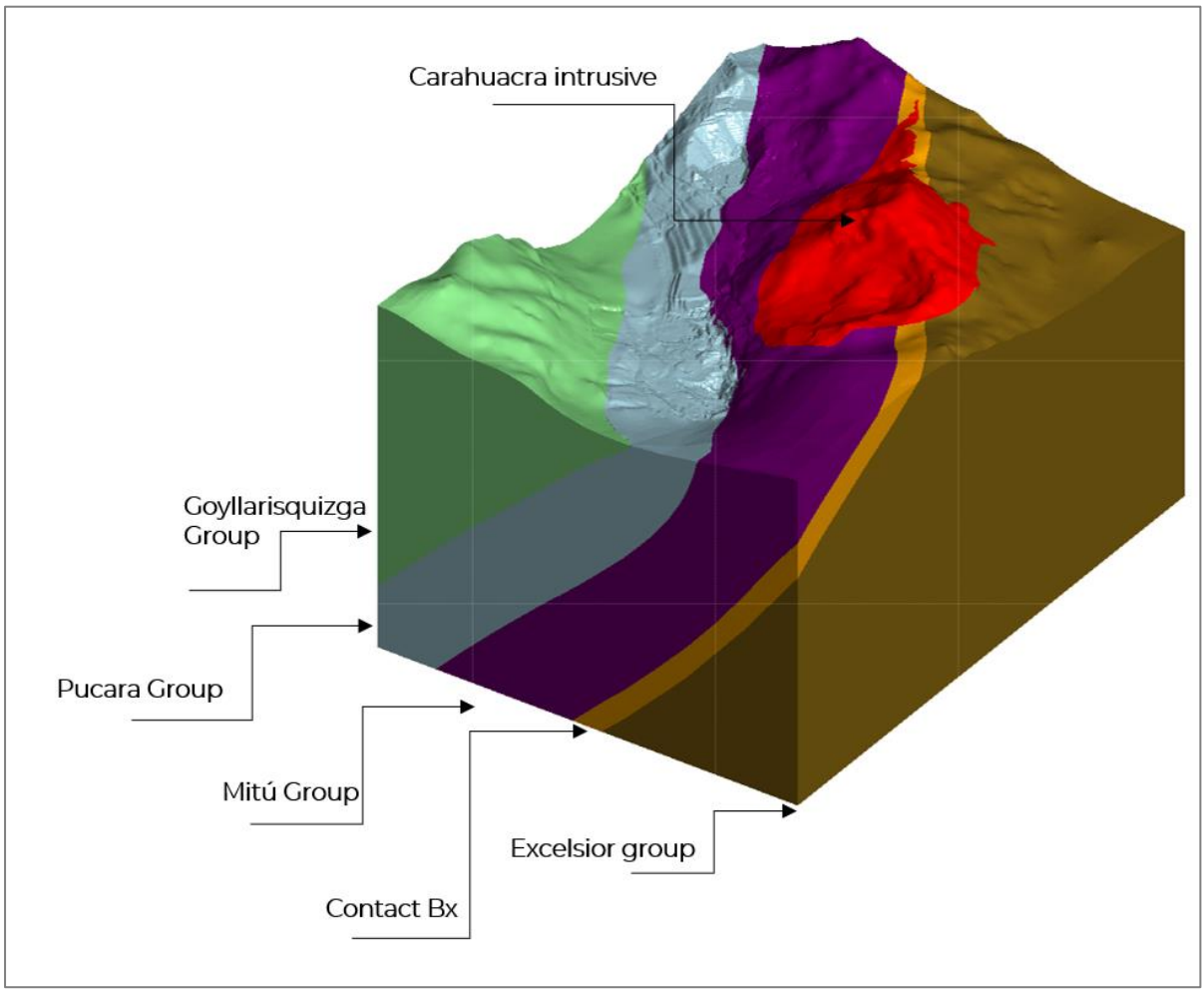
Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.C.

4.1.7. Evaluación geológica y planteamiento de alternativas de la Veta Mary

EL modelo litoestratigráfico modelada corresponde a 6 sólidos, con base en la columna estratigráfica regional del distrito minero.

- **Grupo Goyllarisquizga**: está formado por areniscas con niveles limolíticos rojizos.
- **Grupo Pucará**: es un poderoso nivel de hasta 250 metros de rocas carbonatadas en su mayoría granito.
- **Grupo Mitú**: secuencia formada principalmente por rocas volcánicas como: aglomerados volcánicos, tobas piroclásticas y niveles de andesita.
- **Brecha de contacto**: Brecha polimímica, clastos subangulados de andesita, filita y cuarzo lechoso envueltos en matriz volcánica.
- **Grupo Excelsior**: La formación más antigua conocida es Excelsior Shale. Constituye el núcleo del anticlinal de Yauli y está compuesto de lutitas de color gris oscuro a negro y en partes se metamorfosea en filitas (Harrison, 1943; Terrones, 1949).
- **Carahuacra intrusivo (45m.a.):** Según mapeos y reportes es de composición cuarzo monzonita, sin embargo, en las perforaciones y trabajos subterráneos no ha sido identificado, tiene dirección Norte Sur en forma de apófisis.

Figura 10 *Modelo litológico tridimensional*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Teniendo como base la información lito-estructural, se procese a plantear criterios para el desarrollo del proyecto; tales como:

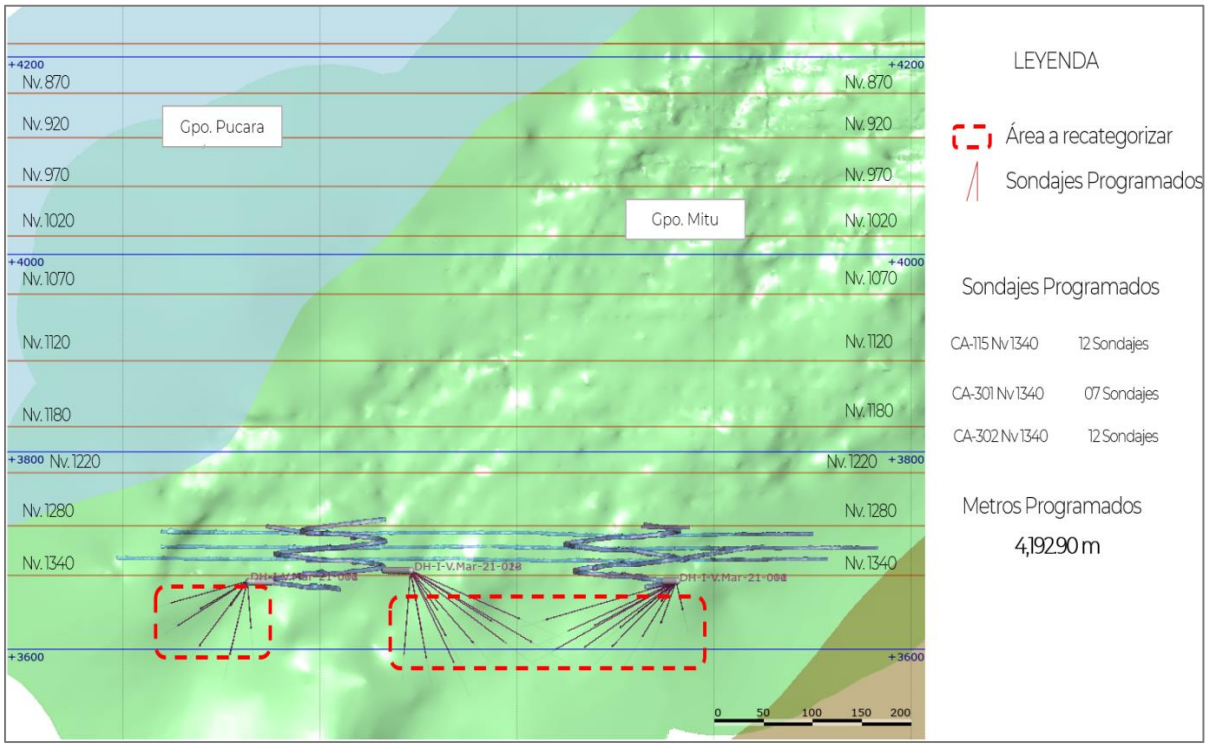
- El análisis de continuidad mineralógica de la veta Mary en niveles de profundización.
- La evaluación a diferente tipo de minado idealizado de la estructura en evaluación y su impacto económico.
- Establecer criterios de recategorización.
- Planteamiento del plan de perforación.
- Actualización del modelo tridimensional.

- Desarrollo y actualización de los recursos minerales de la zona de profundización de la veta Mary.

4.1.8. Trabajo de campo

El trabajo de campo incluyó, seguimiento al proceso de perforación y al proceso de adquisición de muestras de canal de labores subterráneas, procedimientos que se detallan a continuación.

Figura 11 *Programa de perforación, veta Mary zona profundización*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

A lo largo de la veta Mary, en la zona de profundización, por debajo del nivel operativo 1340, se establecieron 3 cámaras de perforación diamantina.

La cámara CA-115 Nv 1340, incluye 12 sondajes programados, la cámara CA-301 Nv 1340 incluye 7 sondajes y finalmente la tercera cámara CA-302 Nv 1340 incluye 12 sondajes.

En total se programaron 31 sondajes para una evaluación exploratoria de la zona de profundización de la veta Mary, haciendo un total de 4,192.90 m. comprometidos.

Perforación Diamantina – Preparación de la cámara.

La preparación se realizó de acuerdo con el proyecto y al tipo de máquina a utilizar, la cámara debe tener las dimensiones necesarias para poder maniobrar la máquina (5m. Ancho, 5m. Largo, 5m. Alto, dimensiones aproximadas y estandarizadas al SMU). El condicional fundamental es la calidad de roca en la zona a perforar, para este trabajo se coordinó con el departamento de geomecánica para el tipo de sostenimiento que tenga que aplicarse, adicional a ello se tiene que considerar una ventilación correcta manteniendo los valores permisibles y también el tema de iluminación, ello con la finalidad de garantizar el mejor rendimiento de los operadores y del equipo.

A. Traslado e instalación de los equipos de perforación

Es importante que el orden y la limpieza del equipo se tomen en cuenta al comenzar a trasladarlo. Antes de mover los equipos al nuevo lugar de perforación, el geólogo de exploraciones mina, en colaboración con el departamento de topografía, debe establecer la dirección o rumbo del taladro.

Para transportar los equipos, se necesita disponer de un equipo que tenga un peso superior al bruto de la máquina perforadora, por ejemplo el Scoop, siguiendo todas las reglas de seguridad para prevenir accidentes potenciales. El supervisor de perforación diamantina, con la ayuda del geólogo, se encargará de coordinar lo que sea pertinente para hacer las instalaciones de aire, agua, drenaje y energía. Después de señalar la dirección de los taladros, se continuó con el nivelado y montaje de la plataforma para colocar la máquina perforadora, dejando bien establecido el equipo teniendo en consideración los estándares de seguridad vigentes en la empresa.

B. Procedimientos de perforación

La perforadora diamantina debe ser manejada por un operador capacitado y autorizado, acompañado de dos ayudantes con el equipo de protección personal correspondiente. Se debe elegir la tubería según el diámetro adecuado a la posición y profundidad del taladro. Los testigos deben colocarse de forma ordenada en las cajas portatestigos, conforme a las corridas realizadas, indicadas en los tacos de madera.

C. Equipos de perforación diamantina

La elección del equipo de perforación tiene en cuenta las propiedades de los tipos de roca que se van a perforar (información litológica de la mina), cuán eficiente es la recuperación de testigos de perforación (RQD), la profundidad de los sondeos y el diámetro final requerido (que, según el plan de perforación, es el HQ y corresponde a la línea que se va a perforar).

El equipo de perforación diamantina incluye una unidad de rotación, una unidad de control, una unidad de potencia, bombas para los lodos, tuberías para perforar y otros implementos, todos ellos bien revisados y constatados en la matriz de pre - uso de los equipos, las mismas que garantizan su funcionalidad y operatividad.

D. Consideraciones de perforación

Las perforaciones se realizaron mediante el método convencional de sondeo con recuperación de testigos, empleando coronas diamantinas y circulación de agua. En las cámaras, el estado del sostenimiento se inspecciona antes, durante y después de su uso. Durante la perforación, el perforista y su ayudante supervisan continuamente parámetros como la velocidad de avance, rotación y el flujo de agua, para garantizar una adecuada recuperación de testigos. Las salidas de agua de las

brocas pueden ser frontales o laterales, según la dureza y alteración de la roca. Asimismo, se controla la profundidad mediante el número de tubos introducidos, y todo el personal es responsable de mantener la seguridad y el cuidado ambiental.

E. Accesorios y herramientas de perforación

Estos equipos también tendrán tuberías de perforación HQ para alcanzar la máxima profundidad, tuberías de revestimiento, un inventario de brocas, zapatas con diamante, escariadores, repuestos e insumos variados y aditivos. Todos estos elementos deben ser inspeccionados conforme a los protocolos de la empresa.

F. Seguridad en la perforación

Hay que tener en cuenta los peligros y riesgos que se corren en la perforación para prevenir cualquier inseguridad en el trabajo.

- En la cámara de perforación:

- Desprendimiento de rocas.
- Contaminación por gases y polvo producto de los disparos.
- Caídas, contusiones por falta de orden y limpieza.

- En el traslado e instalación del equipo:

- Deslizamiento o caída del equipo.
- Electrocutarse por deficiencia en las instalaciones eléctricas.

- En el procedimiento de perforación.

- Lesiones en extremidades por manipuleo de accesorios.
- Sordera por ruidos excesivos cuando no se utiliza tapones de oídos.
- Atrapamiento de extremidades ocasionadas por las piezas rotativas del equipo.

G. Logueo de taladros diamantinos - procedimiento

Se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- Ordenar las cajas de forma ascendente de 0.00 hasta el final del taladro.

- Lavar los testigos con brocha y agua para poder distinguir lo que se ha cortado, también se podrán diferenciar con claridad los tipos de rocas, zonas mineralizadas, fallamientos, buzamientos, etc.
- Se dibujará y escribirá en la hoja de logueo a escala todo lo que se pueda observar: distancias, recuperación, gráfico, dureza, alteraciones, composición, mineralogía y leyes aproximadas.
- En el caso de cortar mineral se marcará la zona para hacer un muestreo posteriormente; los colores que se deben emplear, deben ser los mismos que se utilizan para informes, mapeos, por mantener una uniformidad.

Figura 12 *Logueo optimizado, FUSION CLIENT.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

H. Materiales de logueo

Los materiales que se utilizan para efectuar el logueo son los siguientes:

- Tabla de código de colores.

- Tablero de logueo.
- Hojas de logueo.
- Flexómetro.
- Colores (Lápiz de color profesional)
- Lápiz, borrador, tarjador.
- Protactor.
- Picsa de geólogo
- Lupas de 10 aumentos, 20 aumentos.
- Ácido.
- Brocha, balde con agua.
- Marcador para muestreo.
- Tablet o computadora portátil.

Figura 13 *Sala de CORES*



Nota. Fotografía de la Sala Core de Logueo.

Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

I. Muestreo de testigos - sampling

Para conseguir una información adecuada que permita hacer cálculos sobre la viabilidad de su explotación y la rentabilidad del yacimiento, los estudios realizados en cualquiera de las etapas de exploración, desarrollo o explotación deben ser minuciosamente documentados.

Por las siguientes razones, uno de los métodos más frecuentemente empleados es el de recuperación de testigos utilizando brocas coronas diamantadas:

- La muestra que se obtiene es continua.
- El volumen de muestra por unidad de longitud es más o menos constante.
- El testigo puede ser analizado en superficie en condiciones cómodas y seguras, obteniéndose una información geológica, mineralógica y geotécnica de mayor calidad.
- Los problemas de contaminación son muy reducidos.

Una vez que el testigo ha sido sacado del tubo de sondeo, debe ser lavado y examinado para comprobar que no hay partes dislocadas o invertidas. En las áreas mineralizadas, la toma de muestras se lleva a cabo dibujando una línea a través del centro del testigo y después se divide en dos mitades iguales usando una sierra con disco diamantado. Una de las dos partes se envía para ensayo, mientras que la otra permanece como referencia a la cadena de custodia (con mucha mayor razón si son sondajes de exploración). Los intervalos de muestra, se recomienda que no excedan de 1.50m ni que sean menores a 0.30m (ello por condiciones óptimas para obtener el peso correcto de la muestra y ser enviada a laboratorio para su análisis).

J. Registro de fotografía de Cores

Para garantizar evidencia de información digital, se tiene establecido el procedimiento de toma de fotografías de las cajas con los cores de perforación

diamantina, ello con el cuidado respectivo en cuanto a resolución y perspectiva de las cajas.

Figura 14 *Toma de fotografías de los CORES de perforación diamantina.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

K. Cadena de custodia

Siguiendo las mejores prácticas de la industria minera, y teniendo en consideración los criterios de la norma internacional JORC CODE y NI 43-101, asumen la cadena de custodia de la información recolectado producto de algún proceso preestablecido, evidencias y justificación de la certeza física de algún sumario; es por ello que se designa una zona en específica para el almacenamiento de las cajas con contenido de cores obtenidos por perforación diamantina.

Figura 15 *Cadena de custodia, almacén de cajas con testigos deperforación diamantina.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Muestreo de mineral

En la mayoría de las ramas de la geología, adquirir muestras es una actividad que tiene que realizarse siguiendo los principios geológicos y los métodos óptimos de la industria.

Se realizan trabajos en el contexto de operaciones de minas subterráneas y tajos abiertos. de muestreo que implican la extracción de muestras representativas de los diversos Unidades de explotación y desarrollos para administrar la legislación minera mandado a la Planta Concentradora y permitir una adecuada evaluación de recursos minerales. Para estos trabajos, hay un conjunto de personas denominado muestreros que están en contacto directo con las tareas de extracción de mineral, realizando maniobras que conllevan cierto riesgo potencial.

Dentro del proceso de muestreo existen condiciones de riesgo a los que se encentran expuestos los colaboradores, es por ello que los objetivos de la actividad son los siguientes:

- Prevenir accidentes a las personas involucradas en el proceso.
- Definir un procedimiento general de trabajo a realizar permanentemente, antes, durante y después de toda operación.

Para iniciar el proceso es necesario realizar una serie de pasos técnicos establecidos en los estándares y procedimientos de muestreo en interior mina.

Verificar que todo el personal cuente con los elementos de protección personal adecuados.

- Lámpara de batería debidamente cargada
- Correa portalámparas
- Respirador con filtro en óptimas condiciones
- Protector auditivo
- Mameluco o chaleco reflectante
- Casco
- Botas
- Guantes con protección metatarsal.
- Lentes de Seguridad
- Detector de gases
- Autorescatador

A. Revisión de equipo y materiales de muestreo

Los equipos y materiales serán revisadas y normalizadas en el “check list” de herramientas manuales y “check list” de equipos de poder; las mismas que tendrán que ser validadas y visados por los responsables de áreas.

- Rotopercutor.
- Wincha de 30m
- Distanciómetro
- Flexómetro de 5m
- Puntas de acero con filo diamantado (barrenos con insertos diamantados)
- Comba de 4 lbs.
- Picsa de geólogo
- Morral para muestras
- Precintos de seguridad
- Talonario de muestras
- Pintura látex (al agua)
- Brochas de 2”
- Bolsas de polietileno de 20 x 30 cm
- Libreta de Control
- Lápiz HB
- Lapicero
- Planos de labores con puntos topográficos de referencia
- Tubo de aluminio plegable para pintar

B. Revisión de los materiales para obtener la muestra

La exactitud del muestreo depende mucho del cuidado en no contaminar la muestra, por ello es muy importante limpiar cuidadosamente el equipo que se empleará en tomarla.

Se debe seguir las recomendaciones siguientes:

- Controlar el buen estado del rotopercutor, con la batería 100% cargada más una batería en stand by.

- Las puntas deben estar bien aguzadas y templadas, y no tener muy "champeada" la cara posterior que recibe el golpe.
- La cinta métrica y flexómetro deben ser limpiados diariamente.

Se tuvo en cuenta que un equipo de muestreo en mal estado puede ser causa de muchos accidentes y de la pérdida de exactitud en los resultados que con tanta laboriosidad se han obtenido, por ello se recomiendo hacer el seguimiento respectivo al mantenimiento y la inspección de los equipos de poder y herramientas manuales.

C. Métodos de muestreo

Considerando que la tipología de nuestras estructuras mineralizadas tiene morfología tabular relativamente simple, el método de muestreo más utilizado es el de canales. Metodología que es ampliamente utilizado en las diferentes unidades mineras, con la mayor expectativa de aseguramiento de la muestra.

Muestreo por canales

Este método se emplea para muestrear vetas y mantos de hasta 6 m de potencia. Consiste en realizar un canal rectangular, estrecho y continuo, perpendicular al rumbo de la estructura mineralizada. La ranura debe medir aproximadamente 30 cm de ancho y 2–3 cm de profundidad, manteniendo dimensiones uniformes. El material obtenido equivale a unos 6 a 8 kg por metro muestreado.

Es un procedimiento lento, por lo que generalmente se recolectan solo 4 a 6 muestras al día. Si se combinan varias submuestras de un mismo canal, es necesario conservar la proporción de cada parte respecto al total.

- Antes de arrancar la muestra se limpió el frente para remover el polvo, barro y cualquier otro posible contaminante. Se hizo lavando de la roca con agua y una manguera o frotándola con un cepillo duro y es

recomendable extender el área de limpieza hacia todos los contornos del canal.

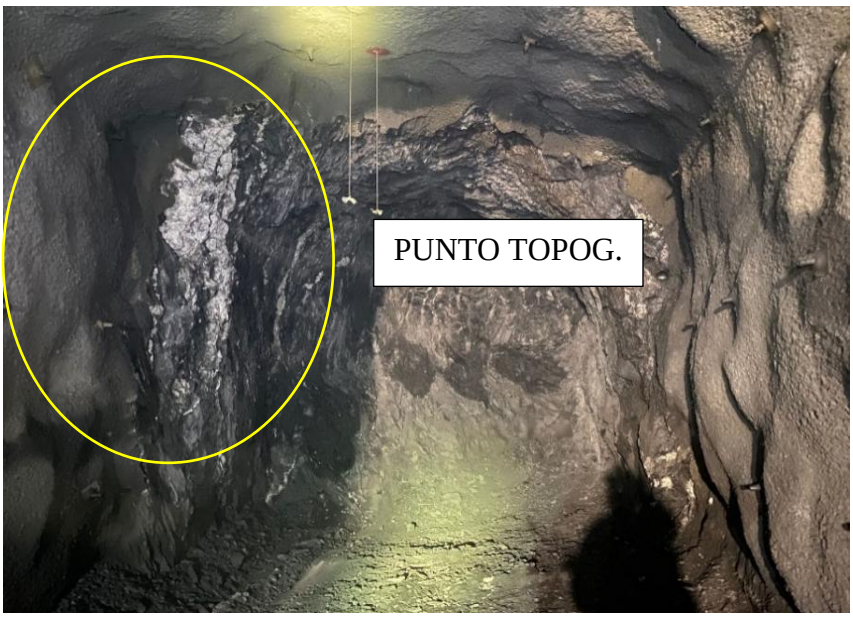
- Se marcó la exacta ubicación del canal dibujando dos líneas paralelas separadas en 20cm y utilizando pintura. La ubicación se determinó por una medida referida a un punto topográfico perfectamente identificable.

Figura 16 *Delimitación de la estructura.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Figura 17 *Ubicación de puntos topográficos referenciales.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- Si la estructura presenta distintas calidades de material, se identificará marcando los tramos para tomar muestra de cada variación, la muestra debe reunir cantidades proporcionales a cada uno de los diversos materiales.

Figura 18 *Mineralización variada.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- El corte del canal se realizó manualmente con punta y combo o bien utilizando alguna máquina cortadora con disco diamantado.
- Se toma como muestra el total del material excavado en el canal.
- La muestra se recoge en bolsa de plástico estéril sin roturas, de medida especial para incorporar al interior de la cuna de lona con mango de agarre, teniendo mucho cuidado en evitar contaminar la muestra con partículas que no corresponden al canal.
- La muestra acumulada no debe ser mayor de 2 cm, los mayores se deben reducir a tamaños de partículas utilizando la picsa o el combo de 4lb,

teniendo mucho cuidado de utilizar como mortero la comba totalmente estéril y cuidando evitar la pérdida de partículas de material.

- Inmediatamente el maestro muestreo procedió a tomar las medidas de Potencia de Veta, Ancho de Labor, ubicación y llenado del formato de identificación de la muestra. El formato para utilizar se denominará tarjeta de muestreo y el modelo de cómo rellenar es el siguiente:

Figura 19 *Toma de AV de estructuras.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- En la parte posterior de la tarjeta de muestreo se graficó el croquis de ubicación del muestreo y adicionalmente cada canal de muestreo deberá contar con un croquis en sección transversal indicando la forma de la estructura muestreada, potencia de veta medida y ancho de labor considerado, el talón de la tarjeta se incorpora dentro de la bolsa de muestra, y finalmente se pesó la muestra ya codificada.
- La distancia entre canales depende de la heterogeneidad de la mineralización dentro de la estructura, no siendo aconsejable, por pérdida de la representatividad de las muestras, separaciones que superen los 5m.

- Luego se procederá a sacar la bolsa de la cuna para cerrar herméticamente no sin antes colocar el talón de la tarjeta de identificación que debe ser llenado con los datos de la labor muestreada, pegar en la bolsa y en la tarjeta la etiqueta de código de barras que identifica a la muestra en el sistema.
- Después de cogida la muestra se marca con pintura el perímetro del canal y el número de canal para facilitar su ubicación y apreciación de la estructura mineralizada.
- La muestra recogida se coloca en una bolsa de plástico completamente limpia y se le adjunta el talón desglosable anudado en el cuello de la bolsa, evitando su posible deterioro durante el transporte.

Figura 20 *Tarjeta de muestreo*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Son dos procesos de mayor relevancia desarrollada en campo, tanto la perforación diamantina y la toma de muestras de canal en labores minera subterráneas forman e integran un papel muy importante dentro de la segunda fase de proyecto, fase que se encarga de la recolección y administración de la información, todo ello válida para una tercera fase de ejecución e interpretación de resultados.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Ubicación del proyecto

El proyecto desarrollado involucra a la Veta Mary en particular, estructura de dimensiones regionales dentro del distrito minero de Yauli. La veta Mary presenta una dirección NE – SW perpendicular al rumbo andino.

4.2.2. Geología Local

La compleja geología del distrito ha favorecido la formación de diversos depósitos minerales ampliamente distribuidos en la zona, así como el desarrollo de la actividad minera estructural ha sido de gran impacto a lo largo de todo el distrito minero.

La fase de mineralización ocurrió después de la etapa final del plegamiento "Quechua" y de la aparición de fracturas por tensión. Soluciones residuales mineralizantes que probablemente se generaron a partir de los stocks de monzonita cuarcífera invadieron el área, lo que ocasionó la creación de mantos, vetas y cuerpos. No obstante, es importante señalar que en años recientes se ha buscado explicar el origen de los mantos como exhalativo-sedimentario (mineralización jurásica), lo cual sucedería al mismo tiempo que las calizas se depositaban, gracias al aporte mineral proveniente de un filón o filones. (mineralización Jurásica-Terciaria).

A. Mineralización

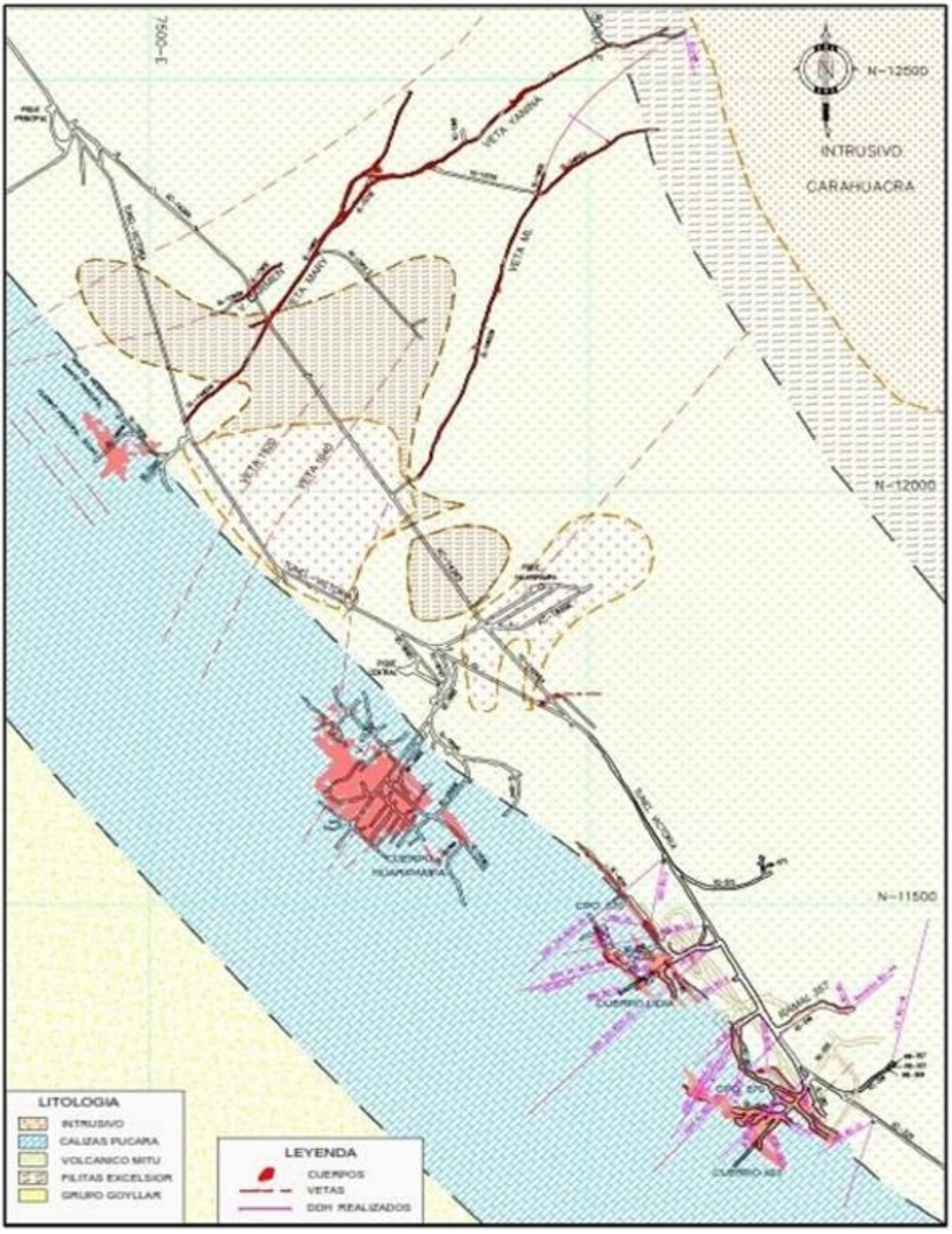
Las fracturas de la unidad Carahuacra se llenaron, principalmente, a través de vetas o filones; los que se desarrollaron a lo largo de fracturas de tensión fueron más mineralizados. Las fallas de cizalla no tuvieron una buena mineralización, o fueron poco mineralizadas, porque contenían mucho panizo. Se ubican en todo el distrito minero, siendo su mayor desarrollo en los volcanes del Grupo Mitu, el cual se extiende en mayor magnitud en la mina Carahuacra.

B. Controles de mineralización

La mineralización está controlada principalmente por factores estratigráficos y estructurales. En el aspecto estratigráfico, destaca el reemplazo de capas fracturadas, silicificadas o dolomitizadas, así como el contacto entre rocas volcánicas y las calizas Pucará como elementos clave.

Se revela el control estructural a través de un fracturamiento pre-mineral intenso que es transversal a la estructura regional, con una dirección entre 60 y 85 grados al norte. Es relevante dirigir investigaciones en estas estructuras al interrumpir el contacto entre calizas-vulcánicas o capas de calizas dolomitizadas a las que se cruzan feeders y/o vetas, la cual expresa mayor oportunidad de crecimiento de la unidad minera, la misma que se tiene que profundizar mediante estudios de exploración geológica.

Figura 21 *Plano Geológico – control de mineralización*

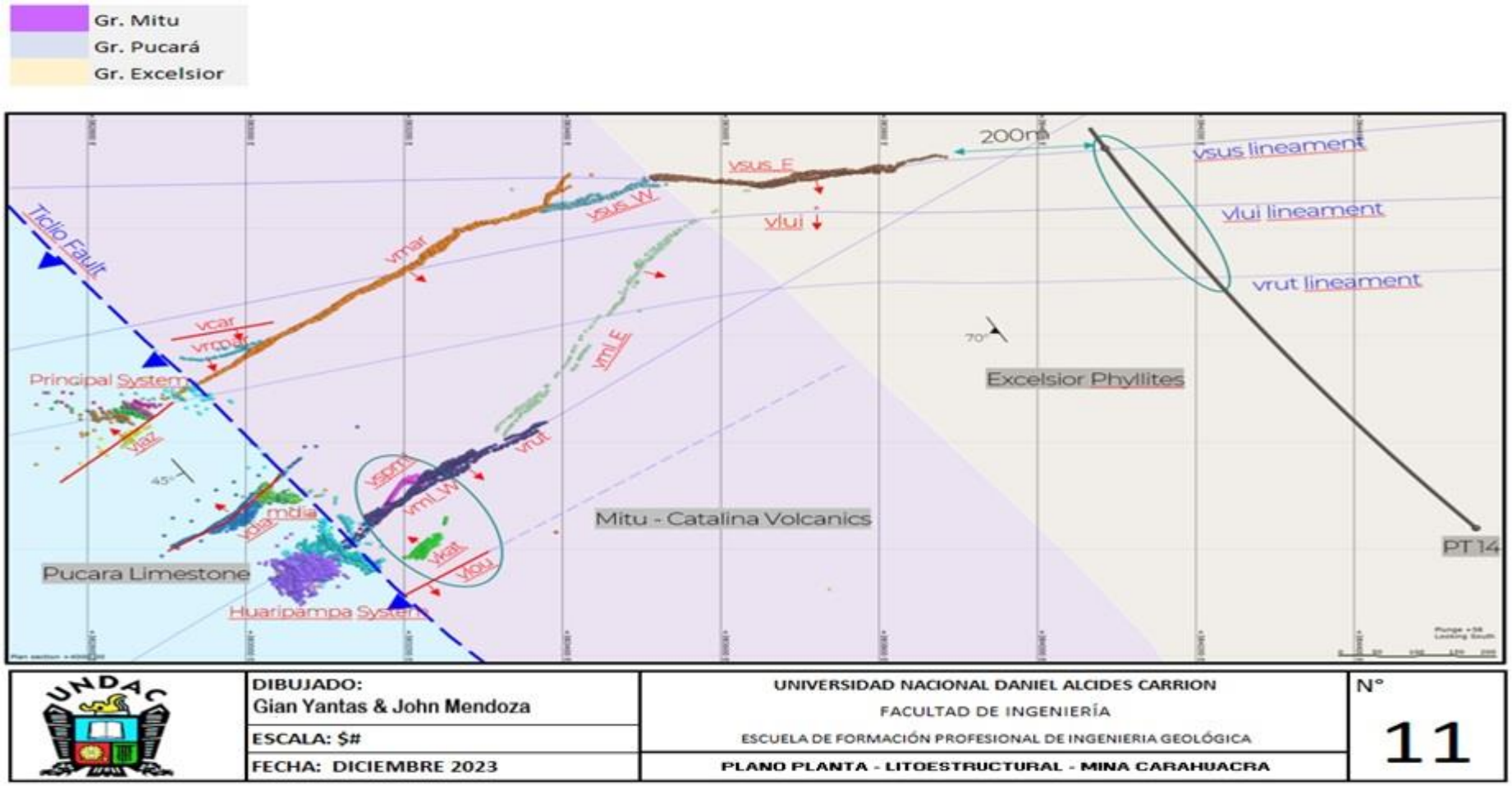


Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.C.

4.2.3. Geología de la zona de Veta Mary

La veta Mary es una de las estructuras principales del distrito minero, abarca una longitud kilométrica de aproximadamente 1.5 km; con rumbo NE-SW, perpendicular al rumbo andino, litológicamente está limitado por 3 grandes grupos, el grupo pucará, con las caliza características al lado W de la estructura; el grupo Mitú, caracterizado por la presencia de facies volcánicas y niveles conglomeráticas y finalmente el grupo Excélsior, se presenta con las filitas al lado Norte de la estructura mineralizada; mineralógicamente la veta es una estructura masiva de esfalerita (sf) en un alto porcentaje de concentración, acompañado de menas de cobre tales como la calcopirita (cpy), marmatita (mt), siderita (sd), pirita(py).

Figura 22 *Plano litoestructural – Veta Mary - Mina Carahuacra*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

4.2.4. Oportunidad de mejora

A. Escenario actual:

- No se cuenta con información de la geoquímica en zonas de profundización
- La mayor parte de la categoría de recursos se encuentra como inferido, la misma que invita a poder realizar un proceso de recategorización.
- Definir la continuidad de mineralización de la veta Mary en zonas de profundización.

B. Impacto:

- Mayor incertidumbre con respecto al escenario geológico de la veta Mary en la zona de profundización.

C. Alternativas y oportunidades:

- Realizar un programa de perforación que ayude a conocer el potencial mineralógico de la zona de profundización de la veta Mary.
- Identificar patrones característicos de la Veta y definir su continuidad.
- Establecer el mejor criterio para definir la cantidad de taladros a una malla óptima.
- Obtener un Modelo Predictivo de Corto Plazo que ayude en la toma de decisión para una viabilidad económicamente explotable.

4.2.5. Conceptos fundamentales específicos

A. El cateo

Incluye el muestreo sistemático, el desarrollo de labores subterráneas y el reconocimiento superficial de anomalías geológicas.

B. La prospección

Intenta descubrir zonas potenciales de mineralización a través de la ciencia y con métodos geológicos más complejos. Se emplean indicadores clave de rendimiento (KPI) químicos y físicos, imágenes aéreas, información obtenida por satélites, mapas geológicos, entre otros.

C. Perforación diamantina

El método de perforación diamantina consiste en usar una broca diamantada como herramienta de corte para obtener muestras de suelos y rocas, las cuales son empleadas para estudiar las características físicas y mecánicas de un terreno específico.

D. Muestreo

Se denomina muestra a la pequeña parte o fracción que se extrae de un conjunto de material con un volumen mucho mayor, de manera que es posible estimar las características del todo analizando las cualidades de la muestra.

E. $ NSR

El Net Smelter Return (NSR) es una técnica que se utiliza para examinar el efecto económico que tiene la cantidad de metal en los concentrados, considerando tanto el costo del proceso minero como los precios de mercado de los metales.

4.2.6. Plan de ejecución

Los equipos involucrados son Geología y Planeamiento, ambas áreas definirán la viabilidad económicamente explotable de la zona de profundización de la veta Mary.

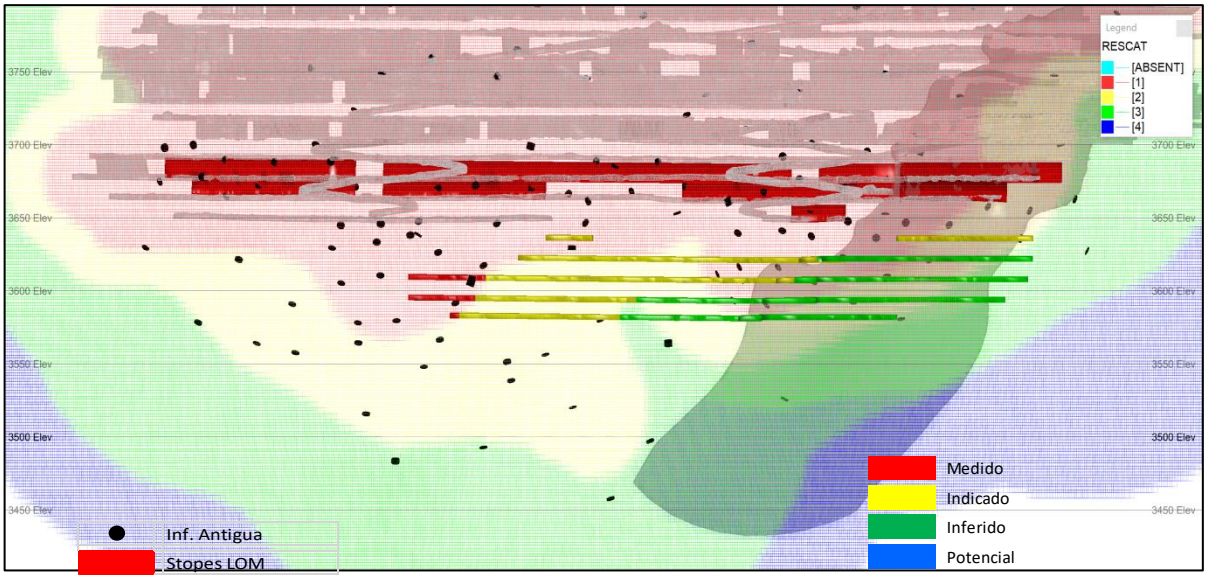
Básicamente el plan consistió en:

A. Evaluar la veta Mary en Gabinete, toda la información geológica y Diseñar estrategias para determinar el plan de perforación

Existen antecedentes de la continuidad de la veta Mary en profundidad, la información de los pisos superiores nos da indicios de que prospera de manera óptima, la misma que nos deriva a poder implementar criterios geológicos y poder plantear el desarrollo de esta y poder llegar a conclusiones favorables que ayuden a posibilitar una perspectiva razonable de explotación en niveles de profundización.

Para ello la estrategia inicial fue el de evaluar los "plunge de mineralización" de un modelo anterior de la Veta Mary, simulando el tema operativo y la metodología de minado, para poder zonear puntos calientes que ayuden a optimizar el programa de perforación.

Figura 23 *Sección longitudinal Veta Mary – recursos minerales*

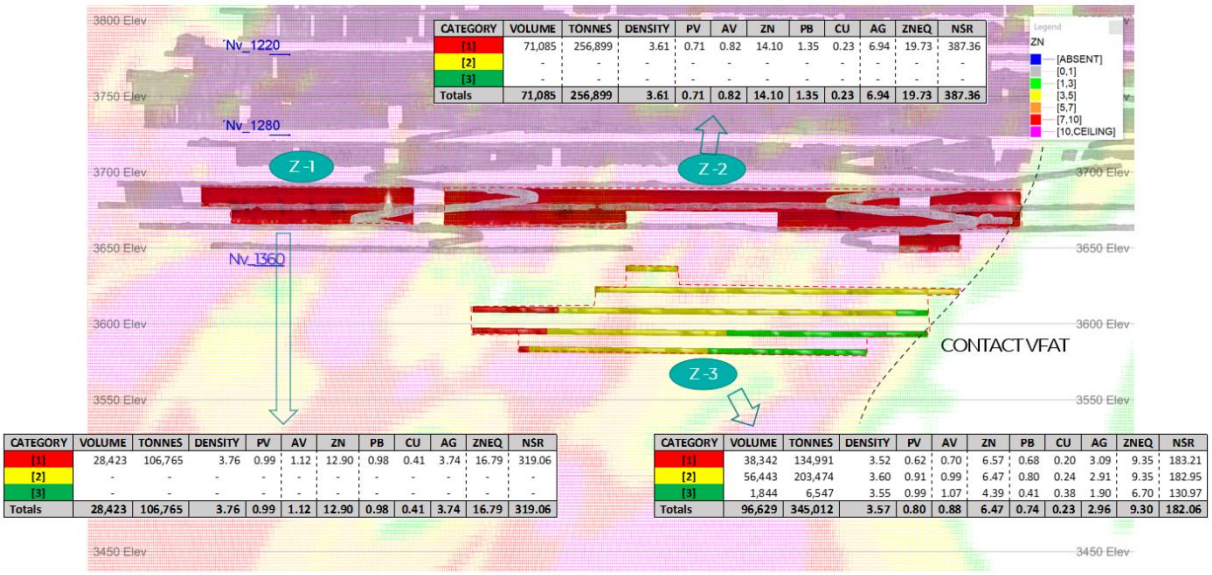


Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

En la (figura 23) anterior se evidencia la continuidad operativa de la veta Mary, existen STOPES para minar en zonas de categoría MEDIDO,

INDICADO E INFERIDO. Como se observa existe una zona de considerable dimensión de Categoría INFERIDO.

Figura 24 *STOPES LOM – Valores programados*



CATEGORY	VOLUME	TONNES	DENSITY	PV	AV	ZN	PB	CU	AG	ZNEQ	NSR
[1]	71,085	256,899	3.61	0.71	0.82	14.10	1.35	0.23	6.94	19.73	387.36
[2]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[3]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totals	71,085	256,899	3.61	0.71	0.82	14.10	1.35	0.23	6.94	19.73	387.36

CATEGORY	VOLUME	TONNES	DENSITY	PV	AV	ZN	PB	CU	AG	ZNEQ	NSR
[1]	28,423	106,765	3.76	0.99	1.12	12.90	0.98	0.41	3.74	16.79	319.06
[2]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
[3]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totals	28,423	106,765	3.76	0.99	1.12	12.90	0.98	0.41	3.74	16.79	319.06

CATEGORY	VOLUME	TONNES	DENSITY	PV	AV	ZN	PB	CU	AG	ZNEQ	NSR
[1]	38,342	134,991	3.52	0.62	0.70	6.57	0.68	0.20	3.09	9.35	183.21
[2]	56,443	203,474	3.60	0.91	0.99	6.47	0.80	0.24	2.91	9.35	182.95
[3]	1,844	6,547	3.55	0.99	1.07	4.39	0.41	0.38	1.90	6.70	130.97
Totals	96,629	345,012	3.57	0.80	0.88	6.47	0.74	0.23	2.96	9.30	182.06

Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

La figura anterior (ver figura 13) muestra el modelo de recursos de la veta Mary por la ley de ZN (elemento principal) más los STOPES programados y las leyes comprometidas, tonelaje y volumen de cada zona (z1 – z2 – z3). Como se evidencia, se tiene valores muy interesantes en niveles superiores.

La zona 1 y zona 2, son STOPES con mayor certeza, ya que se cuenta con información de canales que ayudan a incrementar el nivel de certeza de todo ese block.

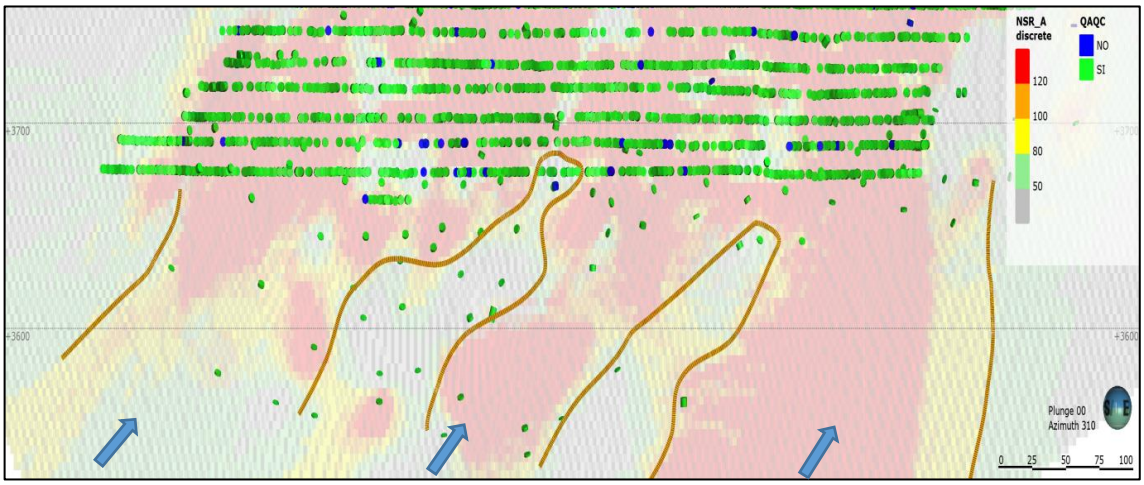
La zona 3, a comparaciones del resto se encuentra en categorías INDICADO e INFERIDO, categorías en donde el nivel de certeza es relativamente bajo, es por ello que se considera como oportunidad poder explorar toda esa zona a lo largo de la veta Mary.

A continuación, se presentan simulaciones de la veta Mary para unas interpretaciones asociado al ancho de labor y el método de minado.

- NSR > 80$ / Método Taladros Largos AL=1m

Zonas favorables a un valor económico mayor a 80$ / tn; como se observa sí existe una gran proporción de la estructura que cumple la condición económica.

Figura 25 *Evaluación NSR >80$*

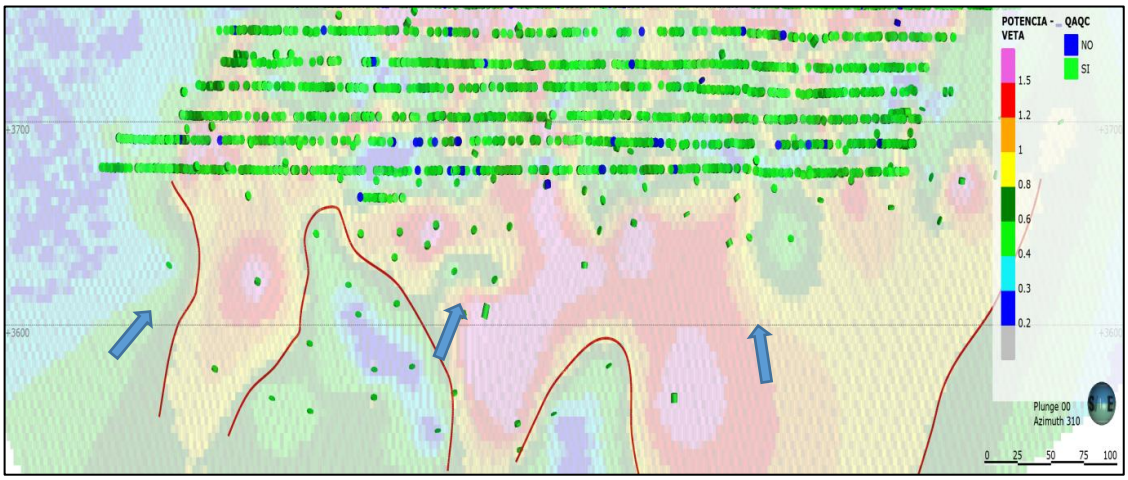


Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- POTENCIA DE VETA PV > 0.80 m / Método Taladros Largos AL=1m

Con esta condición el área es más específica, zoneado de manera más conservadora las zonas favorables para establecer el programa de perforación.

Figura 26 *Evaluación PV>0.80m*

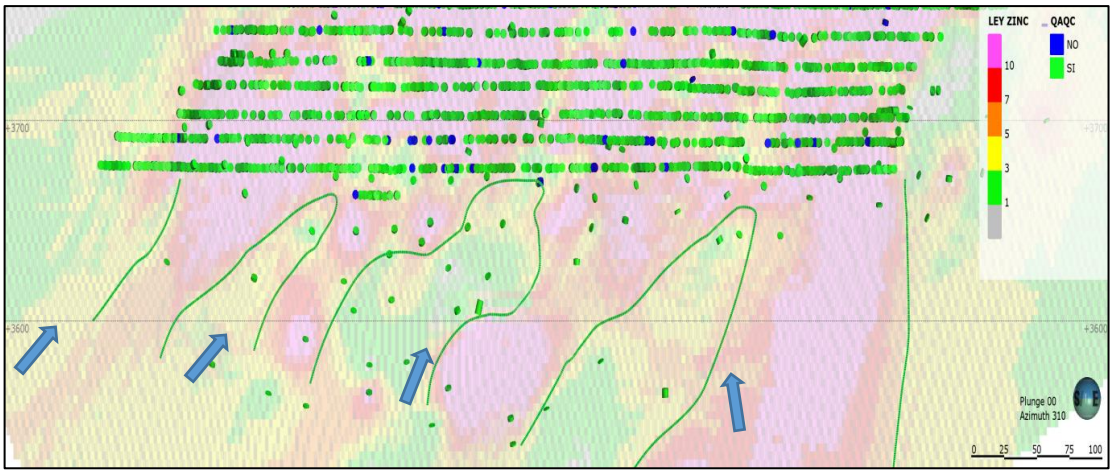


Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- LEY DE ELEMENTO PRINCIPAL ZN > 5% / Método Taladros Largos AL=1m

Para este caso aún más se ve restringida las zonas favorables para establecer el programa de perforación, las mismas que se exponen en 4 grandes direcciones representativas.

Figura 27 *Evaluación Zn>5%*

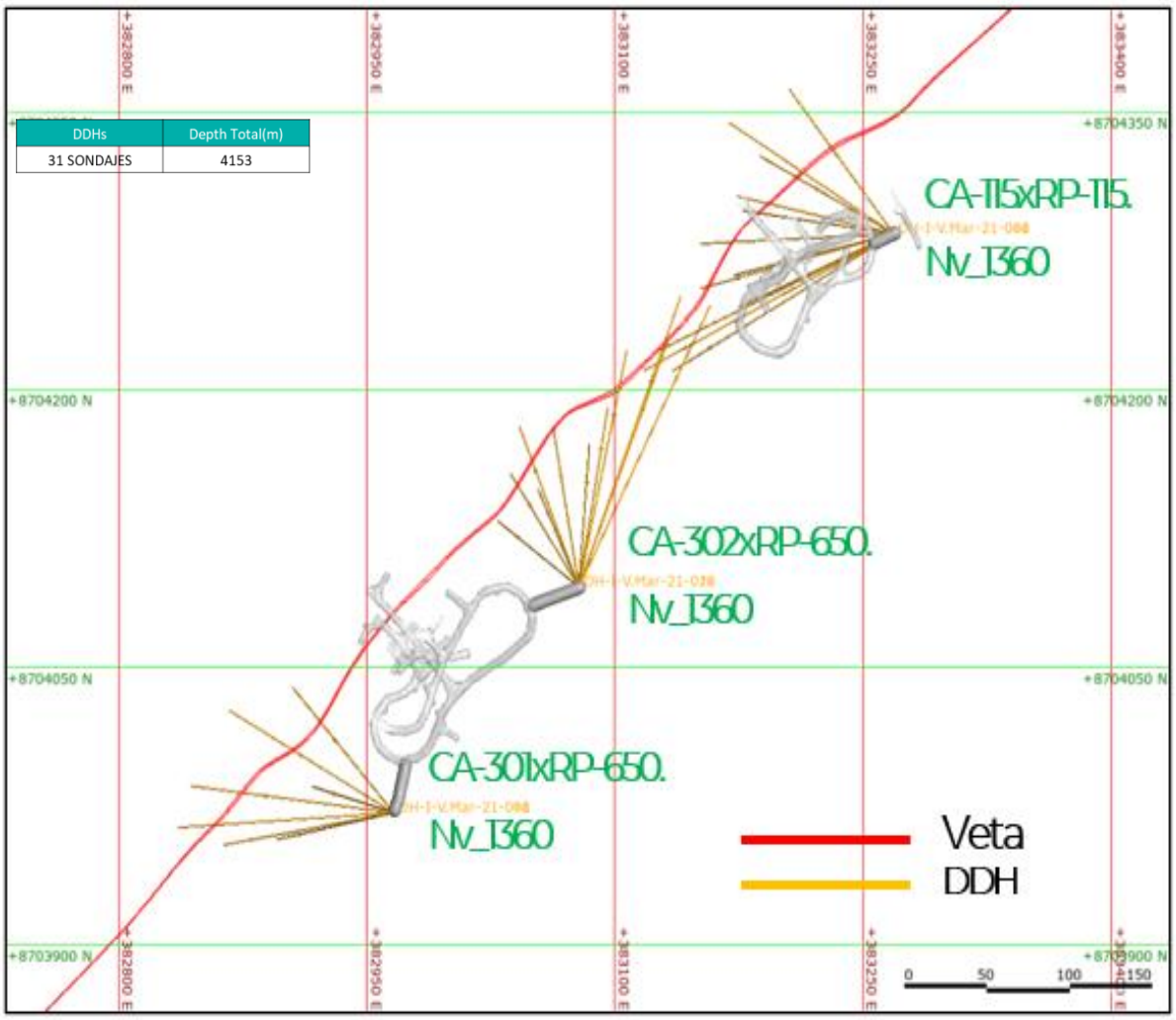


Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

B. Interpretación de resultados

En función a lo analizado según parámetros económicos de NSR ($/tn), potencia de veta (PV) y valores geoquímicos del elemento principal (%Zn), pasamos a realizar una combinación de parámetros más determinante dentro de la operación, que son la Potencia de veta (PV) y el valor geoquímico del elemento principal (%Zn), ello con la finalidad de establecer criterios más consolidados sumando ambas variables al análisis general, ello con la finalidad de establecer el programa de perforación válido para la recategorización de la zona de profundización.

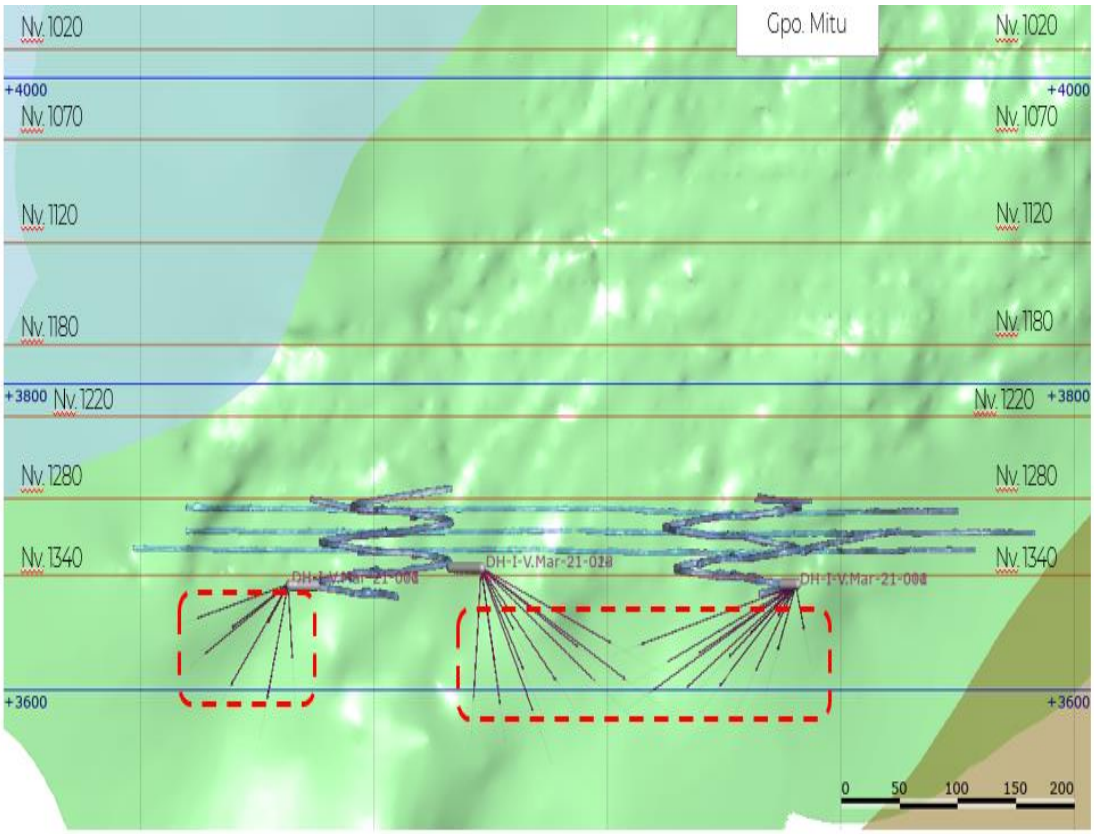
Figura 28 *Planteamiento de taladros Nv 1360*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Se establece 3 grupos, las cuales están establecidos en el nivel 1360 (collar), de donde desarrollamos la perforación.

Figura 29 *Programa de perforación propuesto*

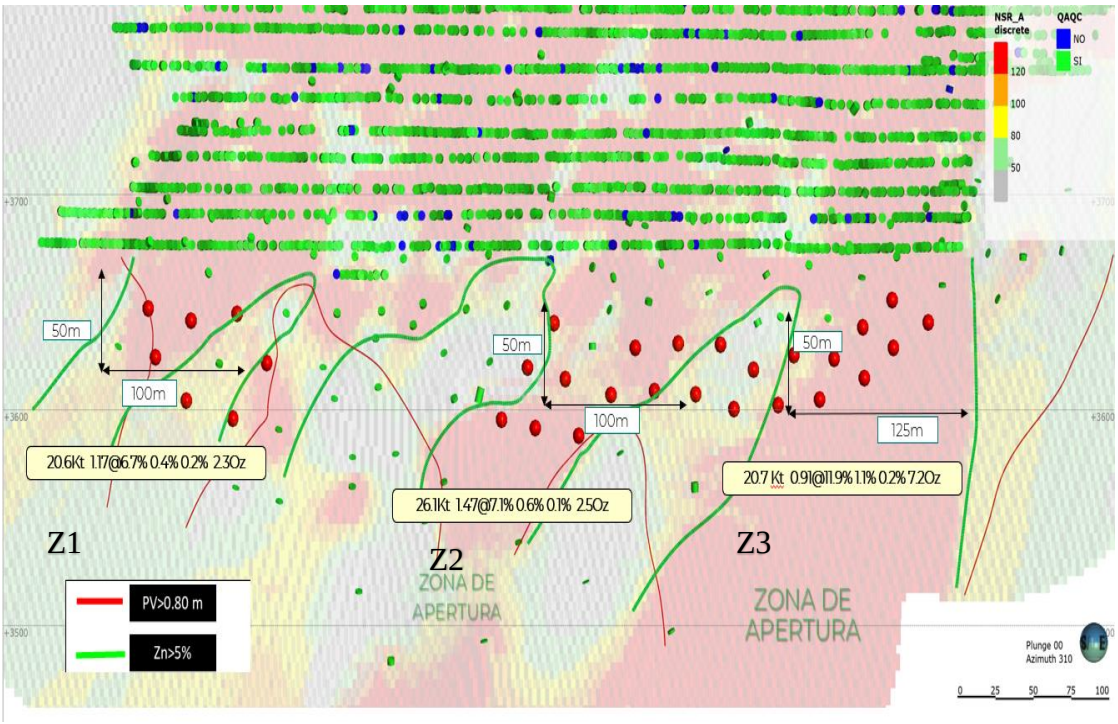


Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Del análisis realizado se propone el programa de perforación con 31 puntos (puntos de impacto) a desarrollarse en la veta Mary en la zona de profundización Nv 1340.

Como todo plan de perforación, éste va acompañado de valores geoquímicos de leyes planeadas y del tonelaje estimado a recategorizar, para ello se procede con el dimensionamiento longitudinal de las zonas de interés, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 30 *Combinación de variables PV y %Zn – Dimensionamiento.*



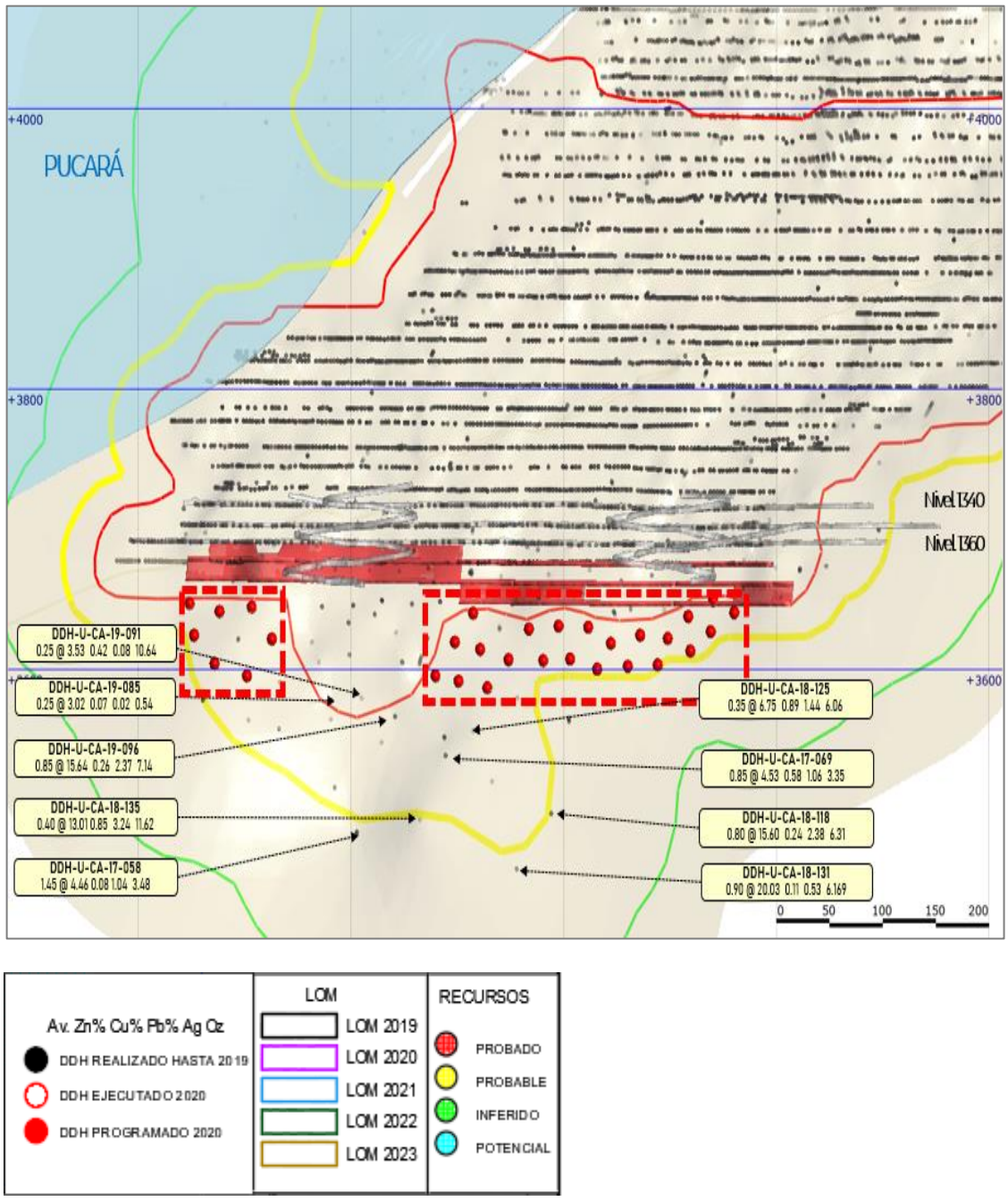
Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Las zonas fueron sectorizadas en dimensiones relativas de 50m x 100m, las mismas que guardan relación con el análisis que se desarrolló referente a la Potencia de veta y a valores geoquímicos en las zonas de apertura (plunge de mineralización).

- **Z1** = 20.6K con potencia de 1.17m y leyes de Zn6.7%, Cu 0.4%, Pb 0.2% y 2.3Oz de Ag
- **Z2** = 26.1K con potencia de 1.47m y leyes de Zn7.1%, Cu 0.6%, Pb 0.1% y 2.5Oz de Ag
- **Z3** = 20.7K con potencia de 0.91m y leyes de Zn11.9%, Cu 1.1%, Pb 0.2% y 7.2Oz de Ag

Se considera oportuno, también desarrollar la evaluación de la información adyacente al programa de perforación, la cual pasamos a detallar a continuación.

Figura 31 *Evaluación información adyacente al programa de perforación.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

La figura anterior también expresa el potencial de la zona de profundización de la veta Mary, existe información antigua que necesita corroboración, tener en cuenta que en tiempos pasados el tema de control de calidad (exactitud y precisión) no solía ser controlado de manera eficaz.

Tabla 2 *Cuadro Gantt – Programa de perforación.*

ZONA	MAQUINA	METROS	CAMARA	PRIORIDAD	STATUS	ACTIVIDADES	NV	VETA	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23
CALIZAS	XRD-90-02	1,150	CA-113_Nv-920	1	100%	Estandarizada	920	Manto Principal	1	1	1							
									0	0	0							
		2,110	CA-202_Nv-920	1	80%	Sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	920	Veta Jazmín				1	1	1	1	1		
												0	0	0	0	0		
	XRD90-06	1,050	CA-02_AC-310_Nv-970	1	90%	Sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	970	Manto Poderosa	1	1	1							
									0	0	0							
		500	CA-151_BP-151_Nv-920	2	0%	Desarrollo de 20 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	920	Veta Feeder				1						
												0						
		420	CA-119_BP-151_Nv-920	2	0%	Desarrollo de 65 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	920	Manto Paula					1					
													0					
		1,830	CA-671_BP-671_Nv-1020	2	0%	Desarrollo de 65 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1020	Veta Teresa						1	1	1	1	1
														0	0	0	0	0
VOLCÁNICOS	XRD-80-06 (Bob-Cat)	1,930	CA-381_AC-651_Nv-1070	1	20%	Desarrollo de 10 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1070	Veta Ramal Mary	1	1	1							
										0	0							
		290	CA_AC-926_Nv-920	2	0%	Sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	920	Veta ML				1						
												0						
		360	CA_RP-750-1_Nv-920	2	0%	Sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	920	Veta ML				1						
												0						

		460	CA_RP-750-2_Nv-920	2	0%	Sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	920	Veta ML
		1,433	CA_Nv-1180	2	0%	Desarrollo de 20 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1180	Veta Ruth
	XRD-90-M04	1,620	CA-200_RP-115_Nv-1360	1	100%	Desarrollo de 12 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1360	V. Mary
		870	CA-210_RP-650_Nv-1340	1	0%	Desarrollo de 15 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1340	V. Mary
		1,600	CA-212_RP-650_Nv-1340	1	0%	Desarrollo de 15 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1340	V. Mary
		2,350	CA-121_AC-121_Nv-1340	1	0%	Limpieza de 33 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1340	V. Fátima
	XRD-90-M05	860	CA-691_RP-586_Nv-1180	1	90%	Sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1180	V. Susana
		1,190	CA-3850_RP-3850_Nv-1180	1	0%	Sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1180	V. Susana
		1,960	CA-437_BP-368_Nv-1220	1	0%	Desarrollo de 20 metros, sección 6x6x6, nicho, poza y servicios	1220	V. Susana

Como el cuadro Gantt reflejó, se desarrolla el proyecto en litología volcánica, la máquina de perforación diamantina asignada es la WRD-90M04, equipo de gran rendimiento y eficiencia aceptable. El programa de desarrolla a lo largo del año, en periodos definidos según prioridad y disponibilidad del equipo y demás necesidades.

C. Aseguramiento y calidad de información (QA/QC)

El reporte mensual de QAQC tiene como objetivo monitorear, detectar y corregir errores, además de prevenirlos durante el proceso de muestreo, traslado preparación, análisis de muestras, la evaluación se realiza con los gráficos de control de precisión, exactitud y contaminación, tanto para lotes en muestras de canales y sondajes diamantinos, la evaluación ha sido desarrollada bajo los criterios establecidos en el Protocolo de QAQC – 2014 Volcán Compañía Minera S.A.A.

- Datos Incluidos

Tabla 3 *Cuadro resumen de muestras*

Cuadro De Resumen De Muestras

Tipo	**San Cristóbal**		**Carahuacra**		**Sub Total**	**Sub Total**	**Total**
	Ordinarias	Controles	Ordinarias	Controles	**Ordinarias**	**Controles**	
Canales	1299	244	525	137	1824	381	2205
Sondajes	444	88	1040	197	1484	285	1769
Subtotal	1743	332	1565	334	3308	666	3974

Nota. Todas las muestras han sido analizadas por 9 elementos, sin embargo, para el reporte se evaluaron 4 elementos principales: Cu, Pb, Zn y Ag.

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

D. Resultados de Precisión – Gemelas

Los resultados obtenidos han sido evaluados en función a la proporción de pares fallidos que no superen un error relativo al 30% entre los resultados de sus leyes de la muestra original y su gemela por cada elemento principal, los criterios son los siguientes:

- Aceptable: debe ser <= al 10% (tasa de error).
- Inaceptable: debe ser > al 10% (tasa de error).

Para un total de 3,308 muestras, 99 muestras gemelas fueron evaluadas, los cuales representan el 3.0% de tasa de inserción para Mina Carahuacra.

En una evaluación general los pares fallidos de las muestras gemelas se encuentran dentro del rango aceptable para Cu, Pb, Zn y Ag.

Tabla 4 *Resultado de precisión – Gemelas*

Carahuacra						
Elemento		**Total**	**Gemelas**			
			Controles	% Inserción	Pares Fallidos	% Tasa Error
Subtotal	Cu_%	1565	52	3.3%	0	0.0%
	Pb_%	1565	52	3.3%	3	5.8%
	Zn_%	1565	52	3.3%	6	11.5%
	Ag_ppm	1565	52	3.3%	3	5.8%
Canales	Cu_%	525	27	5.1%	0	0.0%
	Pb_%	525	27	5.1%	1	3.7%
	Zn_%	525	27	5.1%	1	3.7%
	Ag_ppm	525	27	5.1%	2	7.4%
Sondajes	Cu_%	1040	25	2.4%	0	0.0%
	Pb_%	1040	25	2.4%	1	3.8%
	Zn_%	1040	25	2.4%	5	20.0%
	Ag_ppm	1040	25	2.4%	1	4.0%

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

- Resultados de Precisión – Duplicados Gruesos

  Los resultados obtenidos han sido evaluados en función a la proporción de pares fallidos que no superen un error relativo al 20% entre los resultados de sus leyes de la muestra original y su duplicado grueso por cada elemento principal entre la muestra original y su duplicado grueso, los criterios son los siguientes:

  Aceptable: debe ser <= al 20% (tasa de error)

  Inaceptable: debe ser > al 20% (tasa de error)

  Para un total de 3,308 muestras, 77 duplicados gruesos fueron evaluados, los cuales representan el 2.3% de tasa de inserción para la mina de Carahuacra.

  Los resultados de los duplicados gruesos tanto para muestras de canales y sondajes están considerados dentro de los rangos aceptables para Cu, Pb, Zn y Ag.

- Resultados de Precisión – Duplicados finos

  Los resultados obtenidos han sido evaluados en función a la proporción de pares fallidos que no superen un error relativo al 10% entre los resultados de sus leyes de la muestra original y su duplicado grueso por cada elemento principal entre la muestra original y su duplicado grueso, los criterios son los siguientes:

  Aceptable: debe ser <= al 10% (tasa de error)

  Inaceptable: debe ser > al 10% (tasa de error)

  Para un total de 3,308 muestras, 88 duplicados finos fueron evaluados, los cuales representan el 2.7% de tasa de inserción para Mina San Cristóbal – Carahuacra.

Los resultados de los duplicados finos tanto para muestras de canales y sondajes están considerados dentro de los rangos aceptables para Cu, Pb, Zn y Ag

Tabla 5 *Resultado de precisión – duplicados gruesos y finos*

Elemento		Total	Duplicados Gruesos				Duplicados Finos			
			Controles	% Inserción	Pares Fallidos	% Tasa Error	Controles	% Inserción	Pares Fallidos	% Tasa Error
TOTAL	Cu_%	3308	77	2.3%	0	0.0%	88	2.7%	0	0.0%
	Pb_%	3308	77	2.3%	0	0.0%	88	2.7%	0	0.0%
	Zn_%	3308	77	2.3%	0	0.0%	88	2.7%	0	0.0%
	Ag_ppm	3308	77	2.3%	0	0.0%	88	2.7%	0	0.0%
Canales	Cu_%	1824	42	2.3%	0	0.0%	46	2.5%	0	0.0%
	Pb_%	1824	42	2.3%	0	0.0%	46	2.5%	0	0.0%
	Zn_%	1824	42	2.3%	0	0.0%	46	2.5%	0	0.0%
	Ag_ppm	1824	42	2.3%	0	0.0%	46	2.5%	0	0.0%
Sondajes	Cu_%	1484	35	2.4%	0	0.0%	42	2.8%	0	0.0%
	Pb_%	1484	35	2.4%	0	0.0%	42	2.8%	0	0.0%
	Zn_%	1484	35	2.4%	0	0.0%	42	2.8%	0	0.0%
	Ag_ppm	1484	35	2.4%	0	0.0%	42	2.8%	0	0.0%

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

- Resultados de exactitud

Los resultados y la evaluación de los estándares están en función del BIAS entre su ley certificada y su media de las leyes reportadas por laboratorio por cada elemento principal, tomando en cuenta los criterios de las muestras fuera de control con un límite de 2DE y 3DE, los criterios de evaluación son los siguientes:

Bueno: sesgo está entre 0 y ± 5%

Cuestionable: si el sesgo está entre ± 5 a ± 10%

Inaceptable: si es el sesgo es > 10%, o < -10%

Para un total de 3,308, se evaluaron 222 materiales de referencia entre estándares de leyes bajas, medias y altas, los cuales representan a una tasa de inserción de 6.7%.

Tabla 6 *Resultados de Exactitud – Estándares*

			Exactitud						
Tipo	**Elemento**	**Total**	**Controles totales**	% Inserción	MFC (*)	Controles evaluados	Sesgo %	CV %	Condición
Estándar Bajo (ST210007)	Cu_%	3308	79	2.4%	2	77	1.7	0.7	Bueno
	Pb_%	3308	79	2.4%	1	78	-2.8	1.0	Bueno
	Zn_%	3308	79	2.4%	2	77	-4.9	0.8	Bueno
	Ag_ppm	3308	79	2.4%	5	74	0.2	0.7	Bueno
Estándar Medio (ST210008)	Cu_%	3308	75	2.3%	1	74	0.1	0.4	Bueno
	Pb_%	3308	75	2.3%	1	74	-1	0.5	Bueno
	Zn_%	3308	75	2.3%	0	75	-1.4	0.6	Bueno
	Ag_ppm	3308	75	2.3%	2	73	3.5	0.6	Bueno
Estándar Alto (ST210009)	Cu_%	3308	68	2.1%	3	65	2.1	1.6	Bueno
	Pb_%	3308	68	2.1%	4	64	-0.1	1.0	Bueno
	Zn_%	3308	68	2.1%	0	68	-0.4	0.4	Bueno
	Ag_ppm	3308	68	2.1%	2	66	-0.9	0.4	Bueno

Nota. *MFC: Muestras fuera de control.

Fuente: Volcan Compañía Minera SAA.

ESTÁNDAR BAJO – ST210007

Para un total de 3,308 muestras, 79 estándares fueron evaluadas para Mina Carahuacra, correspondiente a una tasa de inserción de 2.4%.

Los resultados presentan un sesgo menor a ± 5% con una condición de "Bueno" para los elementos Cu, Pb, Zn y Ag, la media de los resultados del estándar bajo presenta una distribución en torno a resultados por encima del valor certificado para leyes de Cu y Ag, y por debajo del valor certificado para leyes de Pb y Zn tal como se presenta en la tabla 06.

ESTÁNDAR MEDIO – ST21008.

Para un total de 3,308 muestras, 75 estándares fueron evaluadas para Mina - Carahuacra, correspondiente a una tasa de inserción de 2.3%.

Los resultados presentan un sesgo menor a ± 5% con una condición de "Bueno" para los elementos principales, la media de los resultados del estándar medio presenta una distribución en torno a resultados por encima del valor certificado para leyes de Cu y Ag, y por debajo del valor certificado para leyes de Pb y Zn, tal como se presenta en la tabla 06 (ver tabla 06).

ESTÁNDAR ALTO – ST210009

Para un total de 3,308 muestras, 68 estándares fueron evaluadas para Mina - Carahuacra, correspondiente a una tasa de inserción de 2.1%.

Los resultados de la evaluación presentan un sesgo menor a ± 5% con una condición de "Bueno" para los elementos principales, la media de los resultados del estándar alto presenta una distribución en torno a resultados

por encima del valor certificado para leyes de Cu y por debajo del valor certificado para leyes de Pb, Zn y Ag.

- Resultados de contaminación

  Los resultados obtenidos han sido evaluados según los siguientes criterios:

  Límite de seguridad en blancos finos: 3 veces el límite mínimo de detección de laboratorio.

  Límite de seguridad en blancos gruesos: 5 veces el límite mínimo de detección de laboratorio.

Tabla 7 *Resultados de contaminación*

Contaminación										
Mina	Elemento	Total	Blanco Fino				Blanco Grueso			
			Controles	% Inserción	Nro. Blancos Contaminados	% Contaminación	Controles	% Inserción	Nro. Blancos Contaminados	% Contaminación
San Cristóbal - Carahuacra	Cu_%	3308	81	2.4%	0	0.0%	81	2.4%	0	0.0%
	Pb_%	3308	81	2.4%	0	0.0%	81	2.4%	0	0.0%
	Zn_%	3308	81	2.4%	0	0.0%	81	2.4%	0	0.0%
	Ag_ppm	3308	81	2.4%	0	0.0%	81	2.4%	0	0.0%

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

BLANCO FINO

Para el total de 3,308 muestras, 81 blancos finos fueron evaluados para la mina de Carahuacra, correspondiente a una tasa de inserción de 2.4%.

Los resultados de leyes para blancos finos determinaron que en el proceso de análisis no presentan contaminación para los elementos Cu, Pb, Zn y Ag.

BLANCO GRUESO

Para el total de 3,308 muestras, 81 blancos gruesos fueron evaluados para la mina de Carahuacra, correspondiente a una tasa de inserción de 2.4%.

Los resultados de leyes para blancos gruesos determinaron que en el proceso de preparación no presentan contaminación para los elementos Cu, Pb, Zn y Ag.

E. Modelamiento 3D

El proceso de modelamiento de estructuras mineralizadas involucra el diseño en 3D, teniendo como base la información de canales y perforación diamantina; todo ello desarrollado en software Leapfrog.

La información se IMPORTA en el software, de existir información preliminar cargada, se recomienda realizar un RELOAD.

Tabla 8 *Collar*

ID	Nombre de Columna	Descripción	Código (Descripción)	Origen de los Datos
1	BHID	Código de Sondaje o Canal		
2	XCOLLAR	Coordenada X		Datos obtenidos de topografía
3	YCOLLAR	Coordenada Y		Datos obtenidos de topografía
4	ZCOLLAR	Coordenada Z		Datos obtenidos de topografía
5	DEPTH	Longitud de sondaje y canal		
6	HOLE_TYP	Tipo de sondaje	UDGR (underground) DDRL (drilling) CHNL (canal) RCDR (Aire Reverso)	
7	LEV_TYPE	Indica el instrumento con el que se realizó el levantamiento de las coordenadas.	TTST (estación total) PLND (planeado) GPS BRUT (Brújula)	Datos obtenidos de topografía
8	SUR_TYPE	Indica Si/NO sondaje perfilado	Y (yes, sondaje perfilado) N (No, sondaje NO perfilado)	
9	DDH_TYPE	Categoría del sondaje	CTOP (corto plazo-Infill) BRWF (exploraciones) GEOT (geotécnicos)	Datos obtenidos del programa de perforación Datos obtenidos del programa de perforación Datos obtenidos del área de Planeamiento

10	DATE	Fecha de inicio de perforación		Datos obtenidos de los reportes de perforación
11	CODMES	Código de Año Mes de inicio de perforación		
12	PHASE	Indica código de la Unidad Minera y año	Ejemplo VC2022	
13	SITE	Proyecto - Unidad Minera	O_VC (Oroya-Carahuacra)	

Nota. Tabla Collar: PS_EP_COLLAR (csv).

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

Tabla 9 *Survey*

ID	Nombre de Columna	Descripción	Código (Descripción)	Origen de los Datos
1	BHID	Código de Sondaje o Canal		
2	AT	Metros donde se realiza el perfilaje del pozo		Datos obtenidos de lecturas de desviación.
3	BRG	Azimut		Datos obtenidos de lecturas de desviación.
4	DIP	Inclinación		Datos obtenidos de lecturas de desviación.
5	DATE	Fecha de inicio de perforación		Datos obtenidos de los reportes de perforación
6	PHASE	Indica código de la Unidad Minera y año	Ejemplo VC2022	
7	SITE	Proyecto - Unidad Minera	O_VC (Oroya-Carahuacra)	

Nota. Tabla Survey: PS_EP_SURVEY (csv).

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

Tabla 10 *Litología*

ID	Nombre de Columna	Descripcion	Codigo (Descripción)	Origen de los Datos
1	BHID	Código de Sondaje o Canal		
2	FROM	Desde		Datos obtenidos del logueo
3	TO	Hasta		Datos obtenidos del logueo
4	LITO	Abreviatura de litología		Datos obtenidos del logueo
5	DES_LITO	Descripción litológica		Datos obtenidos del logueo
6	DATE	Fecha de inicio de perforación		Datos obtenidos de los reportes de perforación
7	PHASE	Indica código de la Unidad Minera y año	Ejemplo VC2022	
8	SITE	Proyecto - Unidad Minera	O_VC (Oroya-Carahuacra)	

Nota. Tabla Litología: PS_EP_LITO (csv)

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

Tabla 11 *Assay*

ID	Nombre de Columna	Descripción	Código (Descripción)	Origen de los datos
1	BHID	Código de Sondaje o Canal		
2	FROM	Desde		Datos obtenidos del logueo
3	TO	Hasta		Datos obtenidos del logueo
4	SAMPLE	Código de muestra		Datos obtenidos del logueo
5	ZN_PER	geoquímica de Zn %		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
6	PB_PER	geoquímica de Pb %		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
7	CU_PER	geoquímica de Cu %		Datos obtenidos de Reporte de Leyes

8	AG_PPM	geoquímica de Ag_Oz		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
9	AU_GR	geoquímica de Au_gr		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
10	MO_PPM	geoquímica de Mo_ppm		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
11	FE_PER	geoquímica de Fe		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
12	BI_PER	geoquímica de Bi %		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
13	MN_PER	geoquímica de Mn %		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
14	AS_PPM	geoquímica de As_ppm		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
15	SB_PPM	geoquímica de Sb_ppm		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
16	NAME_EST	Target (objetivo) - zona donde se realiza la perforación		Datos del programa de perforación
17	BATCH	Código de reporte de leyes		Datos obtenidos de Reporte de Leyes
18	ASS_TYPE	Código de laboratorio donde se realizó el análisis	12 (Inspectorate) 26 (SGS) 2 (ALS) 5 (Certimin) 23/25 (sin respaldo)	
19	LABOR	Nombre de la labor donde se realiza el sondaje		Datos obtenidos de los reportes de perforación

20	DATE	Fecha de inicio de perforación		Datos obtenidos de los reportes de perforación
21	CODMES	Código de Año Mes	Ejemplo VC2022	
22	PHASE	Indica código de la Unidad Minera y año		
23	SITE	Proyecto - Unidad Minera	O_VC (Oroya-Carahuacra)	

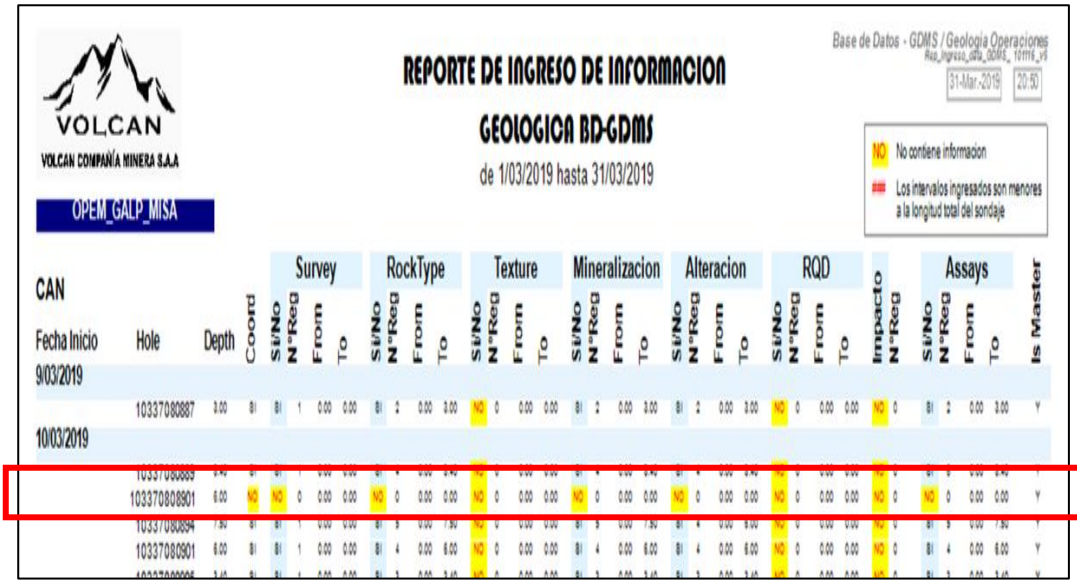
Nota. Tabla ASSAY: PS_EP_ASSAY (csv).

Fuente: Volcan Compañía Minera SAA.

- Validación de información

En el reporte que emite el software identificar aquellas muestras que NO CONTIENEN INFORMACIÓN.

Figura 32 *Crystal viewer – validación de información*



Fuente: Volcan Compañía Minera SAA.

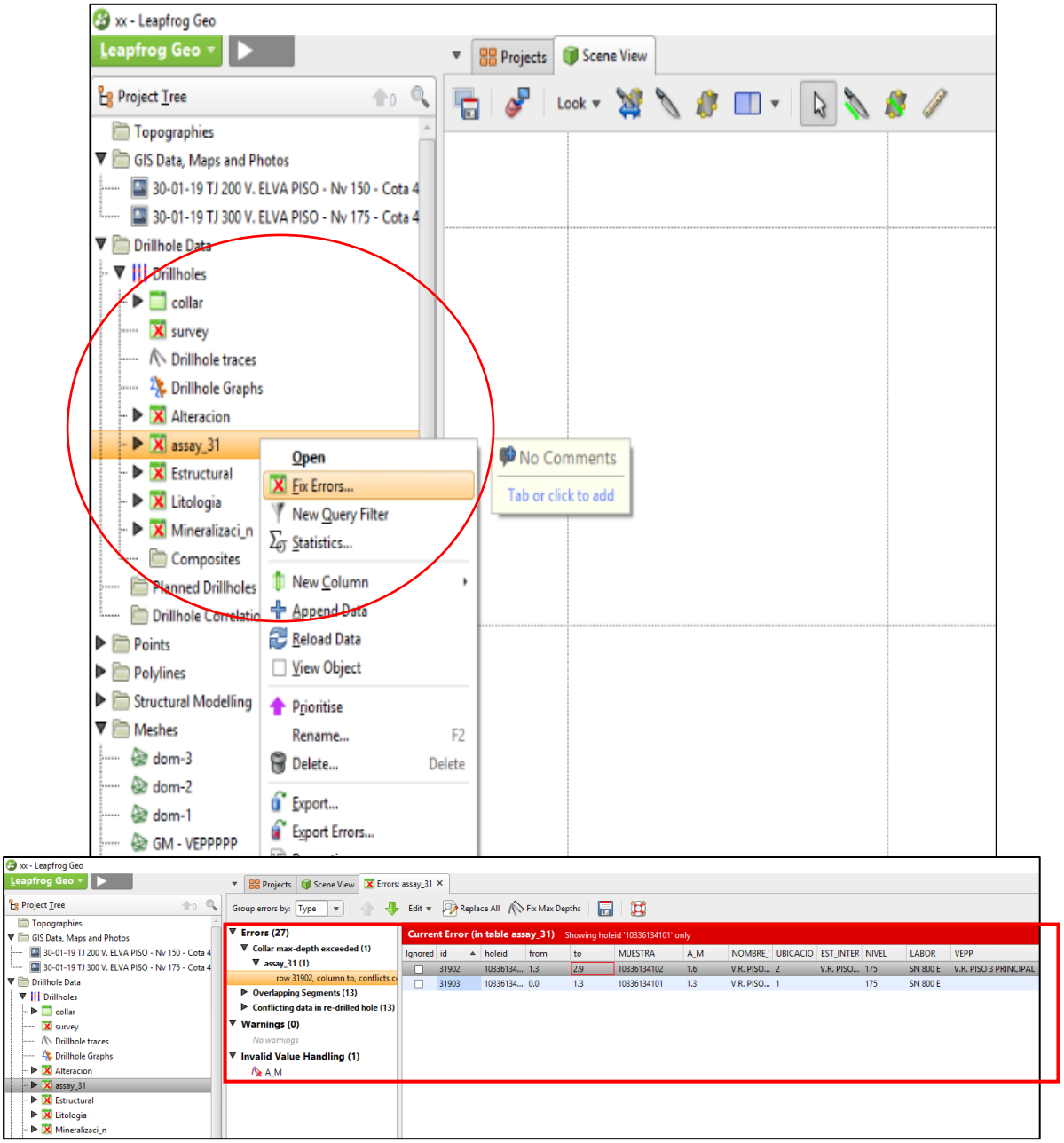
El software Leapfrog permite validar las inconsistencias en la información de canales y sondajes.

Para ello se debe importar los archivos Collar, Survey, Assay, Lithology, Alteration, Mineralization dentro de un proyecto nuevo en Leapfrog o también

es válido la conexión ODBC que se realizará directamente desde el software Leapfrog, teniendo en consideración los campos a importar.

El que aparezca una “X” (de color rojo) en los íconos que representan un determinado archivo de carga significa que existen inconsistencias y es necesaria una revisión en la base de datos.

Figura 33 *Leapfrog – Revisión de errores.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Recopilación de la información geológica

A. Mapeo geológico de labores

Los mapeos de los tajos y labores del mes realizado por los geólogos de ore control de cada una de las zonas asignadas, serán digitalizados y trabajados en Autocad o ArcGis. Se procederá a exportarlos en formato JPG para el caso del CAD y en contornos en el caso de GIS, estos archivos serán cargados en el Leapfrog.

B. Secciones geológicas (interpretadas)

Las secciones sistemáticas interpretadas que se actualizan mes a mes por los geólogos de delineación de recursos de cada una de las vetas serán usadas en la elaboración del modelo tanto para el Largo Plazo como para el Coto Plazo. Estas secciones serán escaneadas, digitalizadas y serán exportadas en formato JPG para luego ser cargadas en el modelo en Leapfrog y juntamente con los mapeos serán la base de los modelos en 3D "Wireframes".

C. Contornos económicos – Interpretación.

Esta información es necesaria para el corto plazo, el contorneo mensual de avances de mineral se basa específicamente en el muestreo sistemático que se realiza en las labores de avance y corroborado por el mapeo geológico de los mismos y viceversa, es decir cada uno de los métodos mencionados se apoya uno en el otro para obtener una información más certera de explotación de mineral y su respectiva dilución.

Este contorneo se llevará a Leapfrog como guía tanto para el geólogo como para el modelador en el momento de realizar las Wireframes de las vetas.

Recopilación de la información topográfica

A. Wireframe de labores

Esta información fue proporcionada por el área de planeamiento en formato datamine (.dm) o bien almacenado en una ruta específica dentro del servidor de la Unidad Minera; los wireframes de las labores de avance y tajos deben guardar una correlación espacial. Esta información es necesaria para determinar si la ubicación geométrica espacial de las muestras de los canales se encuentra en su verdadera posición, ya que a partir de estas muestras se generarán nuestros sólidos para cada una de nuestras vetas. En caso contrario se pasa a reportar las observaciones a las instancias correspondientes.

B. Consistencia de construcción (Validación de Wireframes)

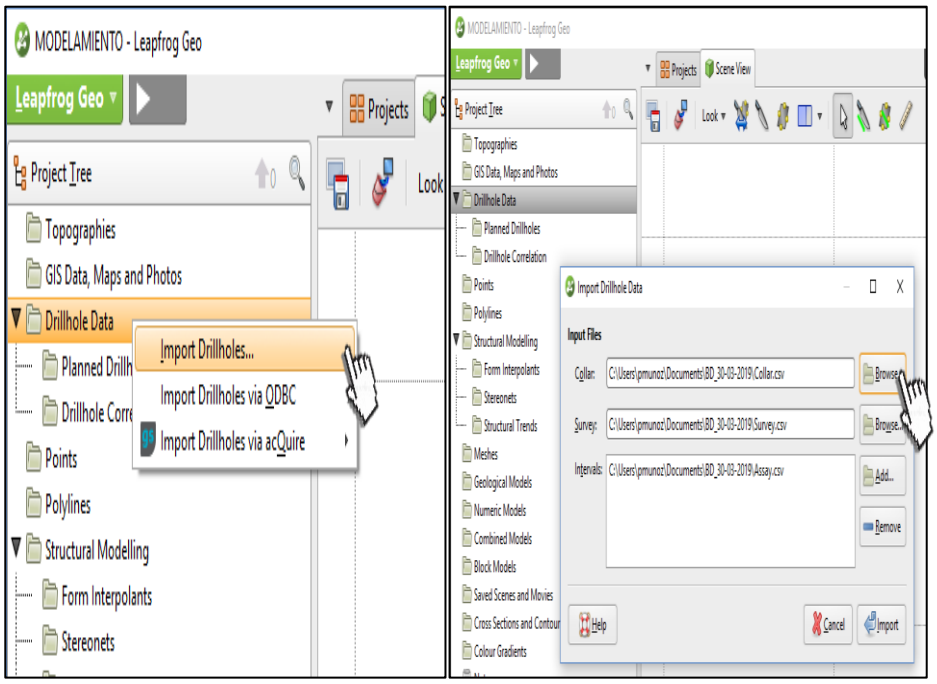
En el software Studio RM – DATAMINE, a través de la opción Verify wireframes (wvf) se puede validar la consistencia de los sólidos. Esta opción permite encontrar las áreas con" crossovers", aberturas, vértices duplicados, caras vacías y duplicadas. Los wireframes no deben tener ninguna abertura, ni "crossover" antes de utilizarlos.

C. Elaboración del modelo geológico en leapfrog "wireframes"

- Cargar BD de canales y sondajes al proyecto

  En el árbol del proyecto ubicaremos la carpeta **"Drillhole Data"**, en el cual pasaremos a importa a partir de un archivo csv, Collar, Survey y Assay que representan el total de los datos actualizados a una determinada fecha de corte.

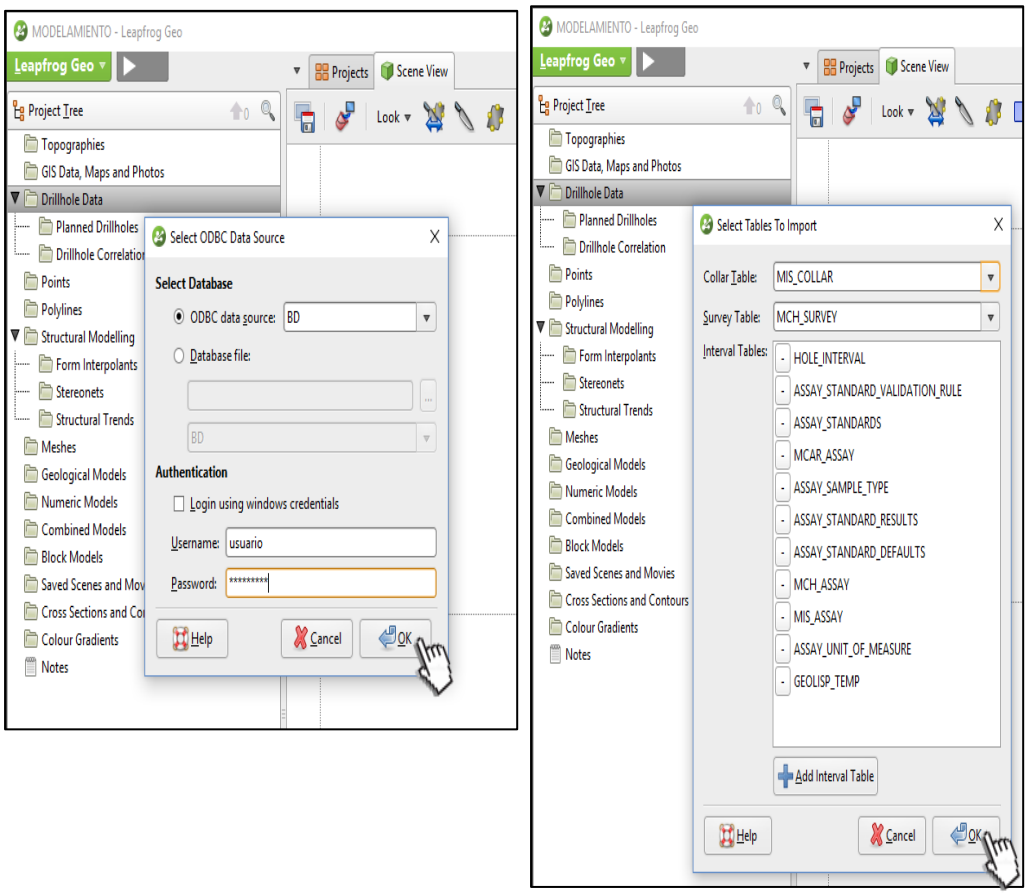
Figura 34 *Interfaz Leapfrog – cargar BD*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

También se puede importar los archivos por conexión ODBC directamente desde la base de datos

Figura 35 *Importación en Leapfrog mediante ODBC*

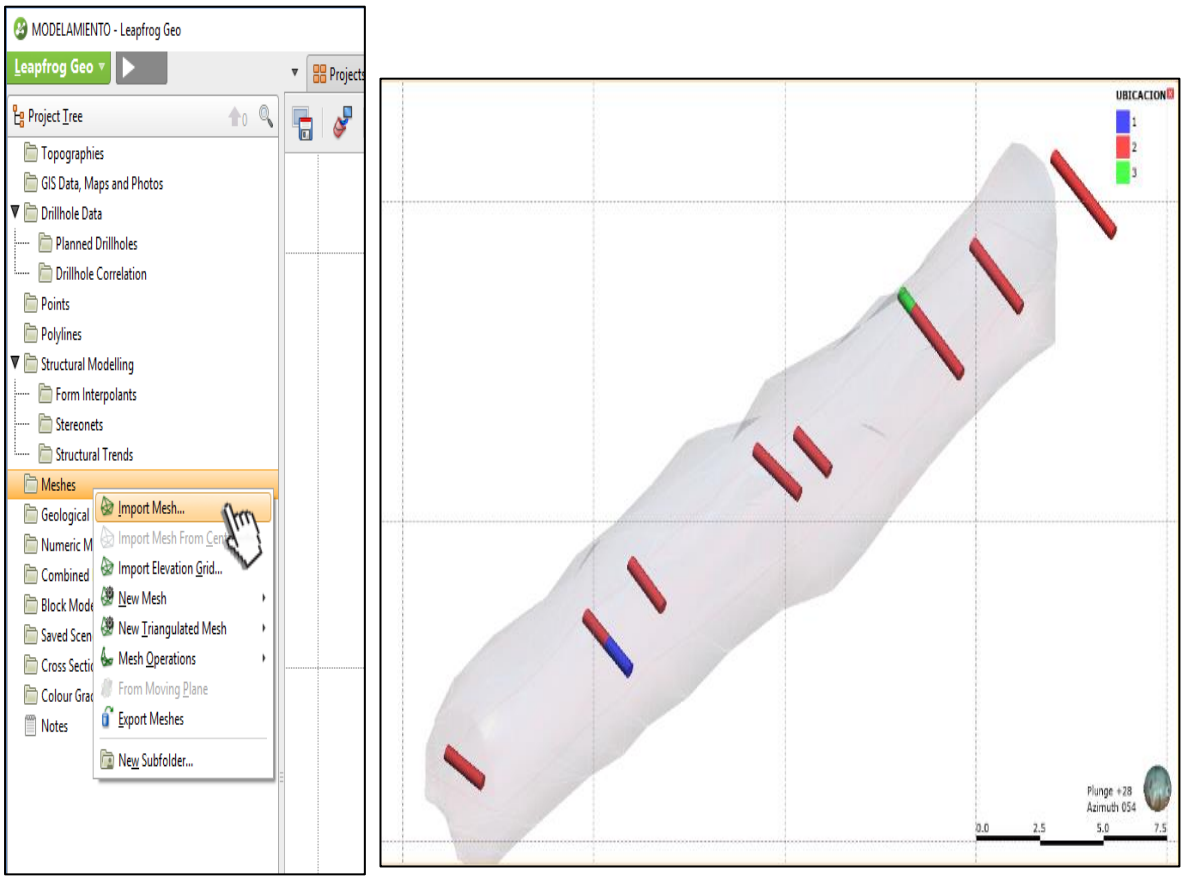


Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- Cargado de wireframes de labores lineales y tajos

  Los wireframes de las labores lineales y tajos realizados para cada estructura, se cargan al Leapfrog mediante la carpeta **"Meshes"**, con la finalidad de poder validar la ubicación de nuestras muestras.

Figura 36 *Vista de labores topográficas y muestras de canal*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- Cargado de mapeos geológicos

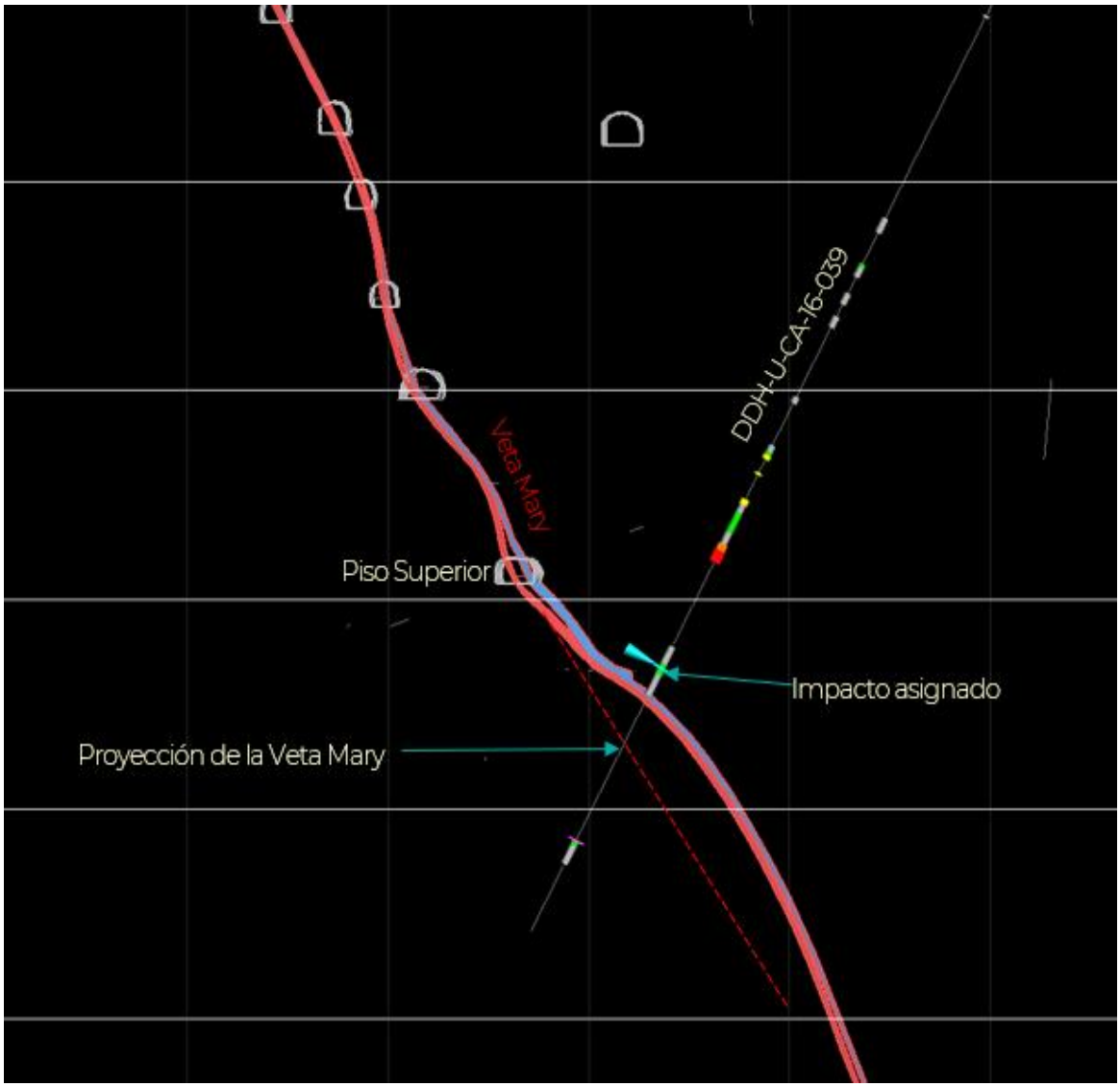
  Cada uno de los mapeos y secciones interpretadas por los geólogos será importado al Leapfrog, lo cual permitirá realizar el modelamiento en base a la interpretación geológica de cada una de las estructuras.

  Esta interpretación debe ajustarse fielmente a la información y criterios geológicos existentes. Con estos mapeos se reproduce en el modelo las estructuras principales, ramales, cimoide, fallas y caballos.

  La interpretación geológica debe incluir la participación del geólogo de la zona a modelar.

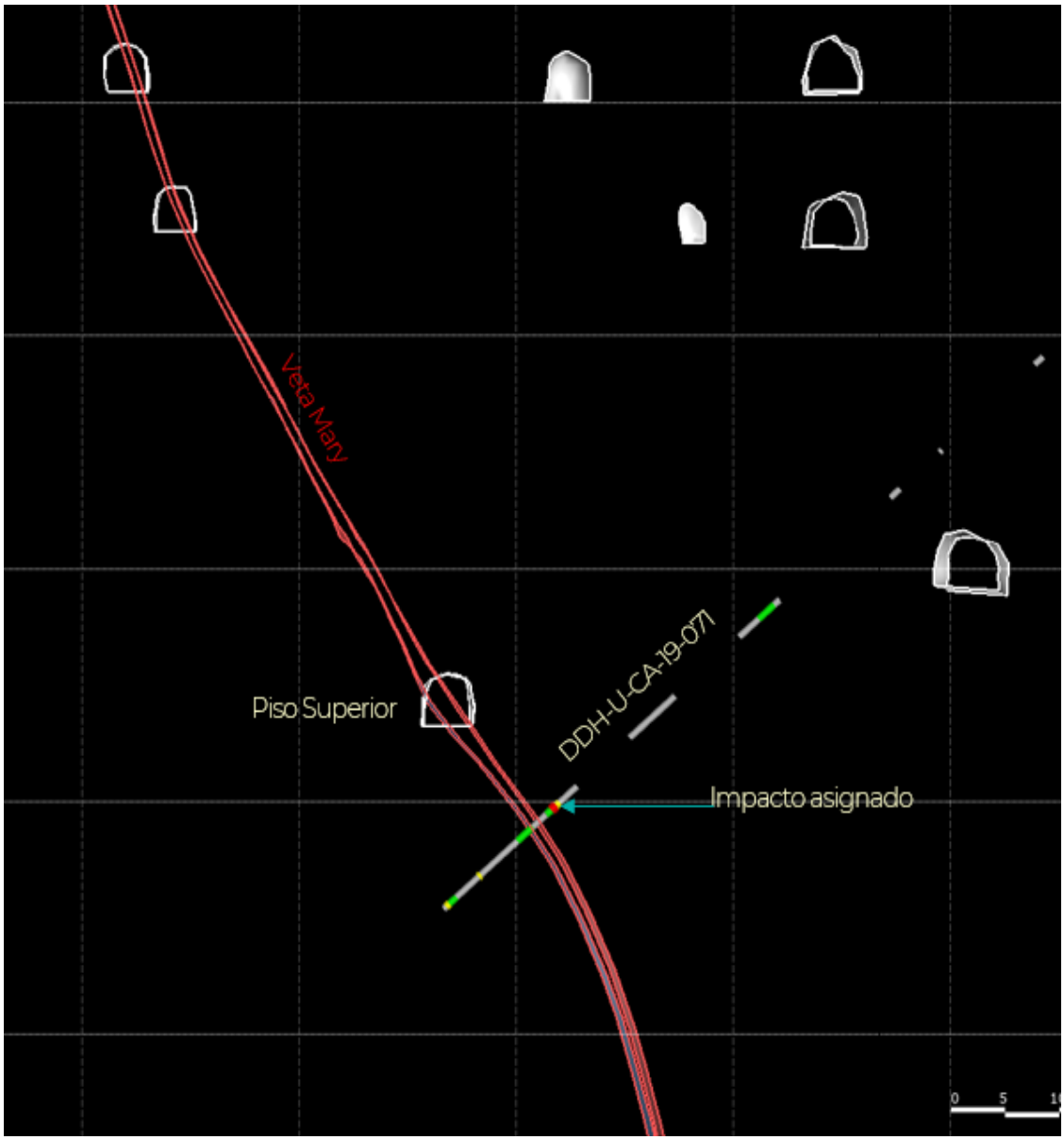
  En la carpeta “GIS Data, Maps and Photos” se ingresan los mapeos geológicos de labores, para ello se selecciona la opción “Import Map”.

Figura 37 *Sección transversal taladro DDH-U-CA-16-039*



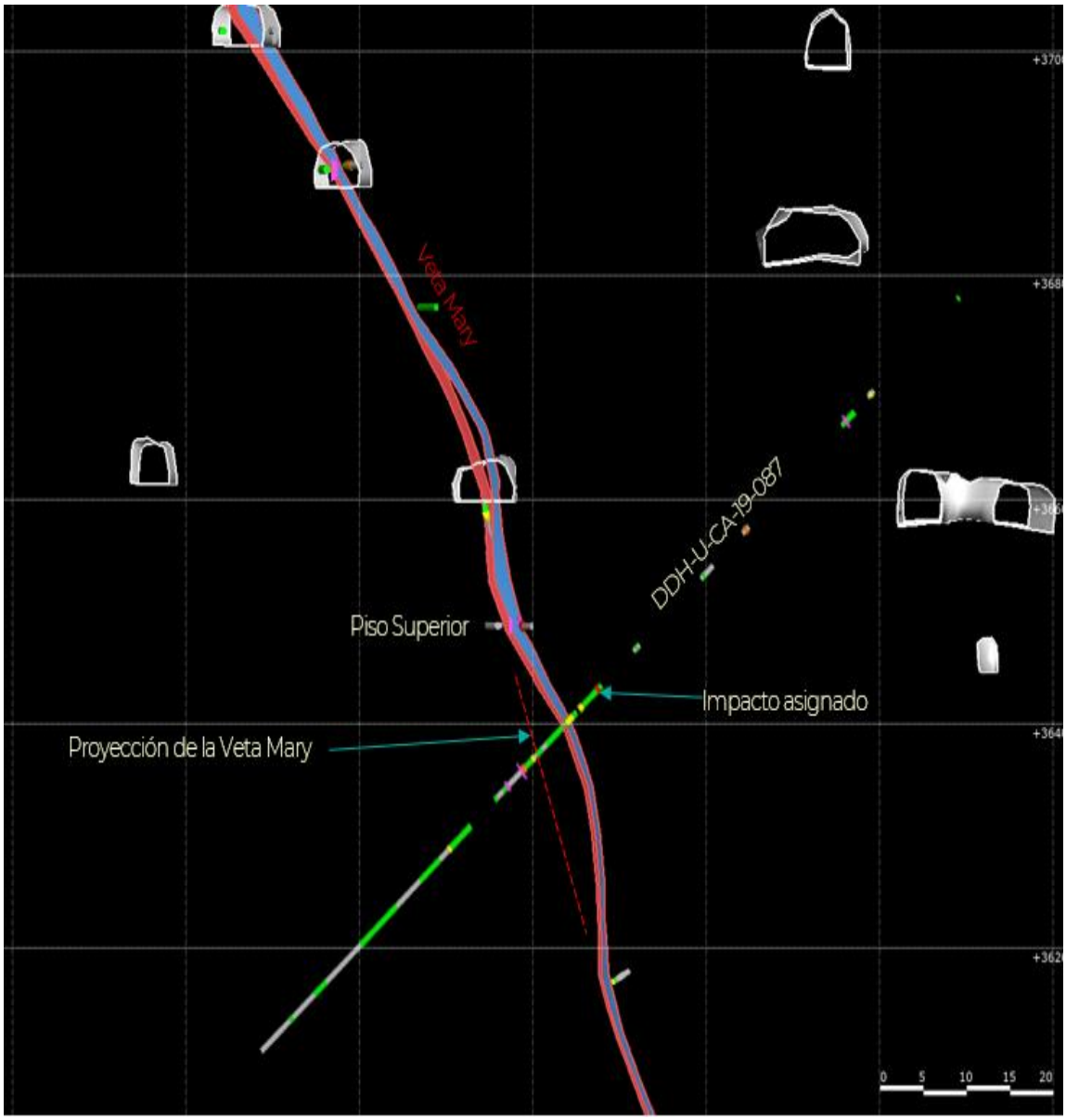
Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Figura 38 *Sección transversal taladro DDH-U-CA-19-071*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

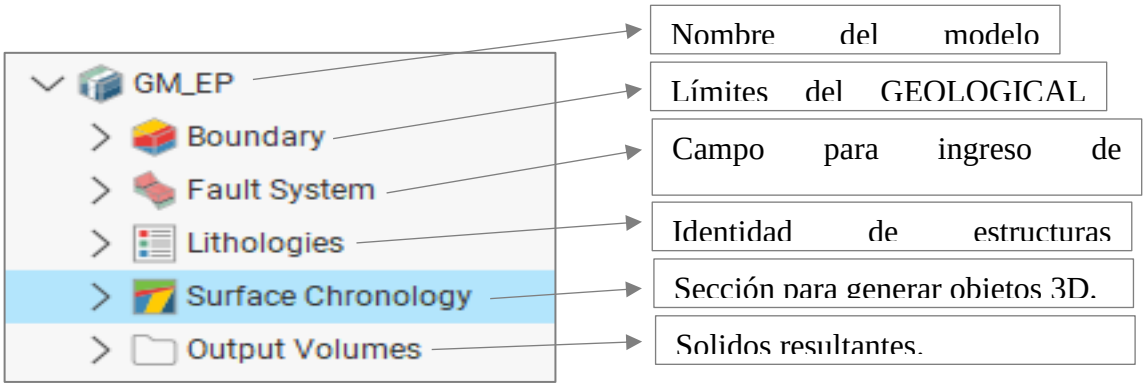
Figura 39 *Sección transversal taladro DDH-U-CA-19-087*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Dentro del GEOLOGICAL MODELS, se tienen las siguientes opciones:

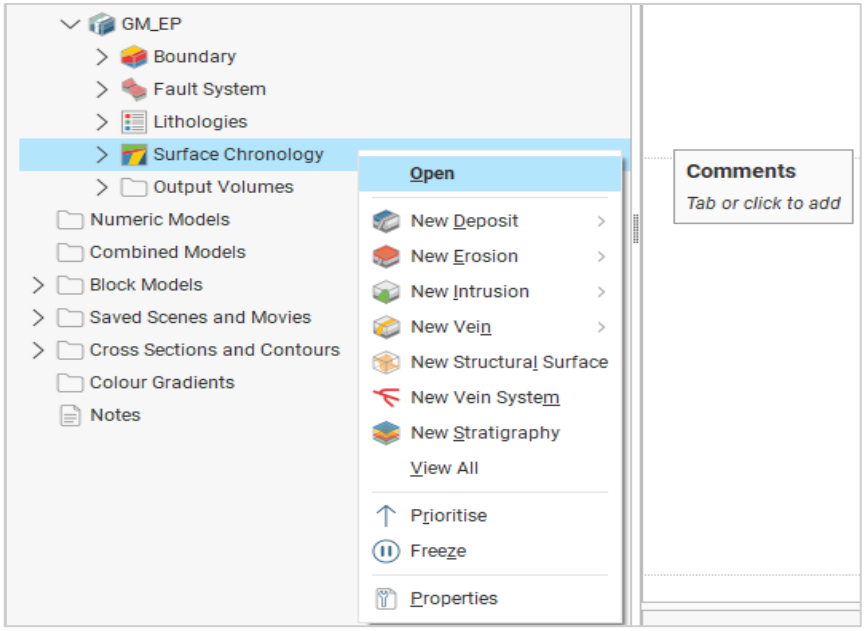
Figura 40 *Esquema "Geological Model" – Leapfrog*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Dentro de SURFACE CHRONOLOGY encontraremos diferentes opciones para poder estructurar un modelo geológico, elegir la opción más idónea dependerá de la experiencia del modelador y el conocimiento de la génesis de la estructura geológica (ver figura 40).

Figura 41 *Esquema Leapfrgo – "Surfece Chronology"*

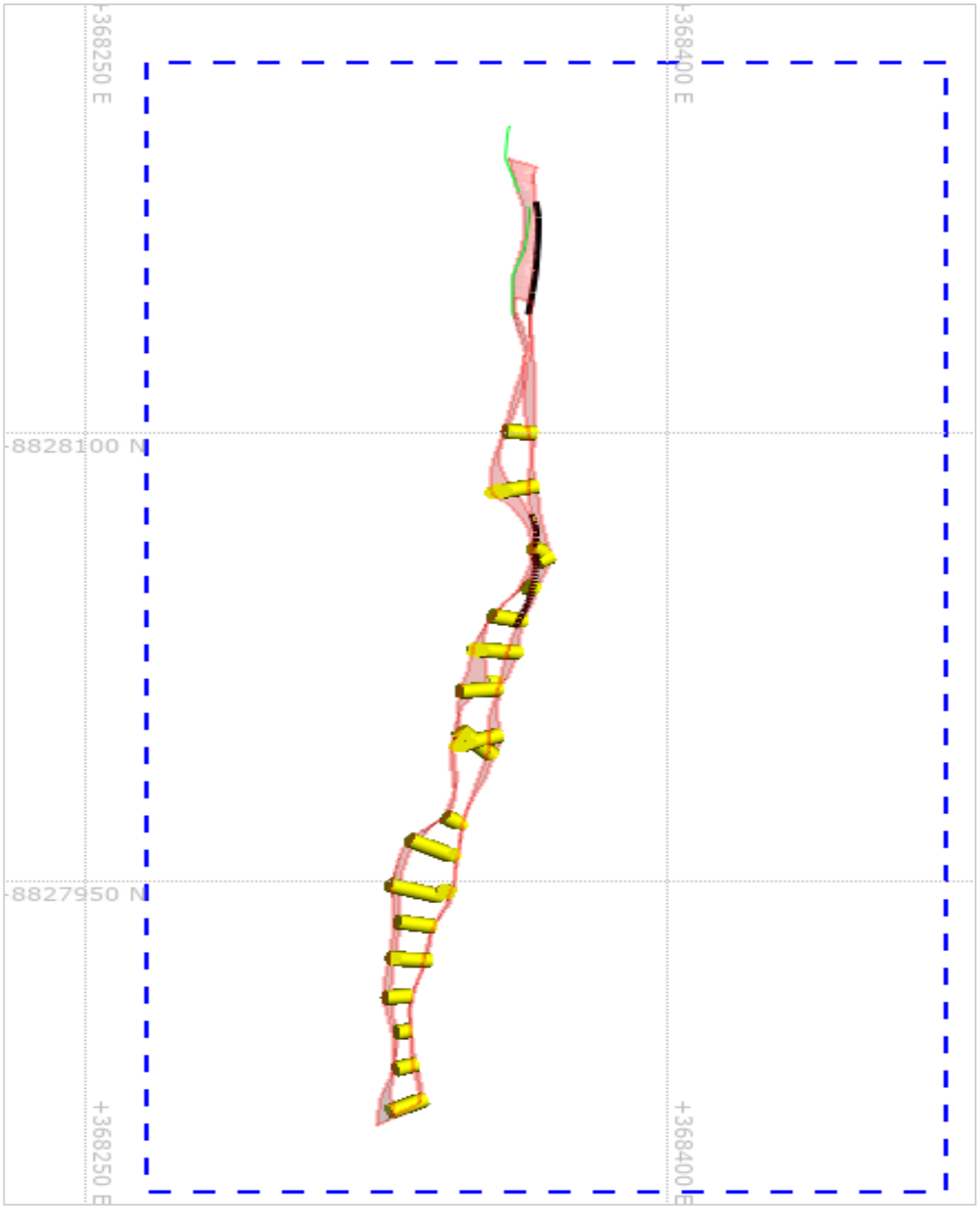


Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Se observa muchas opciones para elección de acuerdo con el usuario y poder estructurar el sólido tridimensional, para Veta Mary se utiliza el intervals election

para un tipo vein, es la que mejor se ajusta a la configuración idónea para la estructura mineralógica.

Figura 42 *Vista en planta, estructura actualizada y canales de muestreo*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

D. Consideraciones - modelamiento 3D

- Es muy importante revisar el intercepto WIREFRAME – TRAMO NO MUESTREADO; utilizar PINCH OUT de ser necesario y validar la configuración del sólido.
- Los sólidos de mineral fueron construidos a partir de 3 taladros como mínimo.
- Los sólidos construidos no deben presentar superficies duplicadas, superficies abiertas, intersección de sólidos.
- Los sólidos finales fueron ser revisados y validados por los geólogos dando su V°B° en cuanto a la interpretación de las estructuras mineralizadas revisando el sustento geológico de estos.
- Los sólidos geológicos estan entregados al equipo de estimación de recursos, en extensión SURPAC ".st - .dm", de cada dominio por Ore Body.
- La extensión o amplitud de las estructuras son definido por la suma de criterios de interpretación del geólogo de mina, geólogo de exploraciones y geólogo de modelamiento y estimación de recursos minerales.

E. Estimación de recursos minerales de la veta Mary

- Número de datos por tipo de litología

  Los sólidos de las estructuras han sido validados teniendo en cuenta la información base, se ha revisado el porcentaje total de datos que caen dentro de cada sólido y codificado en función a los modelos litológico, de alteración y de mineralización; determinándose los diferentes dominios de estimación.

Tabla 12 *Resumen del número de dato por tipo de litología.*

Estructura	Volcánico	Volcano -clástico	Brecha	Filita	Caliza	Total
	1901	1903	206	602	306	
V-Mary	12,775	2,020	1,149	2,520	69	18,533

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

- Codificación de los Taladros

Los taladros fueron codificados por litología, alteración y mineralización de acuerdo con los sólidos entregados por geología. Se ha seguido la regla del centro contenido, es decir; si el centro del intervalo recae en el determinado sólido, entonces esto se llevó el código del sólido. Todas las estructuras se codificaron por litología, sólo vetas Mary y ML se codificaron por alteración y mineralización.

Tabla 13 *Códigos litológicos*

LITOLOGÍA	ABREVIATURA	CÓDIGO
Volcánicos	VOLC	1901
Volcanoclásticos	VLCLO	1903
Brecha	BX	206
Filita	FLT	602
Calizas	CLZ	306

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

Tabla 14 *Códigos de alteración*

ALTERACIÓN	ABREVIATURA
Argilización	ARGI
Silicificación	SILI
Propolitización	PRO

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

Tabla 15 *Códigos de mineralización*

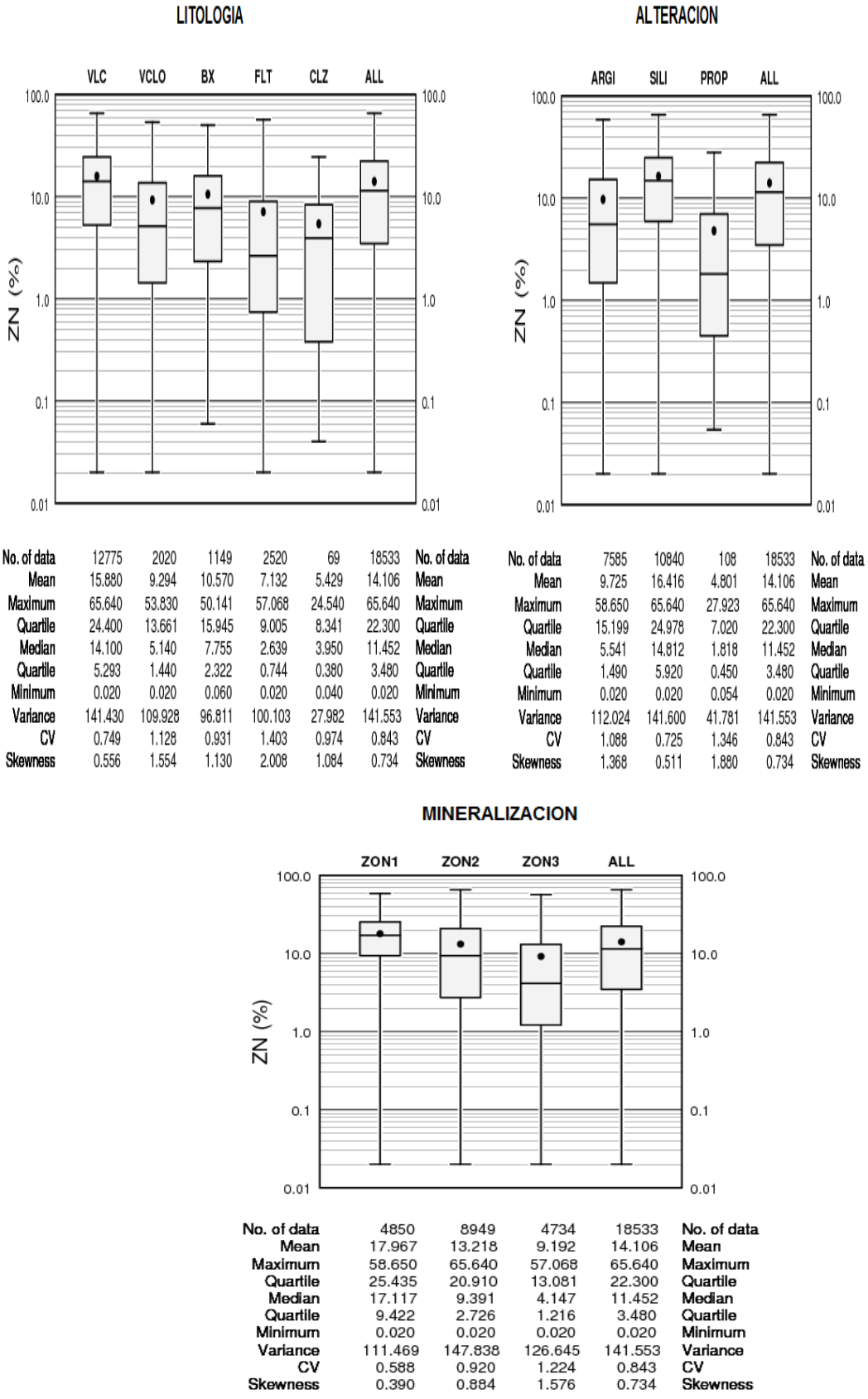
Mineralización	Abreviatura	Descripción
Zona 1 (superior)	ZON1	Esfalerita+Galena+Plata/Calcopirita
Zona 2 (intermedia)	ZON2	Esfalerita+Pyrita>Calcopirita>>Galena+Plata
Zona 3 (baja)	ZON3	Esfalerita+Calcopirita>>Pirita+Galena/Plata

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

- **Análisis Exploratorio de Datos**

  El análisis exploratorio de datos (EDA, por sus iniciales en inglés) fue completado en los datos crudos (ensayes). Un primer análisis se hizo por medio de boxplots para evaluar el comportamiento del zinc, plata, plomo y cobre en todos los dominios geológicos (Figura, muestra el ejemplo para el zinc en veta Mary), se crearon histogramas individuales para evaluar la distribución e identificar múltiples poblaciones. El objetivo de este análisis es: determinar los dominios de estimación para cada estructura.

Figura 43 *Boxplot de zinc por litología, alteración y mineralización en veta Mary*



	VLC	VCLO	BX	FLT	CLZ	ALL
No. of data	12775	2020	1149	2520	69	18533
Mean	15.880	9.294	10.570	7.132	5.429	14.106
Maximum	65.640	53.830	50.141	57.068	24.540	65.640
Quartile	24.400	13.661	15.945	9.005	8.341	22.300
Median	14.100	5.140	7.755	2.639	3.950	11.452
Quartile	5.293	1.440	2.322	0.744	0.380	3.480
Minimum	0.020	0.020	0.060	0.020	0.040	0.020
Variance	141.430	109.928	96.811	100.103	27.982	141.553
CV	0.749	1.128	0.931	1.403	0.974	0.843
Skewness	0.556	1.554	1.130	2.008	1.084	0.734

	ARGI	SILI	PROP	ALL
No. of data	7585	10840	108	18533
Mean	9.725	16.416	4.801	14.106
Maximum	58.650	65.640	27.923	65.640
Quartile	15.199	24.978	7.020	22.300
Median	5.541	14.812	1.818	11.452
Quartile	1.490	5.920	0.450	3.480
Minimum	0.020	0.020	0.054	0.020
Variance	112.024	141.600	41.781	141.553
CV	1.088	0.725	1.346	0.843
Skewness	1.368	0.511	1.880	0.734

	ZON1	ZON2	ZON3	ALL
No. of data	4850	8949	4734	18533
Mean	17.967	13.218	9.192	14.106
Maximum	58.650	65.640	57.068	65.640
Quartile	25.435	20.910	13.081	22.300
Median	17.117	9.391	4.147	11.452
Quartile	9.422	2.726	1.216	3.480
Minimum	0.020	0.020	0.020	0.020
Variance	111.469	147.838	126.645	141.553
CV	0.588	0.920	1.224	0.843
Skewness	0.390	0.884	1.576	0.734

Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- **Dominios Geológicos de Estimación**

Para el caso de veta Mary y ML se determinaron los dominios de estimación para cada elemento basado en la combinación de litología y mineralización, constituyendo un control geológico aceptable para ambas estructuras.

El resto estructuras se encuentra dentro de las Caliza del Pucará, definiendo este un dominio único, con excepción de veta Luz Penélope que se emplaza en Filitas.

Tabla 16 *Resume los dominios de estimación por estructura y por elemento.*

Estructura	Elemento	Dominio	Descripción
V. Mary	ZN	1	LITO cualquiera + ZON1; VOLC + ZON2
		2	VOLC-BX-CAL + ZON3
		3	VOLC-BX-CAL + ZON2
		4	FIL + ZON2-ZON3
	AG	1	LITO cualquiera + ZON1
		2	VOLC + ZON2-ZON3
		3	VLC LO-BX-CAL + ZON2-ZON3; FIL + ZON2
		4	FIL + ZON3
	PB	1	VOLC-BX-CAL + ZON1
		2	LITO cualquiera + ZON2; FIL + ZON1
		3	VOLC-BX-CAL + ZON3
		4	FIL + ZON3
	CU	1	VOLC + ZON1-ZON2; VLCLO-CAL + ZON1
		2	BX-FIL + ZON1-ZON2; VLCLO-CAL + ZON2
		3	VOLC-BX-CAL + ZON3
		4	FIL + ZON3

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

- **Capping**

Dentro del universo de muestras que entran en la estimación existen posibles altos erráticos o llamados outliers, estos resultan de eventos extraordinarios cuyos valores no representan a algún rango poblacional. Para evitar alguna distorsión de estos valores anómalos en

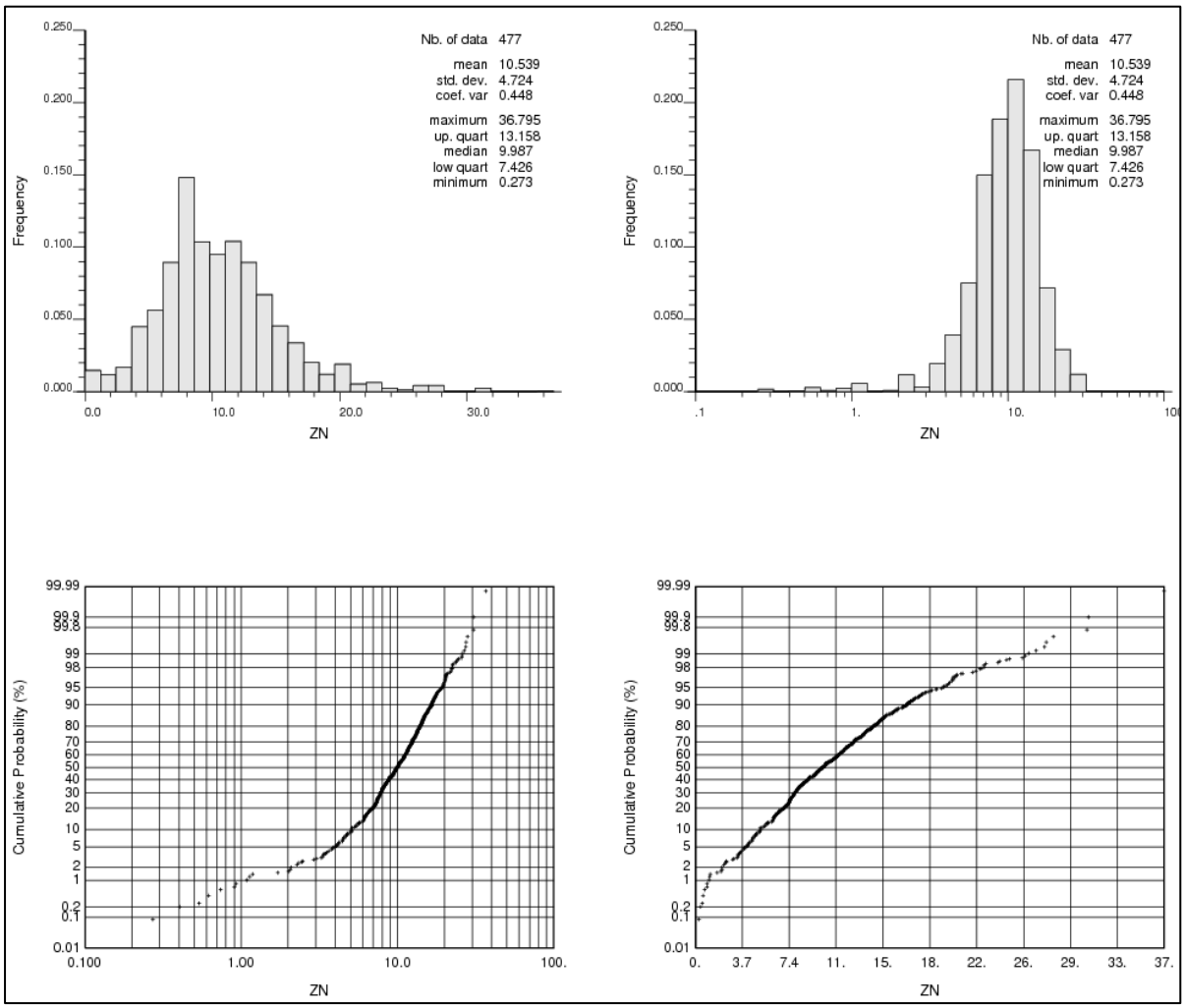
la estimación se buscará reemplazarlos según el análisis gráfico de su curva de probabilidad poblacional.

Determinados los altos erráticos y haciendo el análisis respectivo se procede al capeo de los mismos los cuales son aplicados a una columna gemela del elemento original (para no perder la data original) esta será llamada usando el nombre original del elemento, pero agregándole el sufijo “cap” sobre la cual se continuarán con los demás procesos de compositación y estimación. Para nuestro caso analizando las gráficas se determinó valores corte en el límite superior de las curvas de probabilidad de los ensayes los cuales reemplazaron los valores que superen este límite.

- **Compósitos**

  Los ensayes iniciales de las perforaciones diamantinas y canales sistemáticos fueron compositadas al ancho de veta a lo largo de la dirección de los mismos, pero en el caso de los cuerpos y mantos estos fueron compositados a 2 metros, se considera que la longitud de los compósitos es adecuada para la dimensión del tamaño del bloque.

Figura 44 *Histograma para el Zinc en Veta Mary – Dominio 1.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- **Variografía**

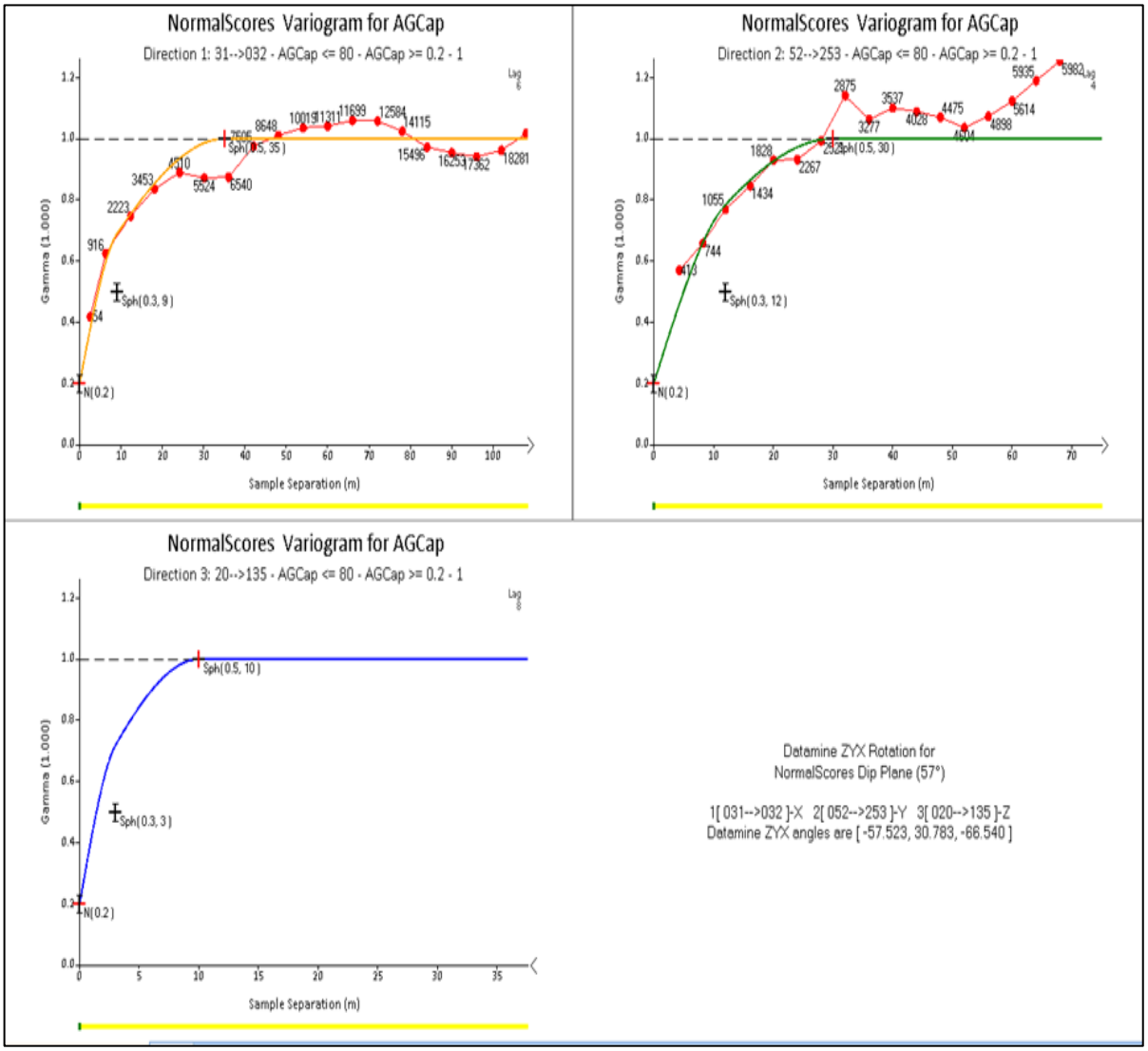
Variogramas para el zinc, plomo, cobre y plata, fue evaluada en cada uno de los dominios de estimación. Se crearon variogramas experimentales en varias direcciones. Los variogramas experimentales fueron generados a partir de las direcciones preferenciales de mineralización.

Para el modelado, los variogramas fueron ajustados a dos estructuras (C1 y C2) tipo esféricas hasta llegar a la meseta,

determinándose sus respectivos alcances (rangos) y respetando la convención de rotación en cada eje principal.

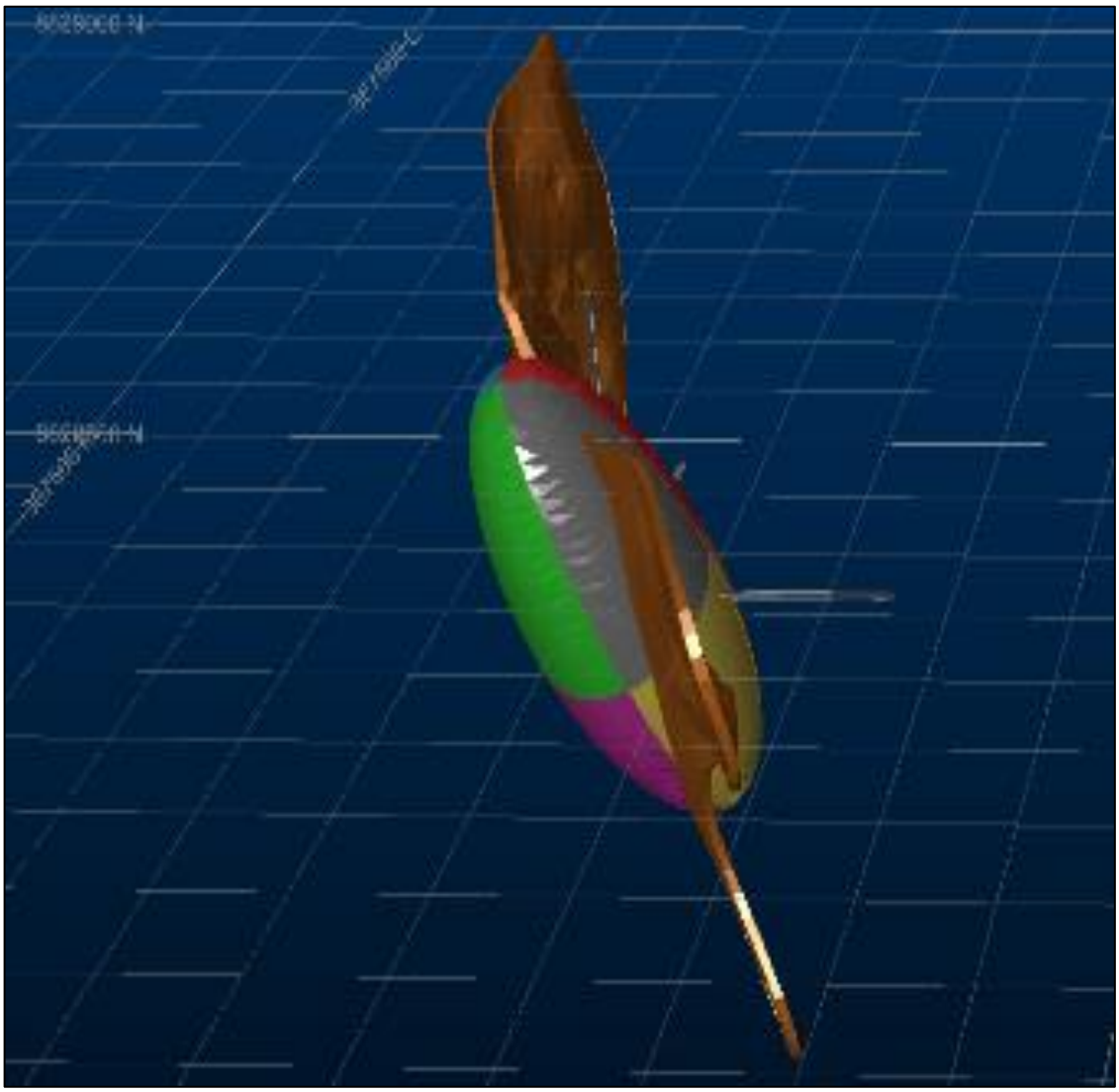
No en todas las estructuras fue posible determinar un variograma representativo, esto se debió principalmente porque el número de pares presentes no eran significativos, así también la distribución de las muestras no ayudó a obtenerlo.

Figura 45 *Variograma: Plata, dominio 1 - veta Mary.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Figura 46 *Variograma ploteada en estructura mineralizada.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

- **Plan de Estimación**

  La estimación del modelo de bloques fue realizada usando los métodos de krigigng ordinario (OK) e inverso a la distancia (ID), el modelo fue interpolado usando los compósitos.

  Se generaron dos tipos de modelos durante el proceso de interpolación:

  - KO/ID
  - Vecino más cercano

El modelo del vecino más cercano (NN), ha sido elaborado con fines de validación, el cual viene a ser la asignación directa del compósito más cercano al bloque. Cada estimación fue completada en cuatro pasadas:

- Pasada 1: OK/ID usando un elipsoide con un alcance máximo cercano al obtenido en la primera estructura del variograma.
- Pasada 2: OK/ID usando un elipsoide con un alcance máximo de 1.5 de la primera pasada.
- Pasada 3: OK/ID usando un elipsoide con un alcance máximo del doble de la primera pasada.
- Pasada 4: ID4, que utiliza un elipsoide con un factor variable de alcance máximo en la tercera pasada. Sin embargo, para poder cubrir todos los bloques distantes, se requiere una menor cantidad de compositos. Las tres pasadas previas deben permanecer sin alteraciones; esto puede variar dependiendo de la estructura estimada.

Los bloques que no han sido estimados en la pasada 1 y 2, están generalmente ubicados donde no existe un buen soporte en cuanto al muestreo y perforación. En esas condiciones las correlaciones espaciales se debilitan y la estimación no es confiable ni precisa.

Posteriormente se realizó una cuarta pasada ampliando la distancia de búsqueda, con la finalidad de cubrir los sectores donde se tiene evidencia de continuidad de la estructura y/o existen sondajes perforados.

Las estructuras en las que no se obtuvo un variograma representativo fueron estimadas bajo el método de inverso a la distancia, los alcances usados corresponden al promedio de los alcances usados en las estructuras con un variograma representativo y la dirección de búsqueda obtenido del variograma que representa la mejor dirección de mineralización.

Tabla 17 *Resumen de los parámetros de búsqueda y selección de compósitos*

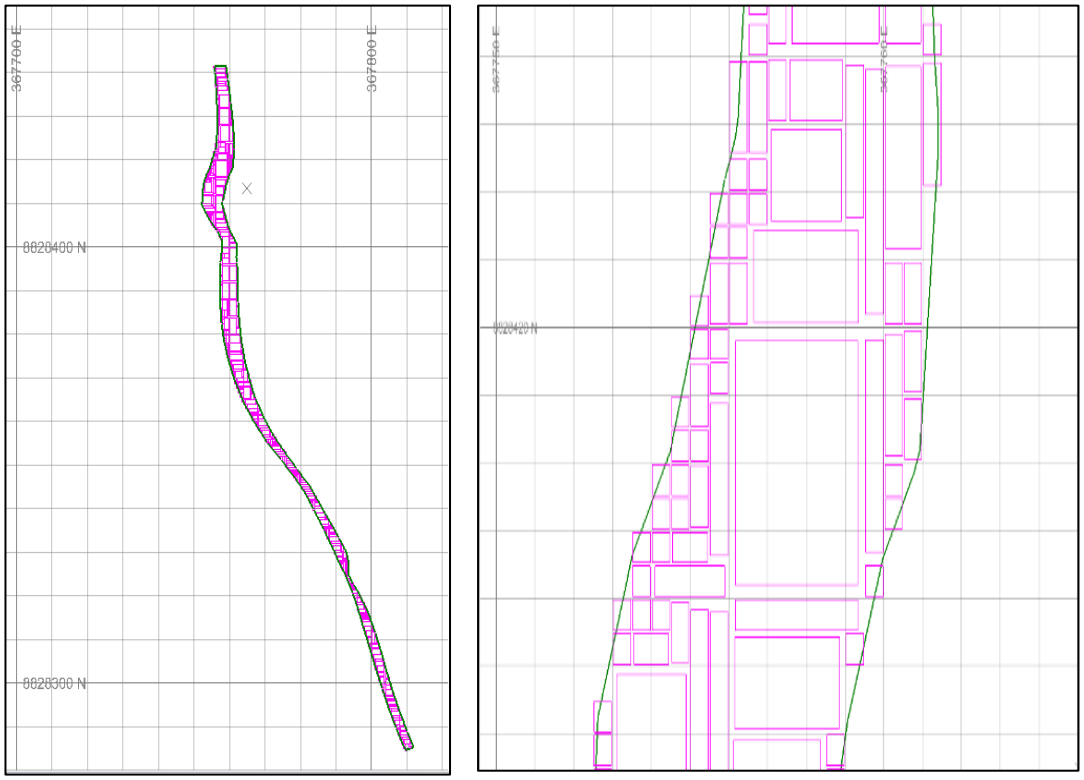
Estructura	Elemento	Dominio	Distancia búsqueda (m)			Min. Compositos		Factor	Factor	Método interpolación
			Ry	Rx	Rz	1ra	2da	2da	3era	
Veta Mary	ZN	1	33	18	2	6	5	1.5	2	OK
		2	15	20	4	7	5	1.5	2	ID3
		3	30	40	2	7	5	1.5	2	OK
		4	30	15	4	7	6	1.5	2	ID4
	AG	1	15	12	10	8	8	1.5	2	OK
		2	42	28	10	8	6	1.5	2	ID3
		3	23	15	6	6	4	1.5	2	ID3
		4	10	13	10	6	5	1.5	2	OK
	PB	1	18	17	4	8	6	1.5	2	OK
		2	20	25	2	8	6	1.5	2	OK
		3	23	15	8	6	4	1.5	2	ID3
		4	15	10	10	5	4	1.5	2	OK
	CU	1	22	20	5	8	6	1.5	2	OK
		2	19	22	6	5	5	1.5	2	ID3
		3	30	20	8	6	5	1.5	2	ID3
		4	15	20	5	6	5	1.5	2	OK

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

- Configuración del Modelo

La configuración considera la preparación del modelo al tamaño de bloques de 2x2x2.

Figura 47 *Configuración del modelo de bloques.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Tabla 18 *Prototipo, configuración modelo de bloques*

Estructura	ESTE		NORTE		ELEVACIÓN		Azimut
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
V-Mary	382,793	383,994	8,704,011	8,704,963	3,501	4,381	55°

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A.

- Codificación del Modelo de Bloques

El modelo de bloques ha sido codificado para todas las zonas mineralizadas utilizando los sólidos de los modelos geológicos (litológicos, de alteración y de mineralización).

- Interpolación de las leyes

Se utilizó Kriging e Inverso a la distancia como métodos de estimación de leyes los cuales se comparan con el método de asignación del vecino más cercano y los valores de densidad serán independientes para cada Ore Body.

Anisotropía Dinámica

Es importante que nuestro modelo de bloques se asemeje a la realidad, por ello la interpolación de leyes debe reflejar las direcciones de flujo de mineralización. En este proceso utilizaremos las direcciones e inclinación de las caras de cada triangulo de la wireframe que serán registradas para intervenir en la estimación y se contralará los bordes del sólido.

Densidad

Para el cálculo de densidad al modelo de bloques, esta se asignó mediante una estimación por el método inverso a la distancia de potencia 2 y para las regiones En los casos donde la estimación no asignó valores, se utilizó la media de acuerdo con un histograma creado. Únicamente se emplearon valores de densidad conforme a la técnica de parafina. La densidad que se uso para realizar la estimación de recursos minerales 3.39 gr/cm^3.

Validación del Modelo de Bloques

Con el propósito de identificar sesgos sutiles o errores, el modelo de bloques fue validado de manera sistemática en relación con los compósitos y/o con el modelo del vecino más cercano.

Las herramientas de validación que fueron usadas se listan y describen a continuación:

Inspección Visual

Evaluación del Sesgo Global del Modelo

Histogramas y Curvas de Probabilidad

Swath Plots

Clasificación de Recursos

Los criterios usados para la clasificación de los recursos consideran la densidad de muestreo y espaciamiento de los sondajes, teniendo como base fundamental la confiabilidad de la información y el criterio geológico.

Para el caso de Veta Mary se realizó el ejercicio para determinar la distancia para la malla óptima.

Tabla 19 *Esquema de clasificación*

Estructura	Categoría	Código	Distancia máxima	Mínimo DDHs	Máximo DDHs
V. Mary	Medido	1	35	3	12
	Indicado	2	50	2	6
	Inferido	3	100	1	4

Fuente: Volcan Compañía Minera S.A.A

4.3. Prueba de Hipótesis

La exploración geológica mediante el proceso de perforación diamantina tipo Infill permite determinar el potencial económico y la viabilidad de la Veta Mary en los niveles de profundización.

Para la contrastación se emplearon los resultados de la estimación de recursos minerales, considerando las leyes de los minerales metálicos (Zn, Pb, Ag y Cu), el cálculo del NSR (Net Smelter Return) y el criterio económico de corte establecido en NSR ≥ 60US$/tn.

Por ende, se concluye que el NSR promedio obtenido mediante la perforación tipo Infill es económicamente mayor (210.8$/ton.) al valor del mínimo exigido (60US$/tn).

Dado que, los resultados superan ampliamente el valor de corte y NSR establecidos; cumplen con los criterios establecidos por la recategorización y viabilidad, se acepta la hipótesis general. Se confirma que la perforación tipo Infill permitió validad la continuidad de la mineralización, mejorar la confianza en la estimación de recursos y sustentar la viabilidad de explotación en niveles profundos de la Veta Mary.

4.4. Discusión de resultados

La perforación tipo Infill prueba demuestra estadísticamente su efectividad, al mejorar claramente la confiabilidad de la estimación económica y confirma la viabilidad de explotación de la Veta Mary en los niveles de profundización, el cual concuerda con los resultados técnicos reportados por la Compañía Minera Volcan.

Los resultados obtenidos evidencian una continuidad estructural y mineralógica de la Veta Mary hacia la profundización, con enriquecimiento en Zn y valores consistentes con la política de corte (NSR) establecido por la unidad minera Carahuacra.

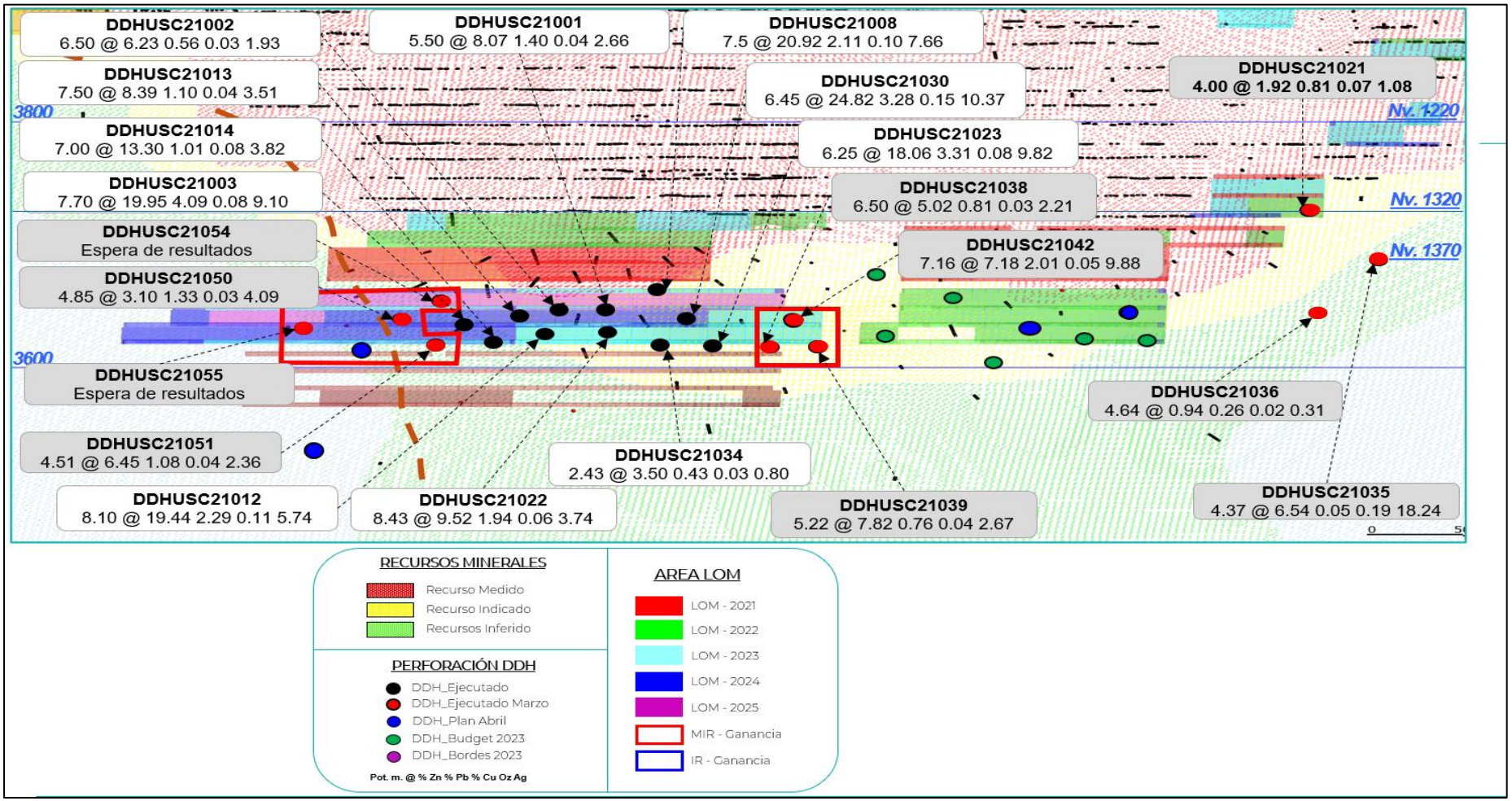
La aplicación de la malla de perforación tipo Infill permitió aumentar la cantidad y calidad de información geológica, lo cual se tradujo en una recategorización de recursos minerales hacia categorías de mayor confianza, elemento clave para transformar recursos en reservas. La validación geoestadística mediante anisotropías dinámicas, histogramas, curvas de probabilidad y swath plots respaldó la consistencia del modelo.

Por otro lado, los valores económicos de NSR (210–235 US$/t) superan con amplitud el umbral de corte (60 US$/t), lo que garantiza la viabilidad de la explotación y justifica su inclusión en el plan de minado (LOM) y la generación de STOPES en profundización.

No obstante, se logró identificar un error cercano al 10 % en ensayes de Zn en sondajes gemelos, lo cual constituye un riesgo de incertidumbre que debe mitigarse mediante un control de calidad de datos más estricto y reconciliación con información de explotación futura.

Se encontraron valores excepcionales de la veta en niveles profundos, resaltando en ello porcentajes de hasta 24.82%de Zn, y de plata hast los 10.37 Oz, valores que expresan una realidad que confirma del potencial minero de la veta Mary en niveles profundos.

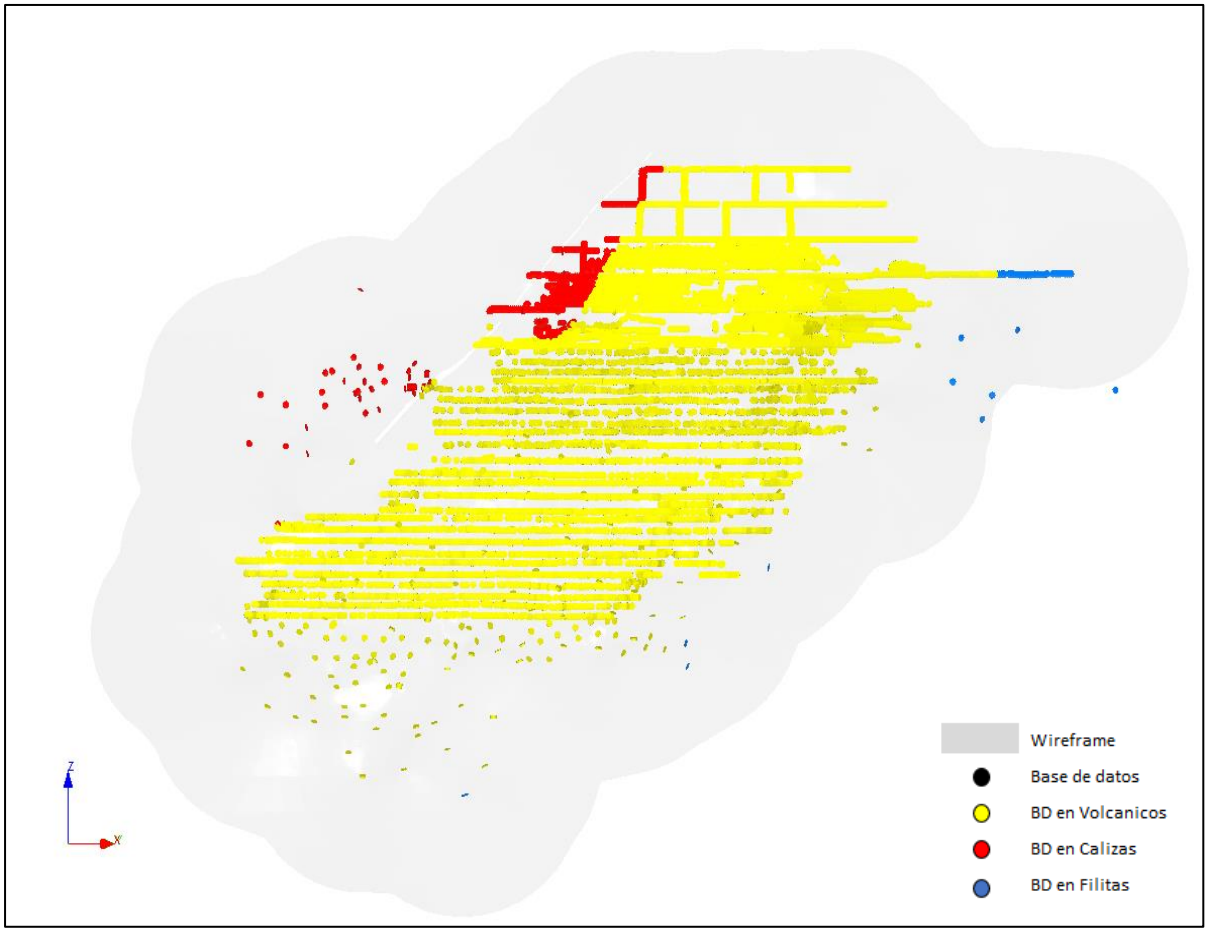
Figura 48 *Resultados de la perforación*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Finalizado la perforación y por ende la adición de información a la base de datos general (incluye información histórica), se procede a la codificación por litología.

Figura 49 *Vista de Wireframe veta Mary más información recolectada*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Finalizado la codificación se procede con todo el flujo para la estimación de recursos de la veta Mary, a continuación, presentamos el resultado de la estimación, el modelo de bloques con sus 3,998,998.00 bloques, todo ello distribuido a lo largo de la estructura mineralizada. Todo ello desarrollado con los parámetros y metodologías descritas líneas arriba.

Figura 50 *Modelo de bloques – leyes geoquímicas estimadas.*

MODOC_VMAR_S19 - Datamine Table Editor

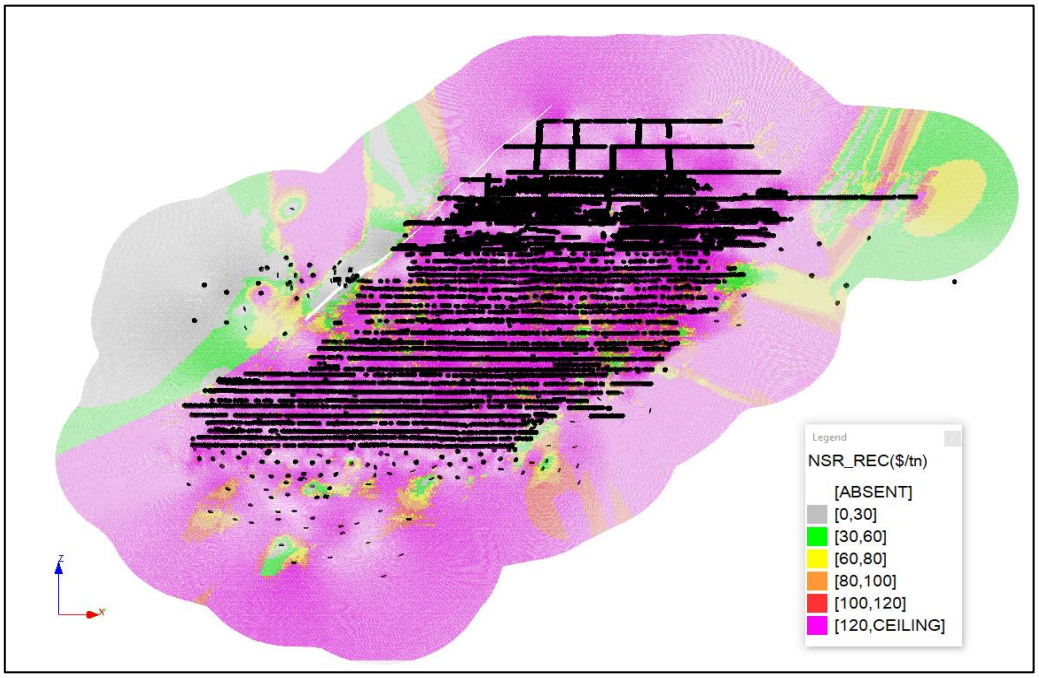
File Edit View Add Insert Tools Window Help

RECORD	TD_FE (N)	V_FE (N)	ZN (N)	PB (N)	CU (N)	AG (N)	FE (N)	RESCAT (N)	CONC (A12)	PV (N)	AV (N)	ZNEQ (N)	NSR (N)	CONSECO (...
1	16.24021982	0.59565238	0.37293833	0.335556	0.01445794	0.67020822	11.16577297	4	08017852X01	0.3024175	0.34391157	1.07973492	22.77319837	NN
2	16.24021982	0.59565238	0.37293833	0.335556	0.01445794	0.67020822	11.16577297	4	08017852X01	0.3024175	0.34391157	1.07973492	22.77319837	NN
3	16.34610881	0.59565238	0.37342773	0.33617442	0.01446684	0.67087098	11.16361807	4	08017852X01	0.302063	0.3425763	1.08119241	22.80183139	NN
4	16.34610881	0.59565238	0.37342773	0.33617442	0.01446684	0.67087098	11.16361807	4	08017852X01	0.302063	0.3425763	1.08119241	22.80183139	NN
5	16.34610881	0.59565238	0.37342773	0.33617442	0.01446684	0.67087098	11.16361807	4	08017852X01	0.302063	0.3425763	1.08119241	22.80183139	NN
6	16.34610881	0.59565238	0.37342773	0.33617442	0.01446684	0.67087098	11.16361807	4	08017852X01	0.302063	0.3425763	1.08119241	22.80183139	NN
7	16.21528984	0.59565238	0.37278127	0.33538127	0.0144535	0.66963936	11.15229162	4	08017852X01	0.302063	0.34203175	1.07909233	22.75869911	NN
8	16.21528984	0.59565238	0.37278127	0.33538127	0.0144535	0.66963936	11.15229162	4	08017852X01	0.302063	0.34203175	1.07909233	22.75869911	NN
9	16.21528984	0.59565238	0.37278127	0.33538127	0.0144535	0.66963936	11.15229162	4	08017852X01	0.302063	0.34203175	1.07909233	22.75869911	NN
10	16.21528984	0.59565238	0.37278127	0.33538127	0.0144535	0.66963936	11.15229162	4	08017852X01	0.302063	0.34203175	1.07909233	22.75869911	NN
11	16.21528984	0.59565238	0.37278127	0.33538127	0.0144535	0.66963936	11.15229162	4	08017852X01	0.302063	0.34203175	1.07909233	22.75869911	NN
12	16.21528984	0.59565238	0.37278127	0.33538127	0.0144535	0.66963936	11.15229162	4	08017852X01	0.302063	0.34203175	1.07909233	22.75869911	NN
13	16.21528984	0.59565238	0.37278127	0.33538127	0.0144535	0.66963936	11.15229162	4	08017852X01	0.302063	0.34203175	1.07909233	22.75869911	NN
14	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
15	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
16	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
17	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
18	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
19	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
20	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
21	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
22	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
23	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
24	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
25	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN
26	16.32282236	0.59565238	0.37327729	0.33600576	0.01446254	0.67031653	11.15048349	4	08017852X01	0.30028075	0.33985462	1.08057033	22.78777128	NN

Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

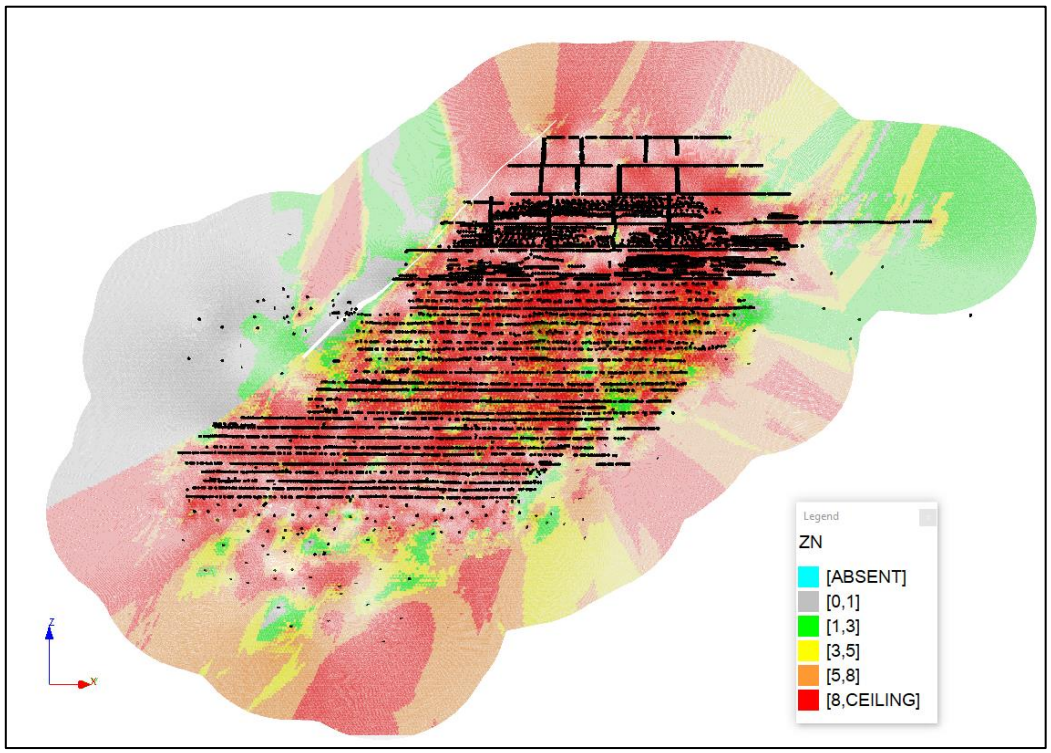
Adicionalmente se estimaron variables económicos NSR ($/tn)

Figura 51 *Veta Mary con valores económicos de NSR ($/ton)*



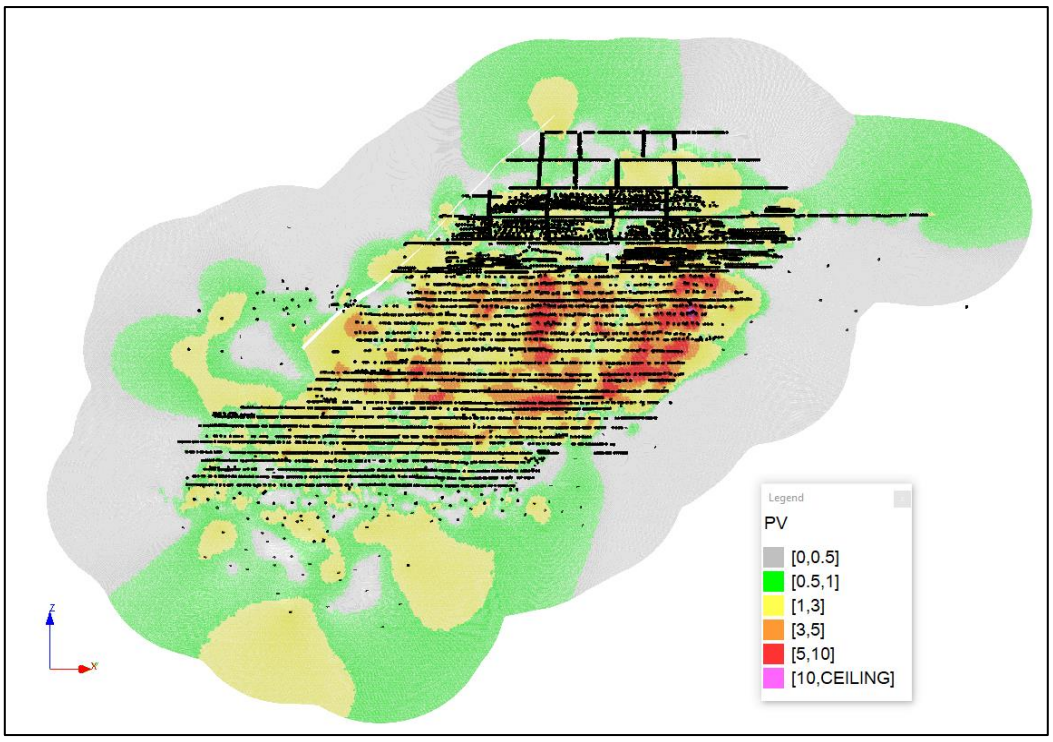
Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Figura 52 *Veta Mary con valores geoquímicos del elemento principal – Zn %*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

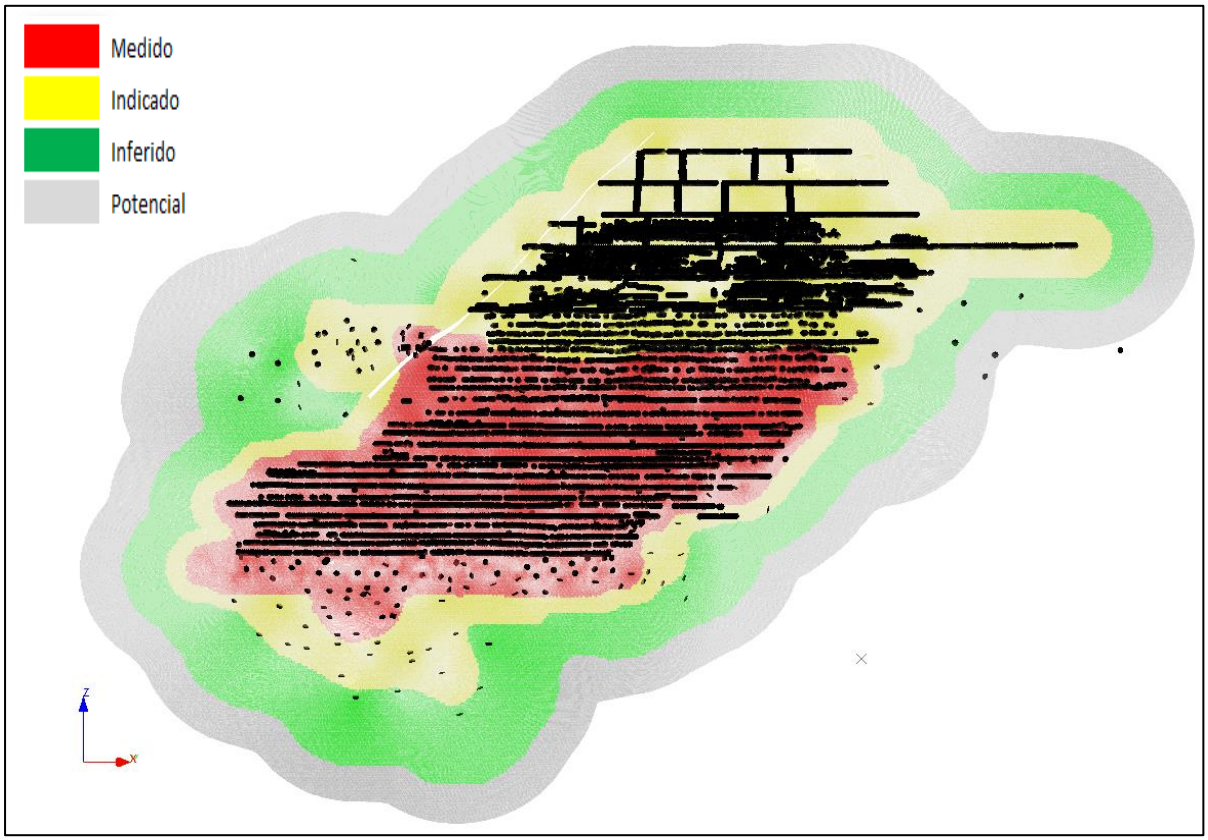
Figura 53 *Veta Mary con valores de Potencia de Veta.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

A continuación, presentamos el nuevo modelo de recursos con la nueva categorización para veta Mary, adicionado la nueva información recolectada de perforación diamantina y muestras de canal, todo ello directamente relacionado al proceso de recategorización de Indicados e inferidos a una categoría de mayor certeza como el medido.

Figura 54 *Veta Mary – Categorización final*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Finalizado la categorización y todo el flujo para el tema de validación y corroboración del modelo de recursos, tales como la validación visual de variables geoquímicas y económicas, se procede con la reportabilidad; en ese sentido presentamos la tabla general de recursos en TOTAL para veta Mary posterior a la actualización.

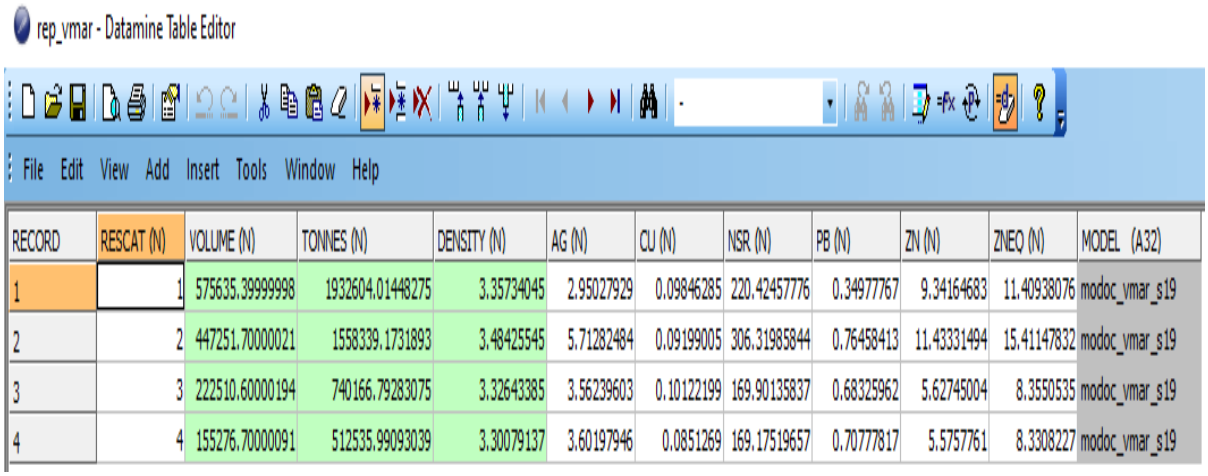
Tabla 20 *Total Recursos Veta Mary*

Rescat	Volume	Tonnes	Density	ZN	PB	AG	CU	NSR	ZNEQ
1	575,635	1,932,604	3.36	9.34	0.35	2.95	0.1	220.42	11.41
2	447,252	1,558,339	3.48	11.43	0.76	5.71	0.09	306.32	15.41
3	222,511	740,167	3.33	5.63	0.68	3.56	0.1	169.9	8.36
4	155,277	512,536	3.3	5.58	0.71	3.6	0.09	169.18	8.33
Total	**1,400,674**	**4,743,646**	**3.39**	**9.04**	**0.58**	**4.62**	**0.1**	**235.22**	**11.91**

Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Se observan valores relativamente aceptables de toda la estructura, en comparación con el modelo inicial existe un ligero incremento en las leyes de Zn, que llegan hasta 9.04 %Zn, valores muy aceptables dentro del objetivo planteado; económicamente podemos concluir que existe una mejora en cuanto al valor por tonelada, tenido un NSR ($/tn) de 235.22$, valor muy optimo en referencia a lo planteado como meta para el periodo en curso.

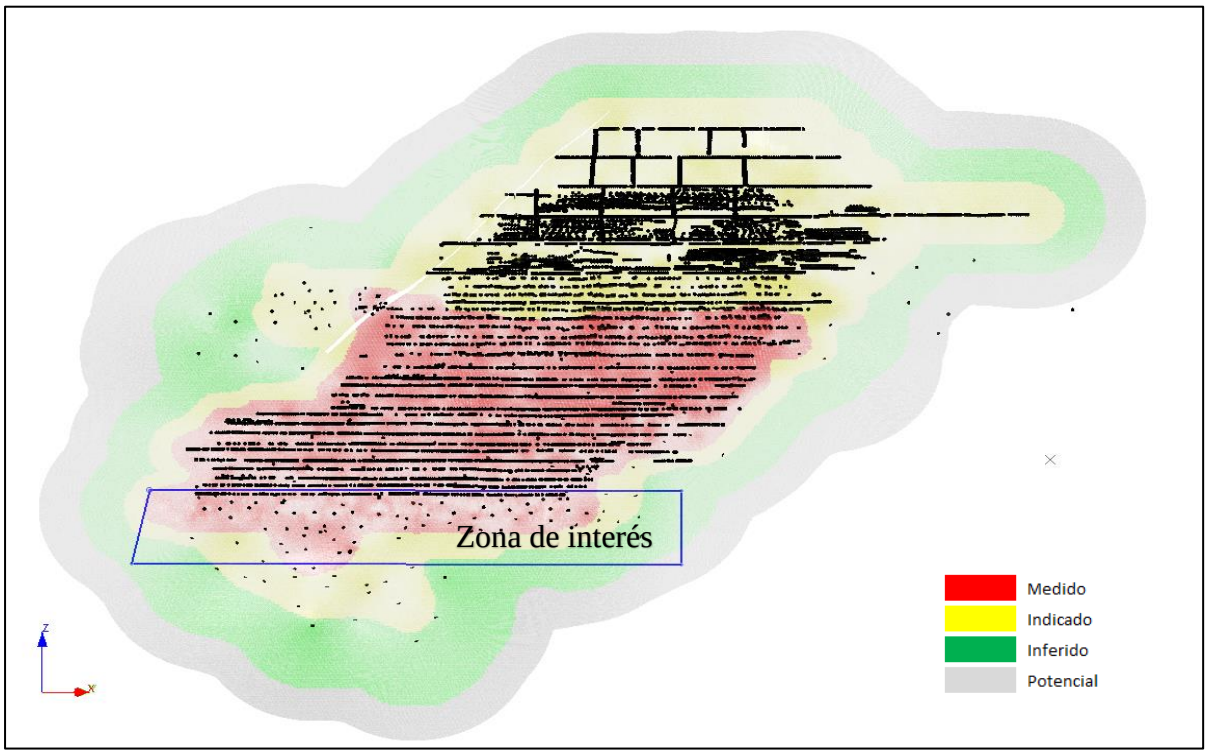
Figura 55 *Recursos Veta Mary – Total Datamine*



RECORD	RESCAT (N)	VOLUME (N)	TONNES (N)	DENSITY (N)	AG (N)	CU (N)	NSR (N)	PB (N)	ZN (N)	ZNEQ (N)	MODEL (A32)
1	1	575635.39999998	1932604.01448275	3.35734045	2.95027929	0.09846285	220.42457776	0.34977767	9.34164683	11.40938076	modoc_vmar_s19
2	2	447251.70000021	1558339.1731893	3.48425545	5.71282484	0.09199005	306.31985844	0.76458413	11.43331494	15.41147832	modoc_vmar_s19
3	3	222510.60000194	740166.79283075	3.32643385	3.56239603	0.10122199	169.90135837	0.68325962	5.62745004	8.3550535	modoc_vmar_s19
4	4	155276.70000091	512535.99093039	3.30079137	3.60197946	0.0851269	169.17519657	0.70777817	5.5757761	8.3308227	modoc_vmar_s19

Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Figura 56 *Veta Mary y reporte de nivel de interés.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

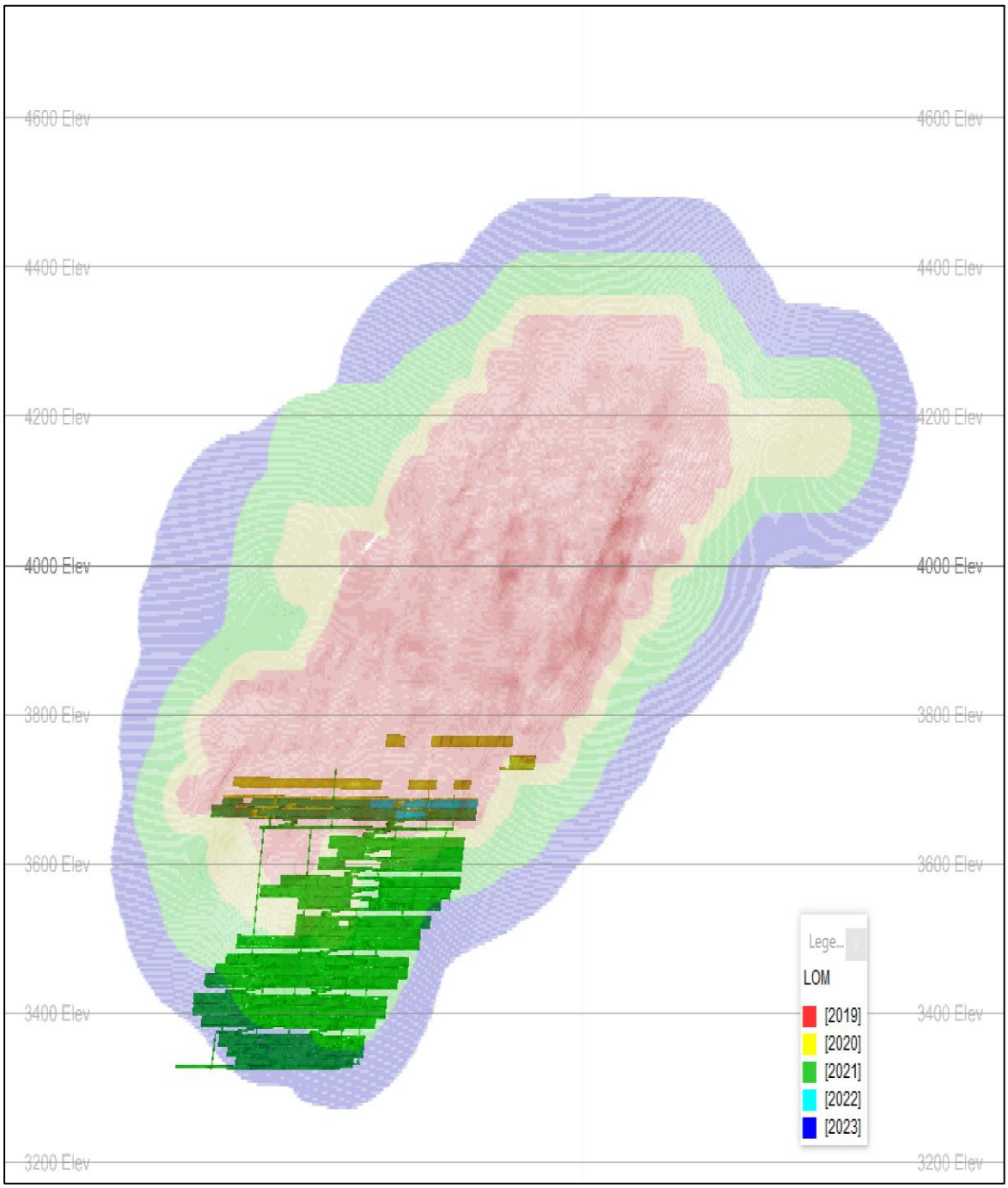
Figura 57 *Reporte Veta Mary – Zona de interés*

CATEGORY	BLOCKID	DENSITY	TONNES	VOLUME	ZN	PB	CU	AG	RESCAT	PV	ZNEQ	NSR
[ABSENT]	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
[wall]	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
[1]	-	3.48	168,612.86	48,485.40	10.03	0.76	0.18	4.22	1	0.94	13.28	262.42
[2]	-	3.30	98,556.33	29,855.59	5.69	0.47	0.14	2.13	2	1.06	7.47	147.38
[3]	-	3.32	57,930.53	17,471.19	6.49	0.47	0.15	2.66	3.00	0.85	8.58	170.46
[4]	-	3.18	1,244.88	391.20	4.49	0.35	0.10	1.75	4	0.37	5.90	116.35
Totals:	-	3.39	326,344.60	96,203.38	8.07	0.62	0.16	3.30	1.67	0.96	10.66	210.80

Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

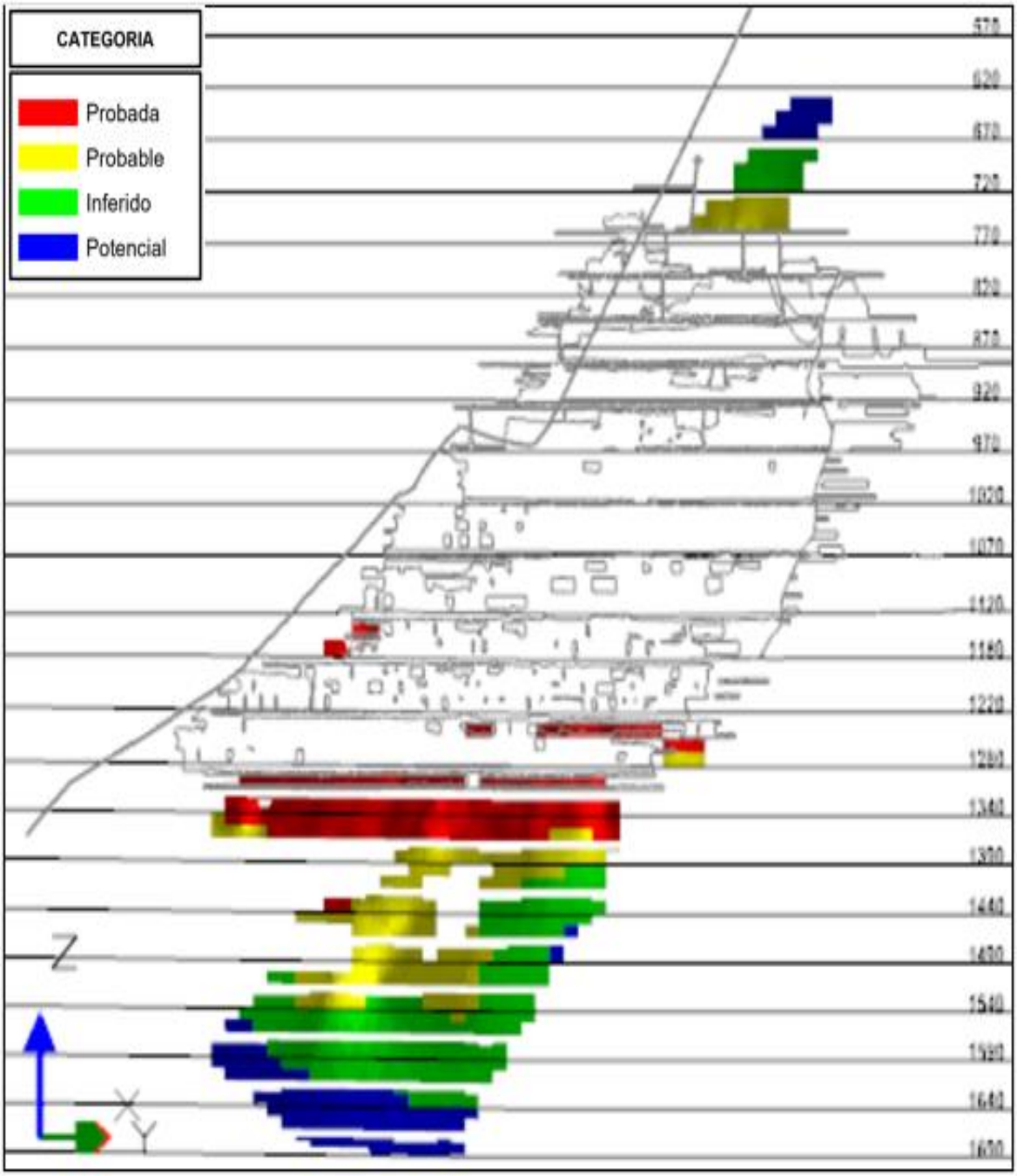
Los resultados de la zona de interés el cual fue recategorizado presentan buenos valores geoquímicos y económicos, tal es así que el Zn se tiene en un 8.07 %, Pb en 0.62%, Cu en 0.16& y Ag en 3.30 Oz/tn. Económicamente se tiene un valor de NSR de 210.80$/tn, valores muy esperados, haciendo de que el proyecto de recategorización pase a un segundo nivel, la determinación de las reservas y específicamente la inclusión dentro del LOM del periodo en curso.

Figura 58 *Zona de interés incluida en el LOM.*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

Figura 59 *STOPES adicionados a niveles de profundización de Veta Mary*



Fuente: G. Yantas M. & J. Mendoza J.

CONCLUSIONES

1. La exploración geológica como herramienta científica de las ciencias de la tierra es muy fundamental en la consecución de los objetivos, tales como el de establecer la continuidad mineralógica de una estructura muy importante como es la Veta mary.
2. La necesidad operativa de la unidad minera Carahuacra y la obsesión de conocer a detalle la continuidad de la veta Mary en niveles profundos inducen a aplicar los conocimientos geológicos y geoestadísticos de la información con el que se cuenta, fortaleciendo las bases para una proyección de minado.
3. En Mina Carahuacra, los resultados de la evaluación en gemelas para muestras de canales se encuentran dentro del rango aceptable, sin embargo, los resultados de gemelas para sondajes diamantinos supera la tasa de error en 10% para Zn. Ello con el control adecuado en los frentes de labor se vuelven ajustables para un proceso de largo plazo.
4. Los resultados obtenidos del proceso de perforación diamantina y su consecuente interpretación arrojan valores muy superiores a la expectativa planteada, teniendo valores de Zn hast 9.08 % en los recursos totales y de 8.07% en la zona de interés, haciendo de la veta Mary una potencial in situ de la mina Carahuacra.
5. Los valores económicos obtenidos en el nuevo modelo de recursos minerales de la veta Mary son excepcionalmente aceptables, ya que solo es necesario contar con NSR de 60$/ton, valor asignado para el Mineral de categoría Marginal.
6. En el recurso total de la veta Mary se tiene un NSR de 235$/ton, valor general que posibilita la viabilidad de explotación en toda la estructura, en el modelo específico de la zona de interés se tiene un valor de NSR de 210.8$/ton. Ambos valores de NSR confirman el potencial económico y la viabilidad de explotación de la Veta Mary en los niveles de profundización

RECOMENDACIONES

1. Continuar con la recolección de muestras de los frentes operativos, ello con la finalidad de fortalecer el análisis geoestadístico y por ende los valores estimados de la ley y porcentaje de recuperación.
2. Incluir dentro del proceso de muestreo ordinario la inclusión de muestras geometalúrgicas, ello tiene que ser programado según el plan operativo natural de la mina (semanal y mensual).
3. Continuar con el proyecto desarrollado, ya que contribuye de manera regular al proceso de continuidad geológica, dando mayor claridad de la geología de la estructura mineralizada y su entendimiento de su procedencia.
4. Fortalecer el proceso de control de calidad y aseguramiento de la información de sondajes diamantinos y de canales de interior mina, ya que aún se tienen sesgos considerables en alguno de los controles, los mismos que condicionan en las conclusiones y posibles interpretaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Astorga, C; Fernández, C. Delgado J. (2002). *"Exploraciones regionales en el Domo de Yauli*" (informe) Ed. Mina Cía. Volcan Pág. 5-11. Reporte Privado.

Benavides, A. & Petersen, V. (1963). *Estudio de la geología regional Yauli*. INGEMMET.

Canadian Securities Administrators. (2011). *National Instrument 43-101: Standards of Disclosure for Mineral Projects*. Ontario Securities Commission.

Castañeda, J. & Sánchez, L. (2013). *Estudio de los métodos empleados para determinar el potencial de perforación de pozos infill en campos de gas*. Universidad Nacional de Santander.

Cornelius, S. & Hurlbut, Jr. (1974). *Manual de mineralogía de Dana, Editorial Reverte S.A.* Seg. Edic. Pág. 279-403

Condori, A. & Satalaya, R. (2022). *Propuesta de optimizar la exploración utilizando perforación diamantina en la contrata minera MDH PD SAC – Unidad minera Cerro de Pasco, 2022.* Chiclayo: Universidad César Vallejo.

Dalmayrac, B.; Laubacher, G. & Marocco, R. (1988). *Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes peruanos*. Bol. D-12. Editor INGEMMET.

Dávila B., J. (1999). *Diccionario Geológico*. Tercera Edición. Lima. INGEMMET.

Dpto. Geología Mina San Cristóbal UP Yauli. (2007). *"Manual de muestreros de Mina"*. Ed. Mina Cía. Volcan; Reporte privado

Dpto. Geología Centromin Perú. (1995). Manual para Muestreros de Minas; Mina Casapalca.

INGEMMET (2020). *Prospección y exploración básica criterios y generalidades.* VI Congreso Internacional de Geología del Sur del Perú

Kobe, H. W. (1977). *El Pucará y su mineralización en el Perú Central. Bol. Sociedad Geológica del Perú. Tomo 55, 56.*

Kobe, H. W. (1984). *Contribución a la metalogenia del paleozoico del Domo de Yauli. Bol. Soc. Geol. Perú, v.73, Pag.67-69.*

Lara, R. (2020). *Estimación de recursos minerales en dominios geometalúrgicos.* Universidad de Concepción, Chile.

Megard, F.; Caldas, J.; Paredes J.; De La Cruz, N. (1996). *Geología de los cuadrángulos de Tarma, la Oroya y Yauyos, Boletín Nº 69,* Pág. 29-1. Editor INGEMMET

Megard, F. (1979). *Geología de los Andes del Perú Central Bol. 8, Serie D*. Estudios Especiales. Editor INGEMMET.

Peña, D. (2023). *Caracterización Geológica y Geofísica del Entorno de una Explotación Minera en el Sector de Sopuerta (País Vasco).* Universidad de Oviedo

Petersen, U. (1965). Geología regional y los mejores depósitos en el centro del Perú. Geología Económica., v.60, Pág. 407-476. Editor INGEMMET

Snowden. (2019). Supervisor software user guide (Version8.15). Snowden Optiro

Tacillo, A. (s.f.). *Metodología de la Investigación Científica.* Universidad Jaime Bausate y Meza

Vasquez, A; et. al. (2023). *Métodos de investigación científica.* Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.

Vera, F. (1983). *Estudio la "Reinterpretación Genética de la mineralogía en el Domo de Yauli. Pág. 34-101*. INGEMMET

Valera, L. (1987). *Geología de los depósitos de minerales metálicos. Lima. Pág. 97-99.* Universidad Nacional de San Marcos; Lima – Perú.

Volcan Cia Minera S.A.A. (2016). *Estimación de Reservas y Recursos Minerales.* U.P. Carahuacra. Dpto. de Geología Mina Carahuacra.

Volcan Compañía Minera S.A.A. (2014). *Protocolo QA/QC – Control de calidad en muestreo y ensayos*. Reporte interno, U.P. Carahuacra.

ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos

A. Tarjeta de muestreo

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.
Departamento de Geología

N° 00001

TARJETA DE MUESTREO

Tipo de muestreo: Sistemático [X] Canchas [ ] Otros [ ]

Fecha: 10 de Agosto 2023
Mina: Carahuacra
Veta/Cuerpo: Mary
Labor: Sn. 702 E **Nivel:** 1020
Ubicación: Pto. G3 + 25m E
Piso/Cota: 4.290
Potencia muestreada: 3.00m **A. Labor:** 4.10m

Minerales: sph - gn - cp - qtz - py - Sxs - CBs -Otros
Roca caja: cza - volc - fil - int

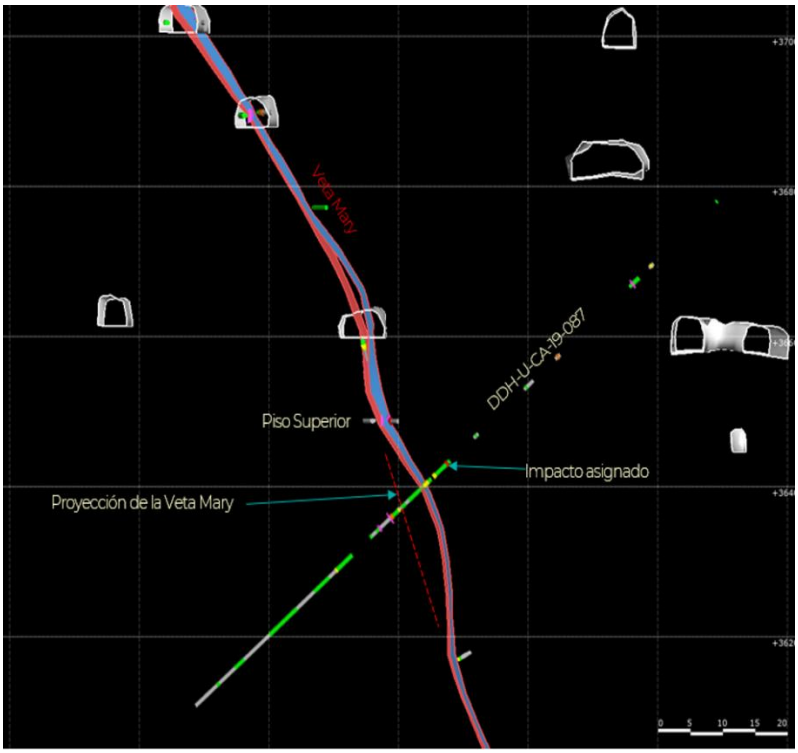
Muestrero: Anicama Hernandez

ENSAYES Cu - Pb - Zn - Ag

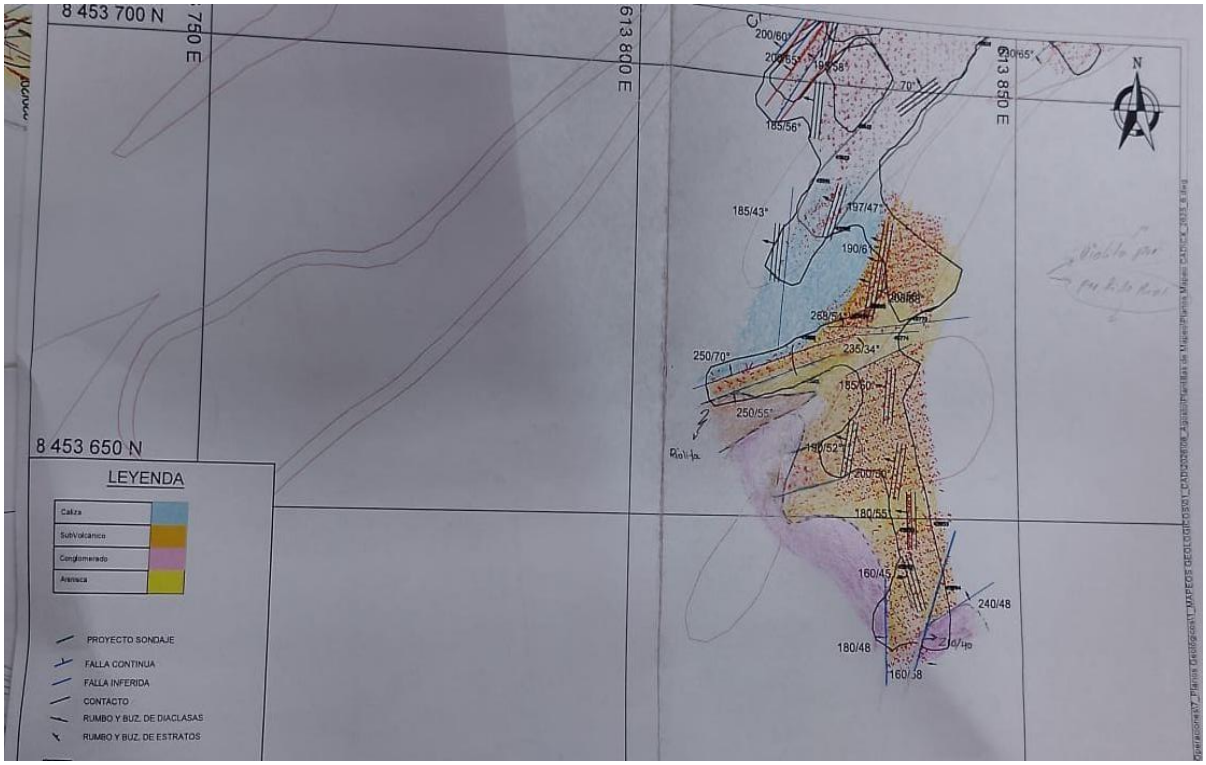
ENSAYES Cu - Pb - Zn - Ag

N° 00001

B. Plano de sección transversal de la Veta Mary

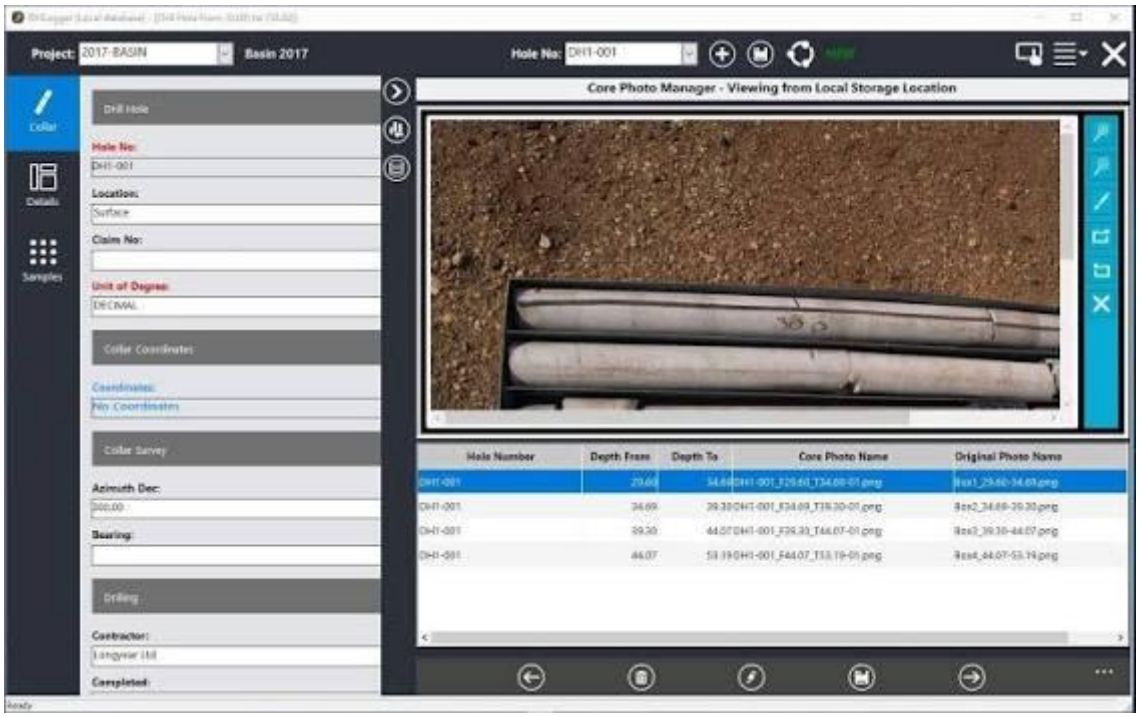


C. Plano de Mapeo geológico

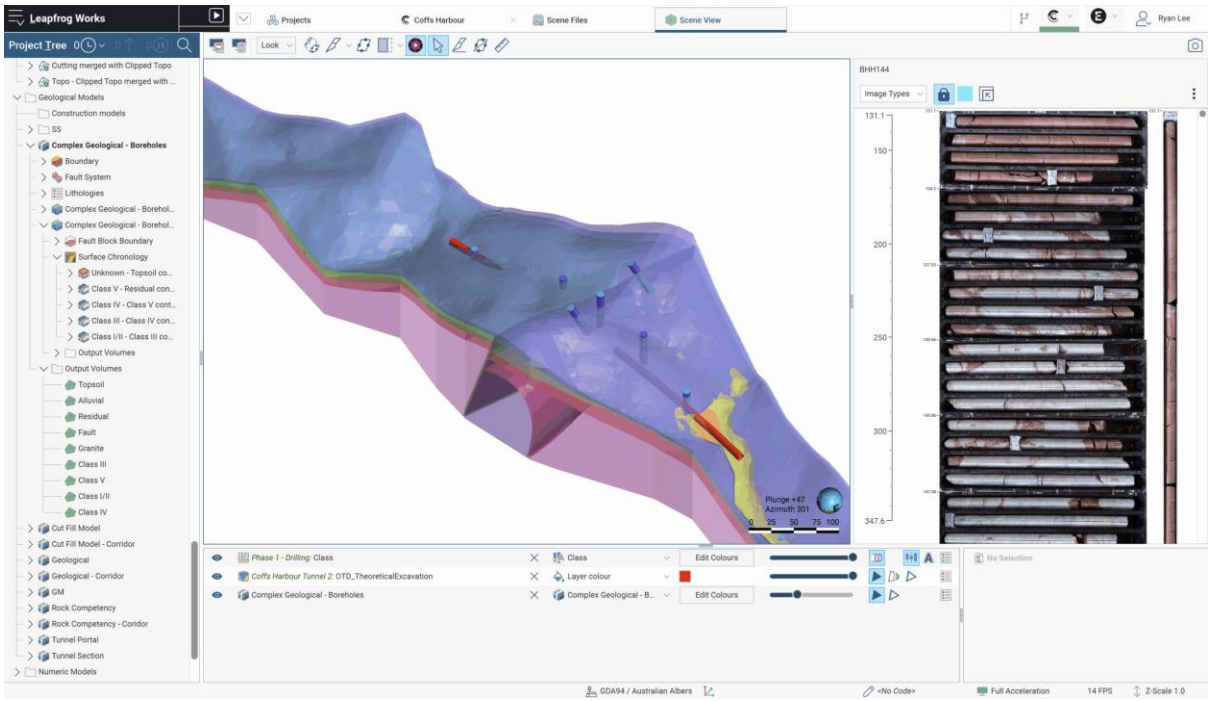


D. Softwares geológicos

Fusion client

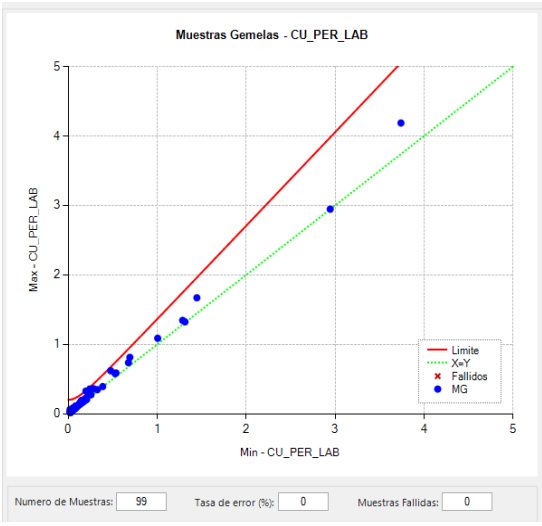


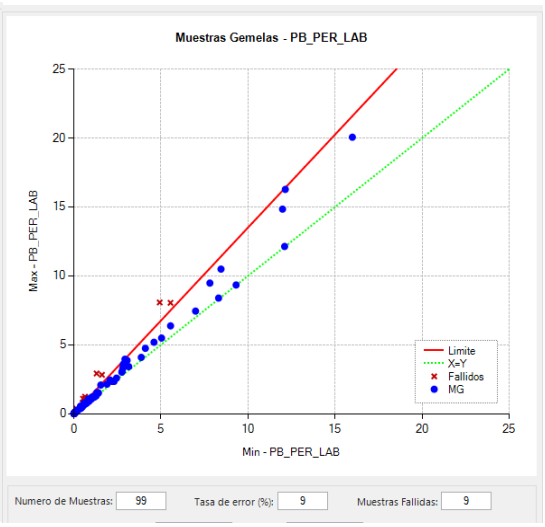
Leapfrog

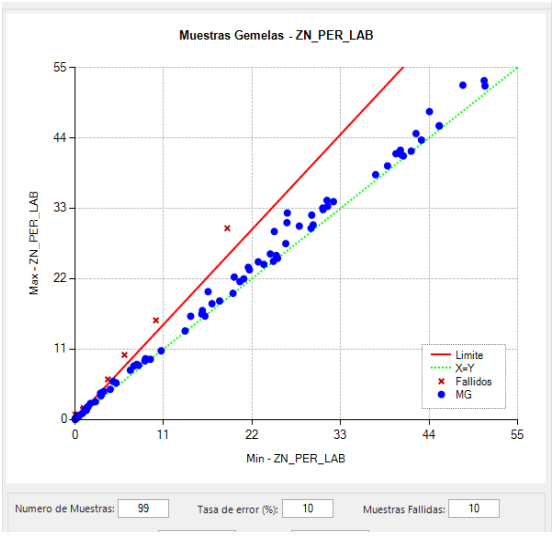

Leapfrog Works
Projects
Coffs Harbour
Scene Files
Scene View
Ryan Lee
Project Tree
Look
Cutting merged with Clipped Topo
Topo - Clipped Topo merged with ...
Geological Models
Construction models
SS
Complex Geological - Boreholes
Boundary
Fault System
Lithologies
Complex Geological - Borehol...
Complex Geological - Borehol...
Fault Block Boundary
Surface Chronology
Unknown - Topsoil co...
Class V - Residual con...
Class IV - Class V cont...
Class III - Class IV con...
Class I/II - Class III co...
Output Volumes
Output Volumes
Topsoil
Alluvial
Residual
Fault
Granite
Class III
Class V
Class I/II
Class IV
Cut Fill Model
Cut Fill Model - Corridor
Geological
Geological - Corridor
GM
Rock Competency
Rock Competency - Coridor
Tunnel Portal
Tunnel Section
Numeric Models
Plunge +47
Azimuth 301
0 25 50 75 100
BHH144
Image Types
131.1
150
200
250
300
347.6
Phase 1 - Drilling: Class
Class
Edit Colours
Coffs Harbour Tunnel 2: OTD_TheoreticalExcavation
Layer colour
Complex Geological - Boreholes
Complex Geological - B...
Edit Colours
No Selection
GDA94 / Australian Albers
<No Code>
Full Acceleration
14 FPS
Z-Scale 1.0

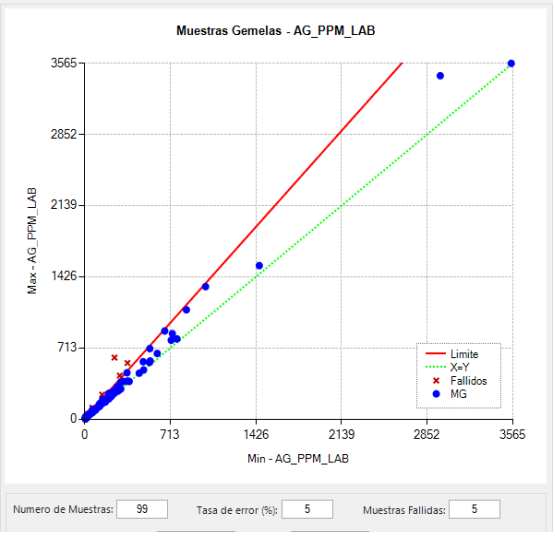
O I: GRÁFICOS DE CONTROL – PRECISIÓN

GEMELAS

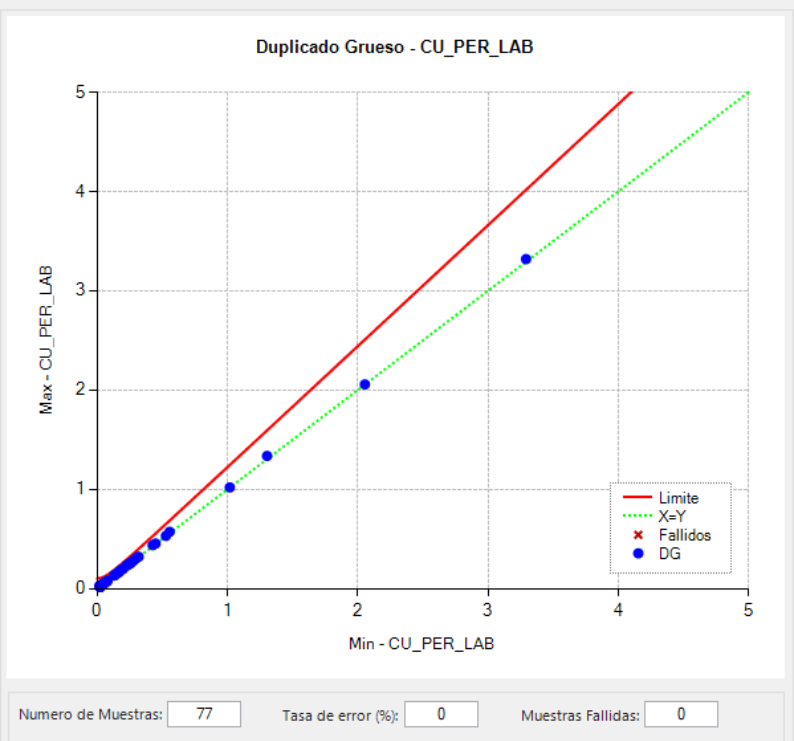


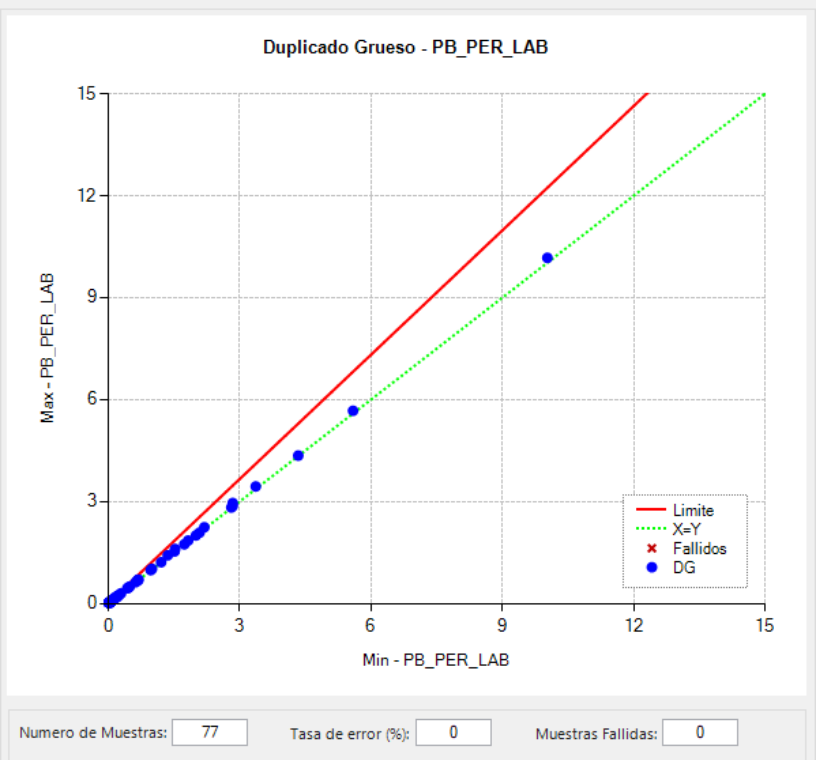


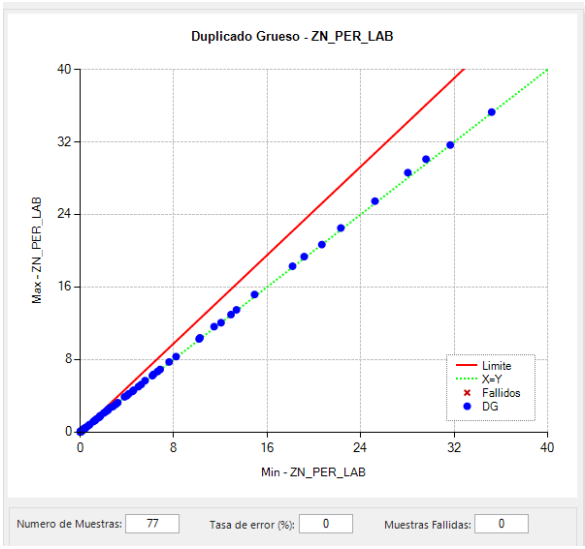


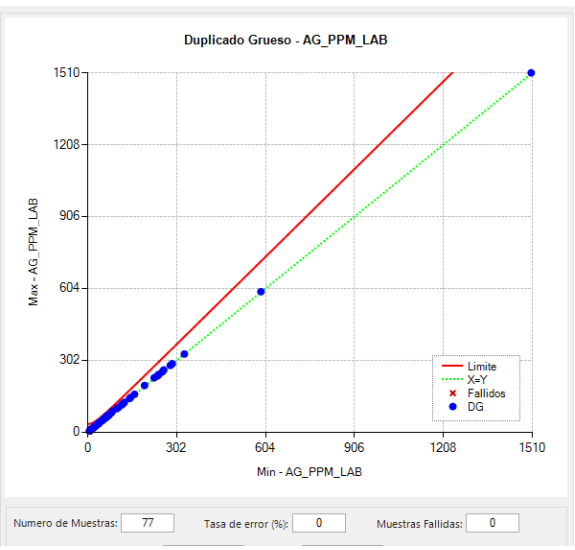


DUPLICADO GRUESO

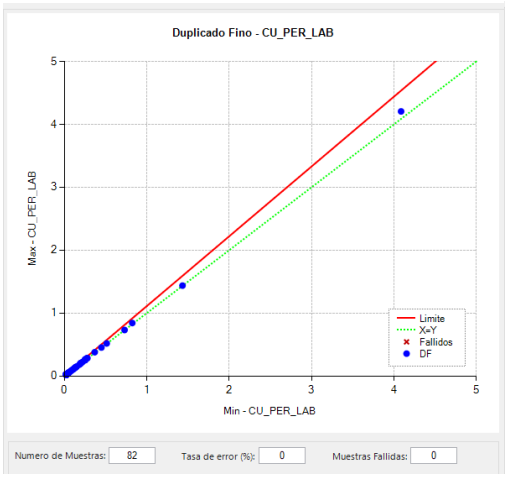


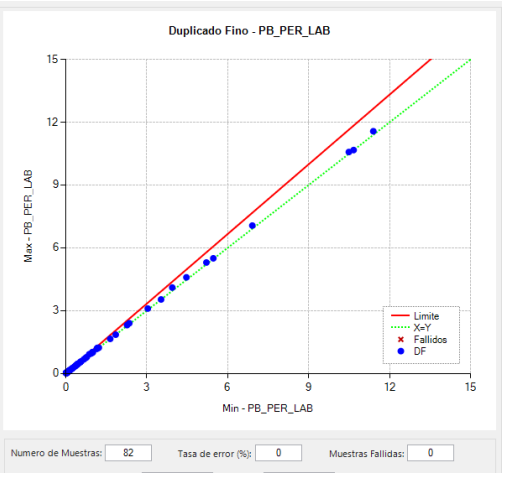


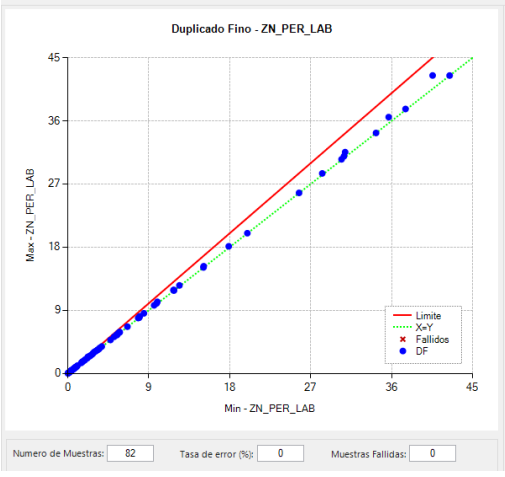


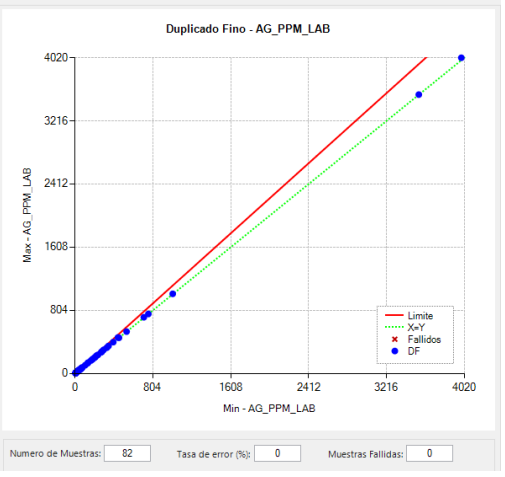


DUPLICADO FINO









ANEXO II: GRÁFICOS DE CONTROL – EXACTITUD

ESTÁNDAR BAJO – ST210007

OUTLIERS REPORT

Standard: ST210007

Best Value: 0.168 *Cu %*

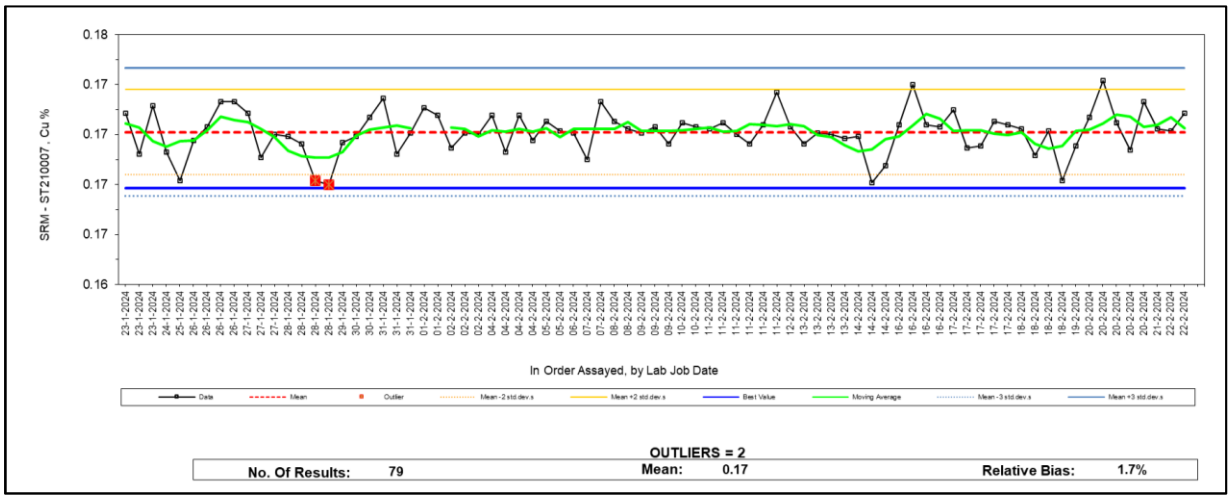
CLIENT BATCH ID	*LAB BATCH ID*	*LAB BATCH DATE*	*SAMPLE ID*	*Cu %*
Lote15	030100309404	28/01/2024	20101320963	0.168
Lote16	030100309403	28/01/2024	20101321015	0.1682

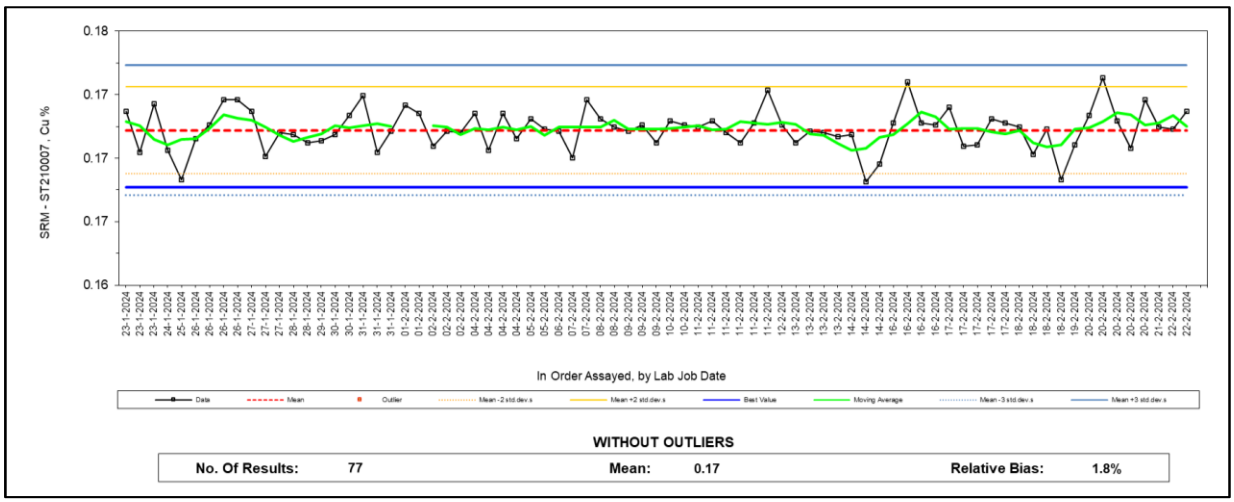
Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media		Sesgo	No. De
			Valor	*Unidad*	*(%)*	MFC
ST210007	Cu	79	0.171	%	1.7%	2

MRC	Elemento	Resultados	Media*		Sesgo*	No. De
			Valor	*Unidad*	*(%)*	MFC
ST210007	Cu	77	0.171	%	1.8%	2

(*) Después de excluir las MFC





OUTLIERS REPORT

Standard: ST210007

Best Value: 0.162 *Pb %*

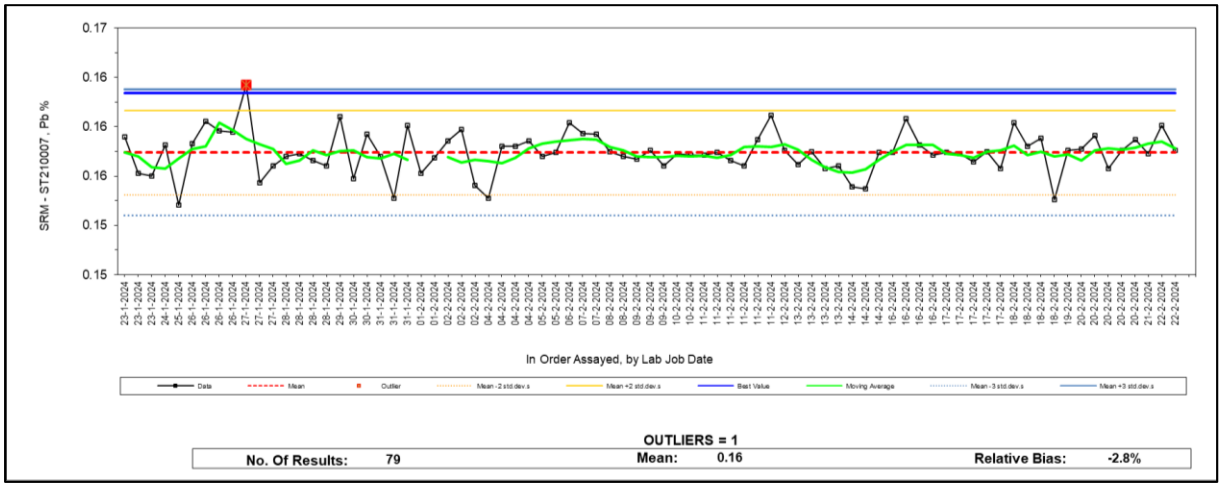
CLIENT BATCH ID	*LAB BATCH ID*	*LAB BATCH DATE*	*SAMPLE ID*	*Pb %*
Lote10	030100309371	27/01/2024	20101320545	0.163

Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media *Valor*	*Unidad*	Sesgo *(%)*	No. De MFC
ST210007	Pb	79	0.157	%	-2.8%	1

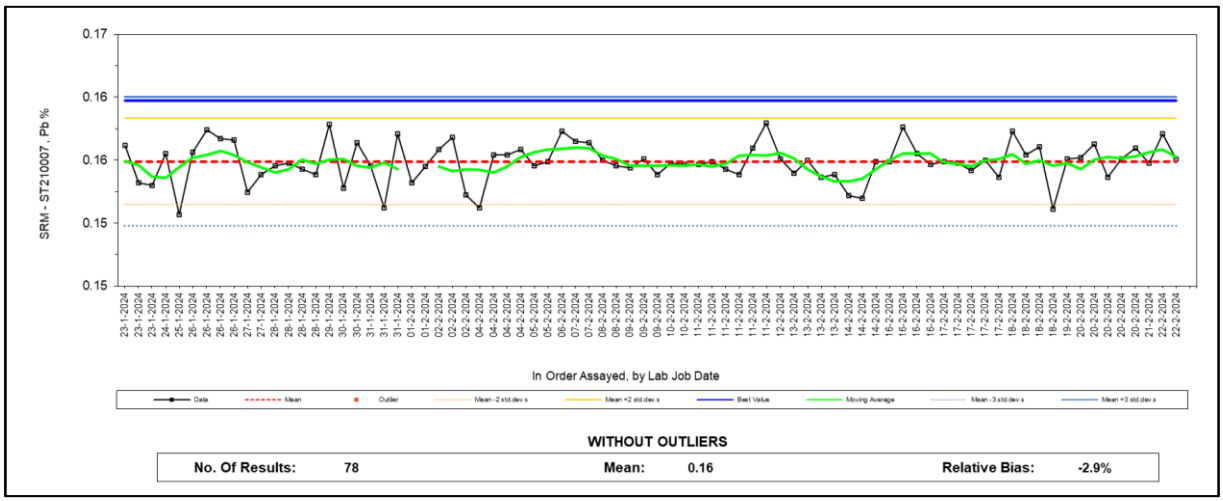
MRC	Elemento	Resultados	Media* *Valor*	*Unidad*	Sesgo* *(%)*	No. De MFC
ST210007	Pb	78	0.157	%	-2.9%	1

(*) Después de excluir las MFC



OUTLIERS = 1

No. Of Results: 79 **Mean:** 0.16 **Relative Bias:** -2.8%



WITHOUT OUTLIERS

No. Of Results: 78 **Mean:** 0.16 **Relative Bias:** -2.9%

OUTLIERS REPORT

Standard: ST210007

Best Value: 1.16 | Zn %

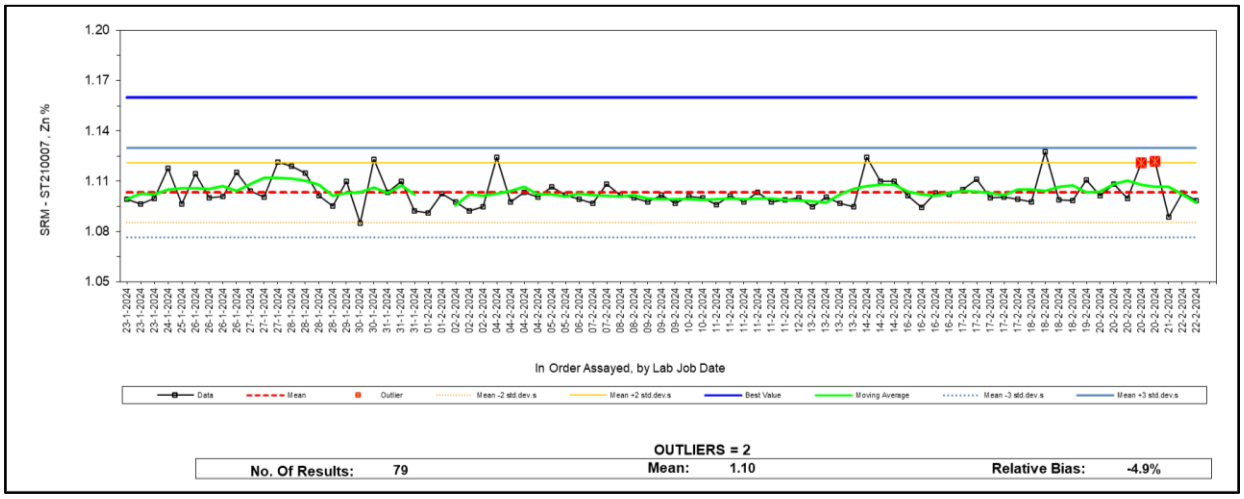
CLIENT BATCH ID	LAB BATCH ID	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Zn %
Lote75	030100309936	20/02/2024	20101322357	1.1211
Lote76	030100309937	20/02/2024	20101322414	1.122

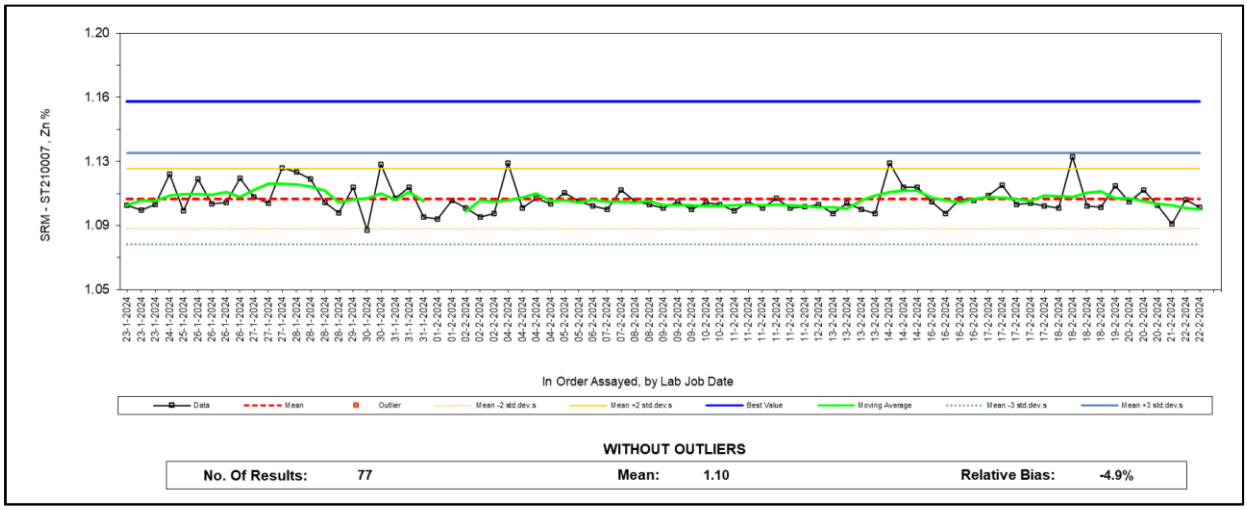
Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Media Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
ST210007	Zn	79	1.103	%	-4.9%	2

MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Media* Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
ST210007	Zn	77	1.103	%	-4.9%	2

(*) Después de excluir las MFC





OUTLIERS REPORT

Standard: ST210007

Best Value: 32.7 *Ag ppm*

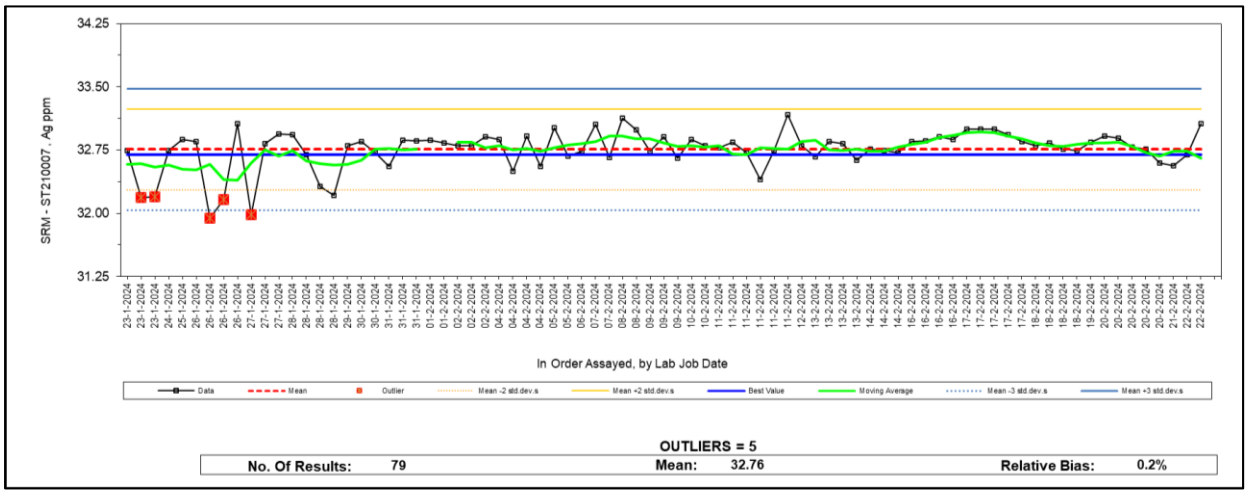
CLIENT BATCH ID	LAB BATCH ID	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Ag ppm
Lote02	030100309316	23/01/2024	10101329103	32.189
Lote03	030100309280	23/01/2024	20101320829	32.2
Lote07	030100309350	26/01/2024	20101320900	31.9425
Lote08	030100309372	26/01/2024	20101320920	32.1614
Lote10	030100309371	27/01/2024	20101320545	31.9872

Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Media Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
ST210007	Ag	79	32.758	ppm	0.2%	5

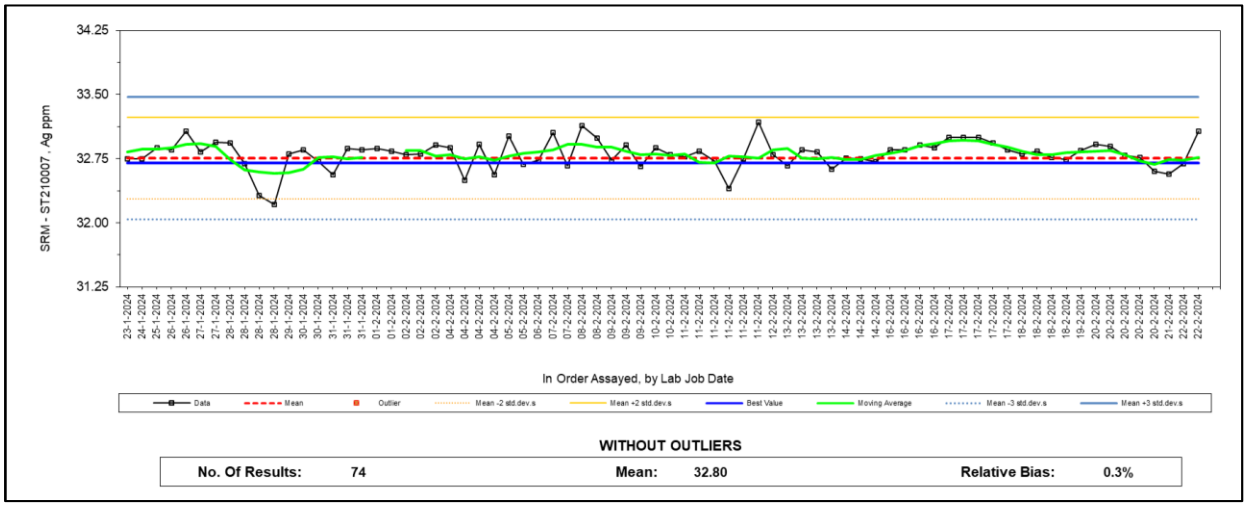
MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Media* Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
ST210007	Ag	74	32.803	ppm	0.3%	5

(*) Después de excluir las MFC



OUTLIERS = 5

No. Of Results:	79	Mean:	32.76	Relative Bias:	0.2%



WITHOUT OUTLIERS

No. Of Results:	74	Mean:	32.80	Relative Bias:	0.3%

ESTÁNDAR MEDIO – ST210008

OUTLIERS REPORT

Standard: ST210008

Best Value: 0.305 Cu %

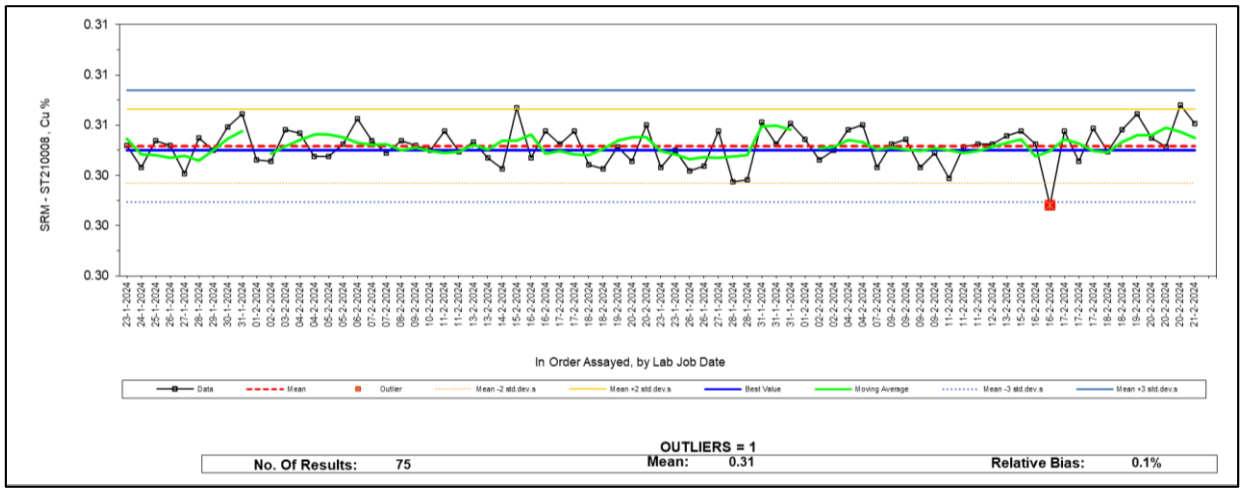
CLIENT BATCH ID	LAB BATCH ID	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Cu %
Lote65	030100309741	16/02/2024	20101321971	00/01/1900

Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Media Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
ST210008	Cu	75	0.305	%	0.1%	1

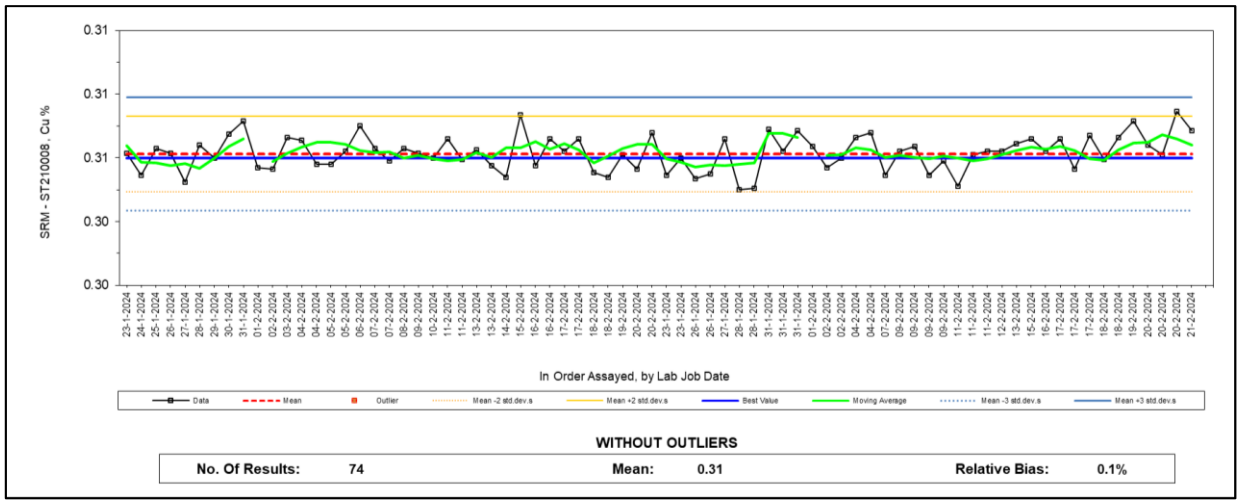
MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Media* Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
ST210008	Cu	74	0.305	%	0.1%	1

(*) Después de excluir las MFC



OUTLIERS = 1

No. Of Results: 75 **Mean:** 0.31 **Relative Bias:** 0.1%



WITHOUT OUTLIERS

No. Of Results: 74 **Mean:** 0.31 **Relative Bias:** 0.1%

OUTLIERS REPORT

Standard: ST210008

Best Value: 0.581 Pb %

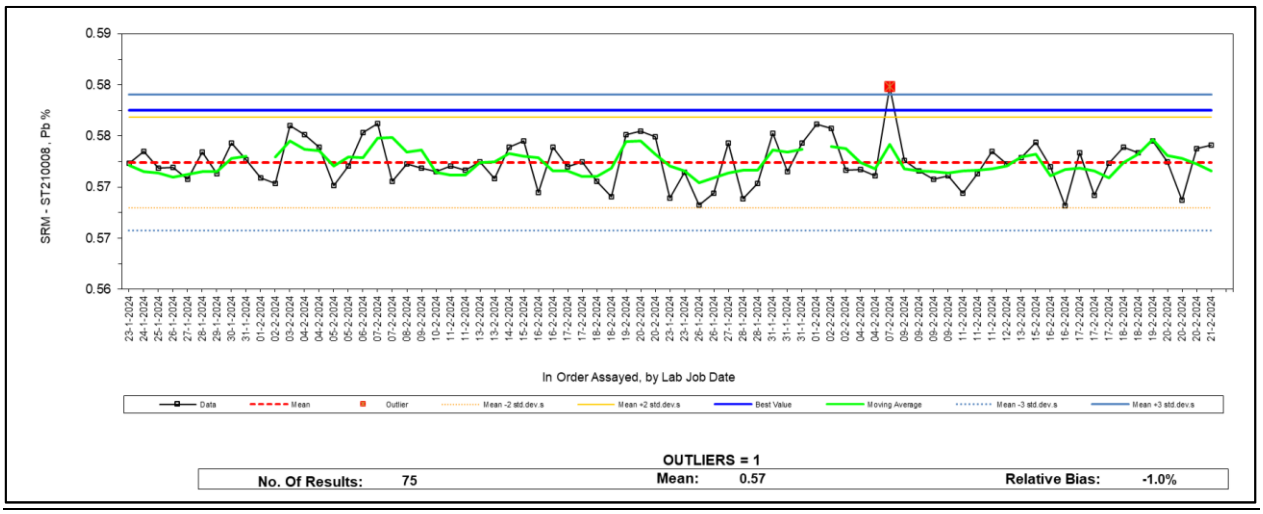
CLIENT BATCH ID	LAB BATCH ID	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Pb %
Lote53	030100309654	07/02/2024	10101330560	0.5838

Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Media Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
ST210008	Pb	75	0.575	%	-1.0%	1

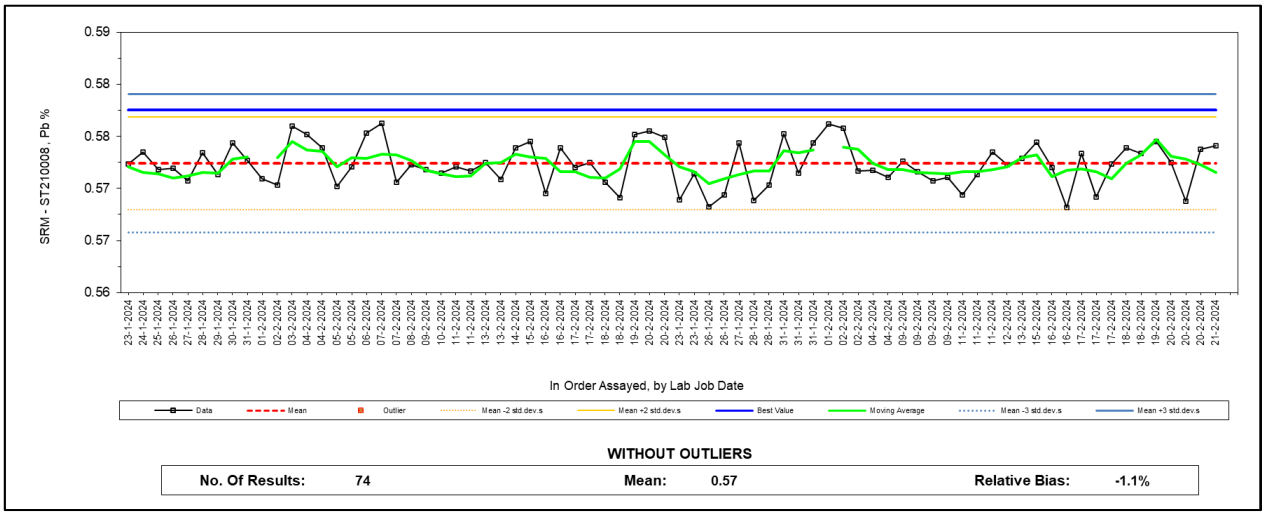
MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Media* Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
ST210008	Pb	74	0.575	%	-1.1%	1

(*) Después de excluir las MFC



OUTLIERS = 1

No. Of Results: 75 **Mean:** 0.57 **Relative Bias:** -1.0%



WITHOUT OUTLIERS

No. Of Results: 74 **Mean:** 0.57 **Relative Bias:** -1.1%

OUTLIERS REPORT

Standard: ST210008

Best Value: 4.52 Zn %

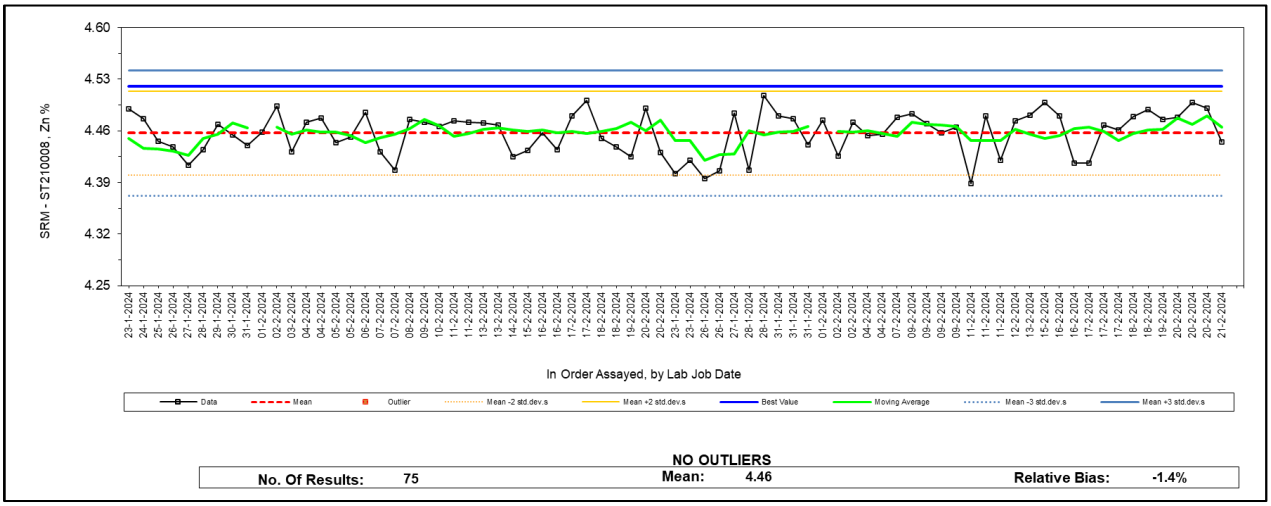
CLIENT BATCH ID	LAB BATCH ID	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Zn %

Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Media Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
ST210008	Zn	75	4.457	%	-1.4%	0

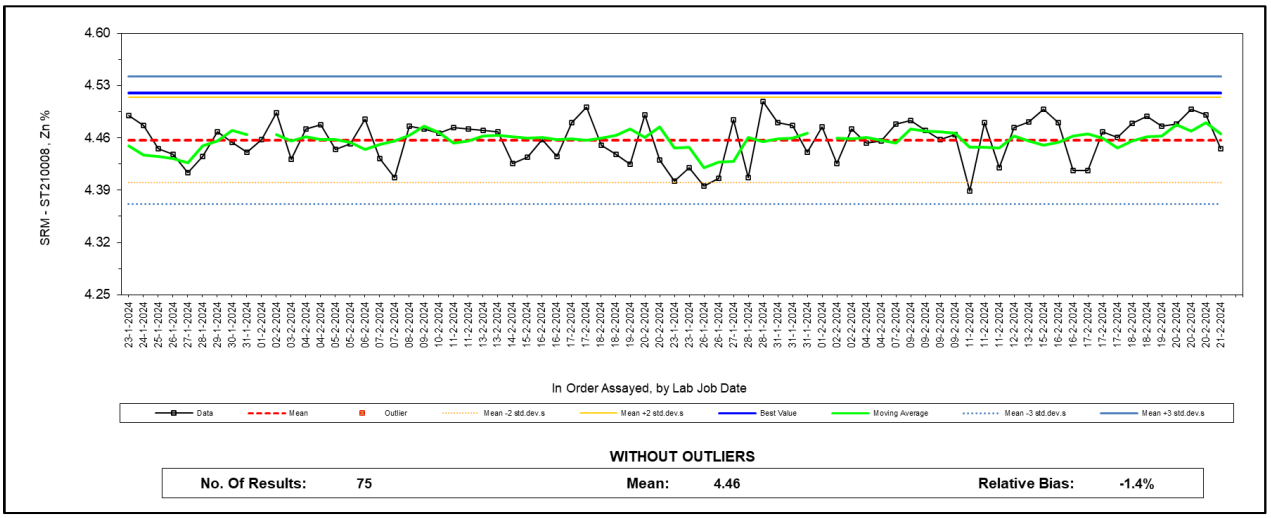
MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Media* Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
ST210008	Zn	75	4.457	%	-1.4%	0

(*) Después de excluir las MFC



NO OUTLIERS

No. Of Results:	75	Mean:	4.46	Relative Bias:	-1.4%



WITHOUT OUTLIERS

No. Of Results:	75	Mean:	4.46	Relative Bias:	-1.4%

OUTLIERS REPORT

Standard: ST210008

Best Value: 93.7 *Ag ppm*

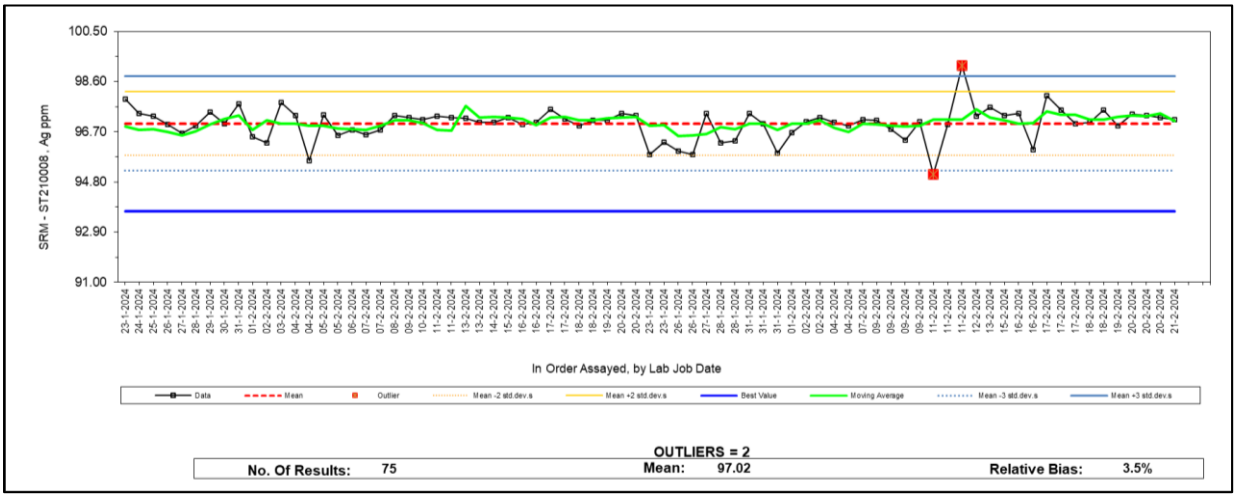
CLIENT BATCH ID	LAB BATCH ID	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Ag ppm
Lote58	030100309680	11/02/2024	20101321771	95.098
Lote60	030100309691	11/02/2024	20101321722	99.200

Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Media Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
ST210008	Ag	75	97.018	ppm	3.5%	2

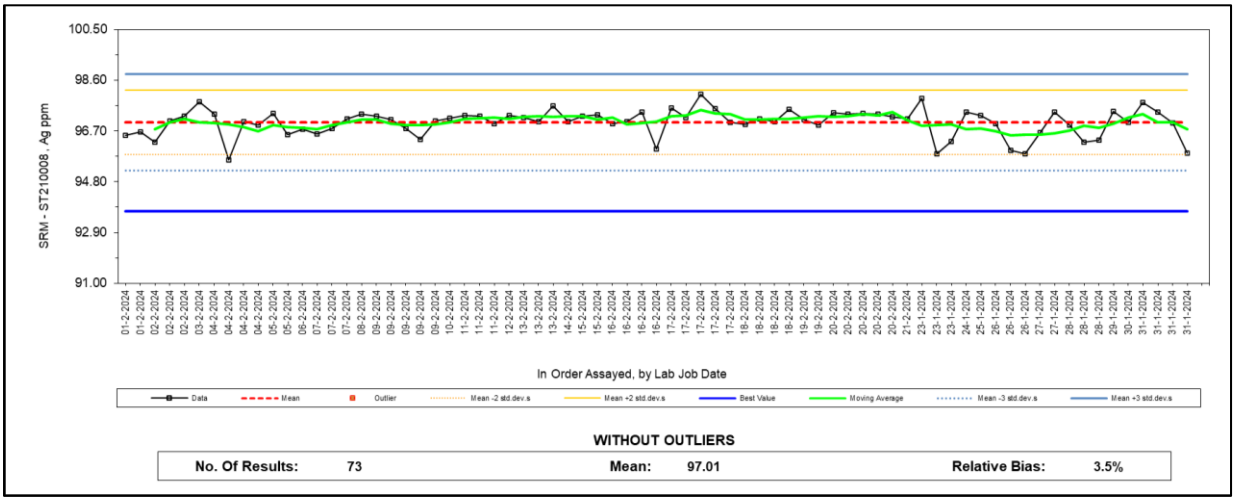
MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Media* Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
ST210008	Ag	73	97.014	ppm	3.5%	2

(*) Después de excluir las MFC



OUTLIERS = 2

No. Of Results:	75	Mean:	97.02	Relative Bias:	3.5%



WITHOUT OUTLIERS

No. Of Results:	73	Mean:	97.01	Relative Bias:	3.5%

ESTÁNDAR ALTO – ST210009

OUTLIERS REPORT

Standard: ST210009

Best Value: 0.673 *Cu (%)*

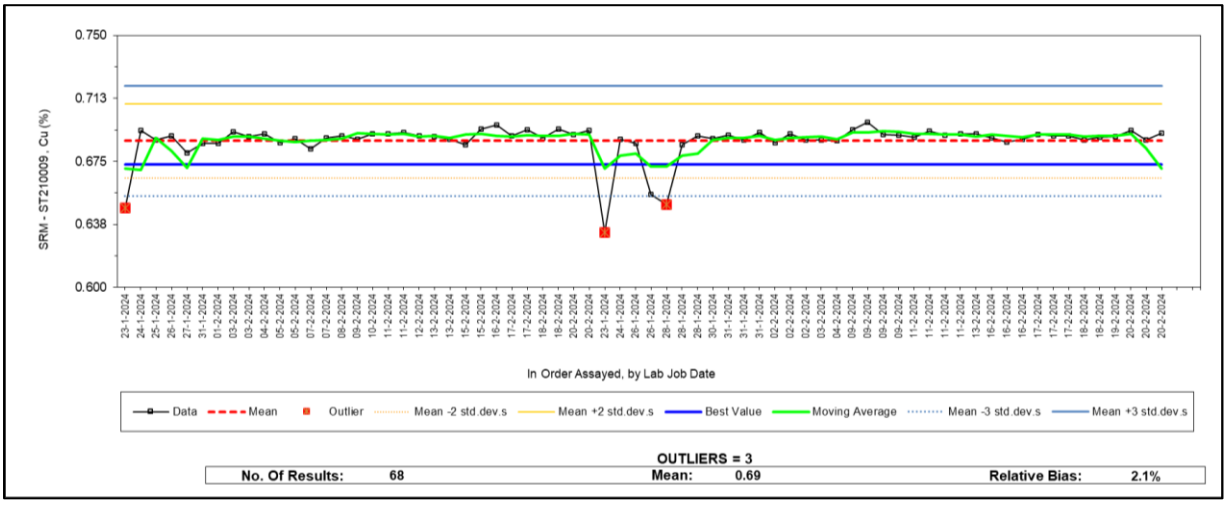
CLIENT BATCH ID	*LAB BATCH ID*	*LAB BATCH DATE*	*SAMPLE ID*	*Cu (%)*
Lote01	030100309317	23/01/2024	10101331771	0.647
Lote32	030100309280	23/01/2024	20101320850	0.633
Lote36	030100309404	28/01/2024	20101320998	0.6491

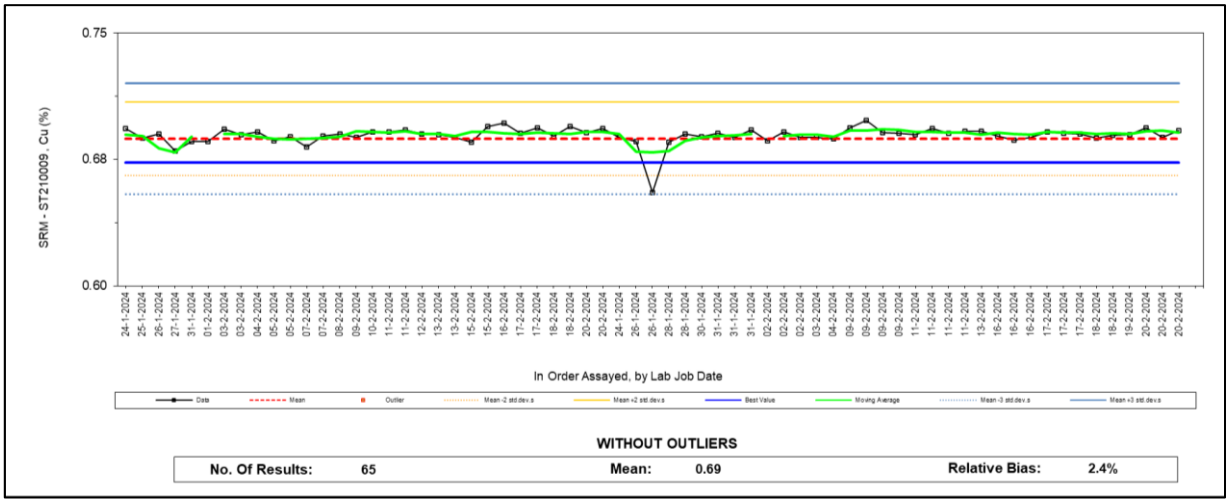
Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media *Valor*	*Unidad*	Sesgo *(%)*	No. De MFC
ST210009	Cu	68	0.687	(%)	2.1%	3

MRC	Elemento	Resultados	Media* *Valor*	*Unidad*	Sesgo* *(%)*	No. De MFC
ST210009	Cu	65	0.689	(%)	2.4%	3

(*) Después de excluir las MFC





OUTLIERS REPORT

Standard: ST210009

Best Value: 1.18 *Pb (%)*

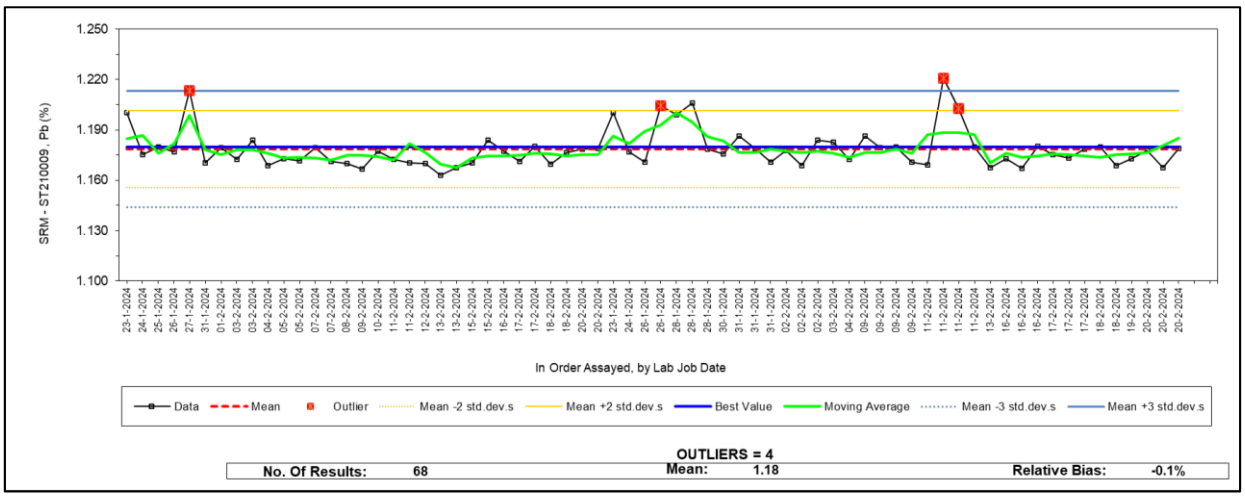
CLIENT BATCH ID	*LAB BATCH ID*	*LAB BATCH DATE*	*SAMPLE ID*	*Pb (%)*
Lote53	030100309691	11/02/2024	20101321743	1.2207
Lote54	030100309680	11/02/2024	20101321756	1.2028
Lote35	030100309350	26/01/2024	20101320861	1.2042
Lote05	030100309371	27/01/2024	20101320503	1.2134

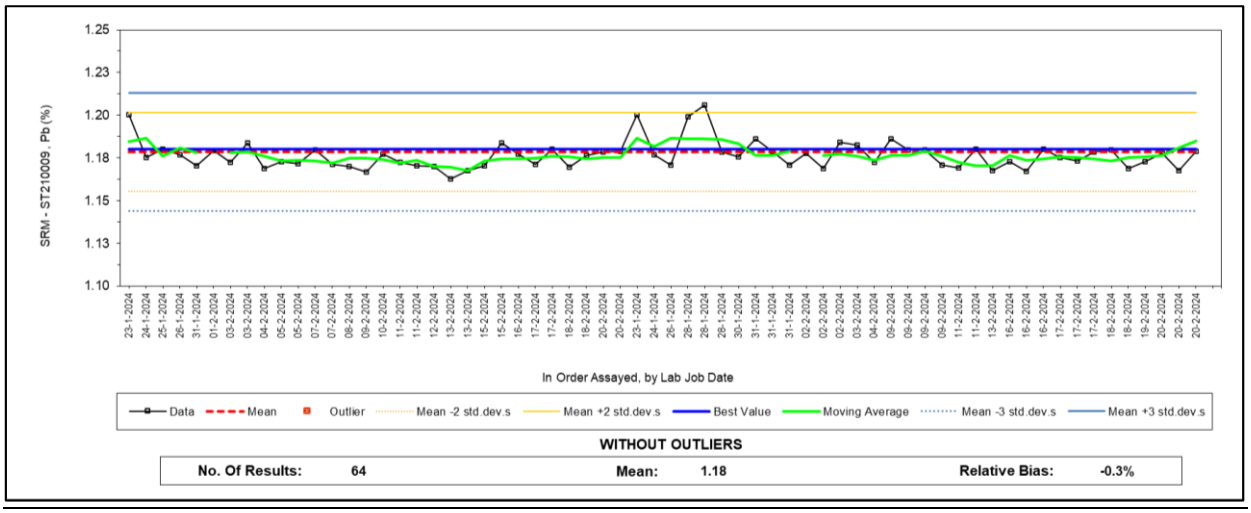
Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media *Valor*	Media *Unidad*	Sesgo *(%)*	No. De MFC
ST210009	Pb	68	1.179	(%)	-0.1%	4

MRC	Elemento	Resultados	Media* *Valor*	Media* *Unidad*	Sesgo* *(%)*	No. De MFC
ST210009	Pb	64	1.177	(%)	-0.3%	4

(*) Después de excluir las MFC





OUTLIERS REPORT

Standard: ST210009

Best Value: 10 | *Zn (%)*

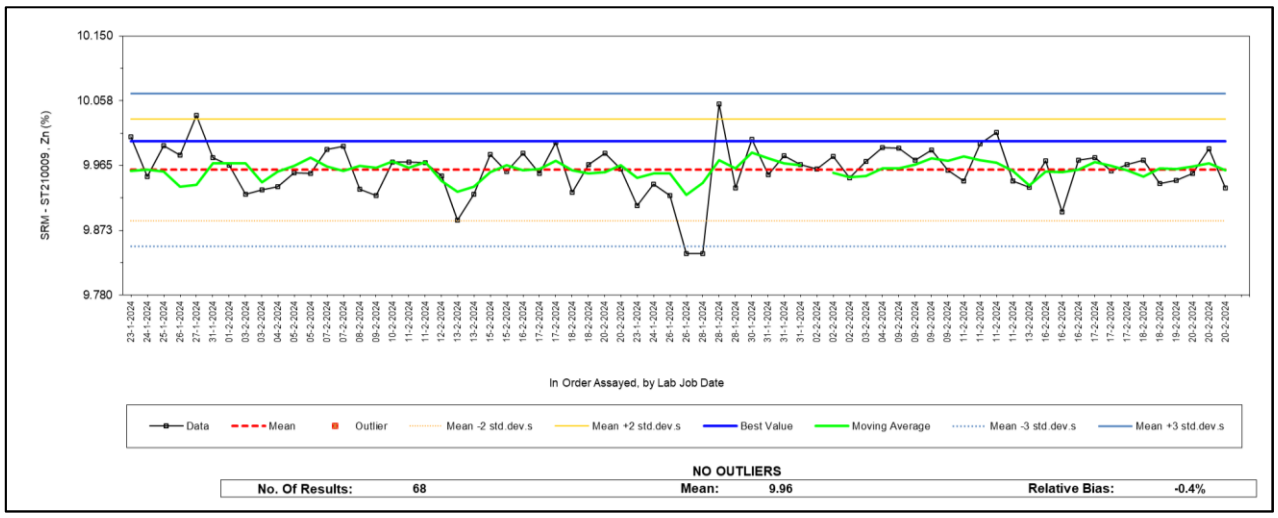
CLIENT BATCH ID	*LAB BATCH ID*	*LAB BATCH DATE*	*SAMPLE ID*	*Zn (%)*

Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media *Valor*	*Unidad*	Sesgo *(%)*	No. De MFC
ST210009	Zn	68	9.959	(%)	-0.4%	0

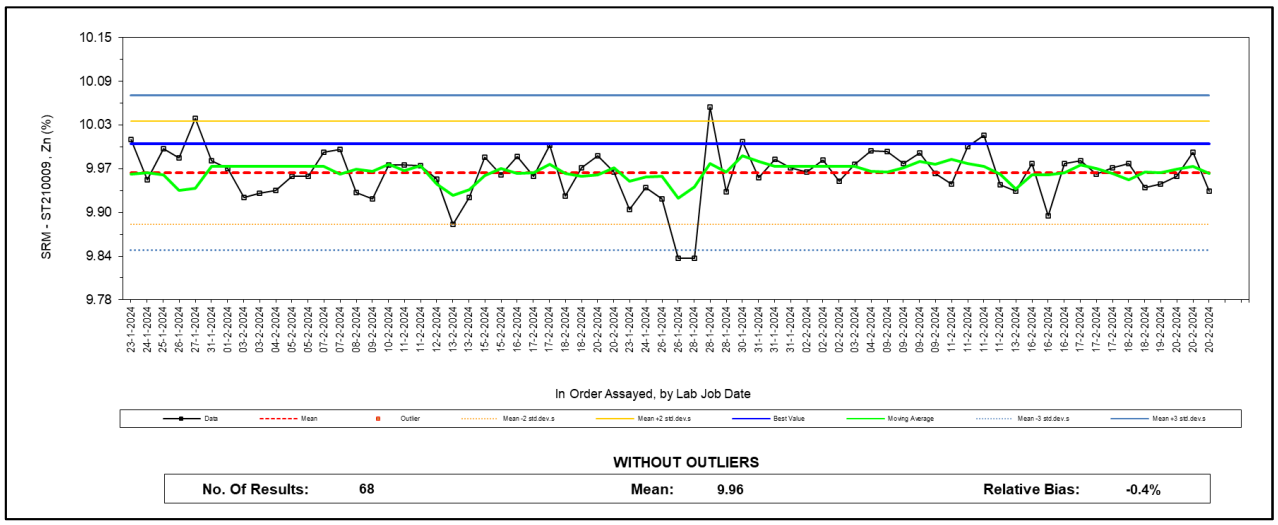
MRC	Elemento	Resultados	Media* *Valor*	*Unidad*	Sesgo* *(%)*	No. De MFC
ST210009	Zn	68	9.959	(%)	-0.4%	0

(*) Después de excluir las MFC



NO OUTLIERS

No. Of Results:	68	Mean:	9.96	Relative Bias:	-0.4%



WITHOUT OUTLIERS

No. Of Results:	68	Mean:	9.96	Relative Bias:	-0.4%

OUTLIERS REPORT

Standard: ST210009

Best Value: 194 *Ag ppm*

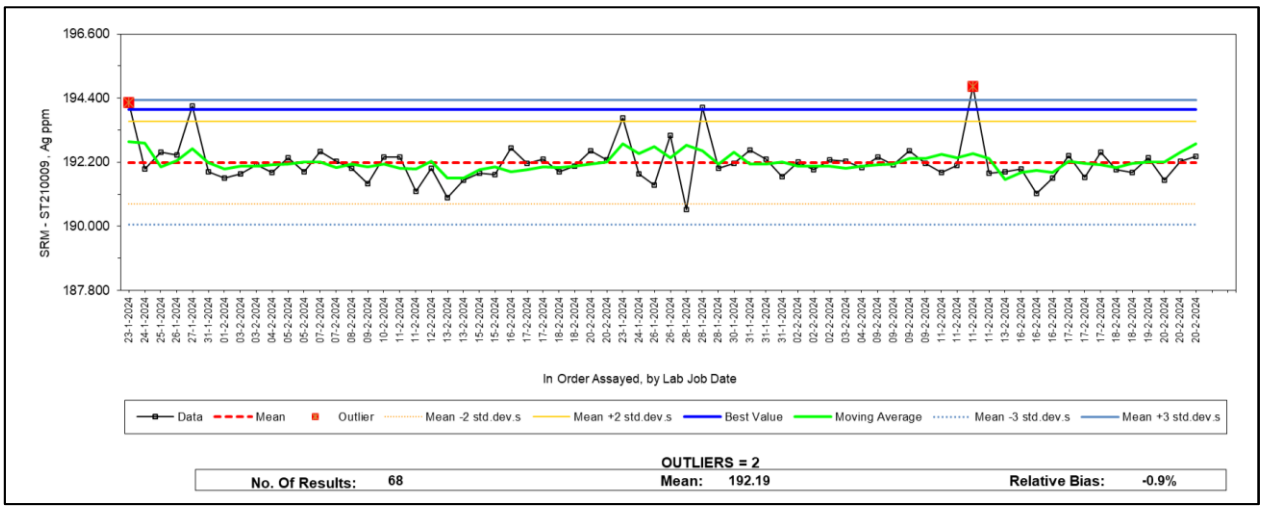
CLIENT BATCH ID	LAB BATCH ID	LAB BATCH DATE	SAMPLE ID	Ag ppm
Lote54	030100309680	11/02/2024	20101321756	194.794
Lote01	030100309317	23/01/2024	10101331771	194.241

Desempeño Individual del MRC

MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Media Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
ST210009	Ag	68	192.188	ppm	-0.9%	2

MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Media* Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
ST210009	Ag	66	192.117	ppm	-1.0%	2

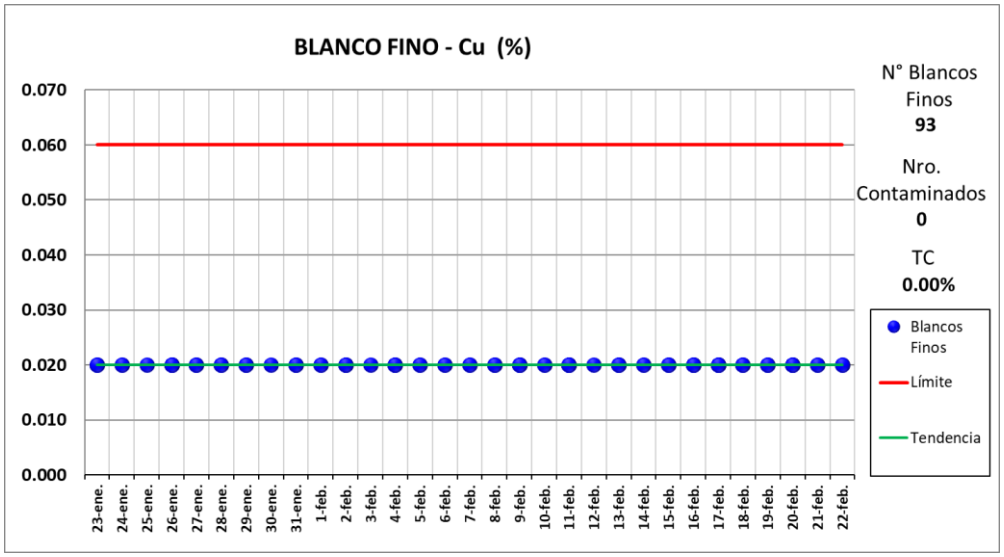
(*) Después de excluir las MFC

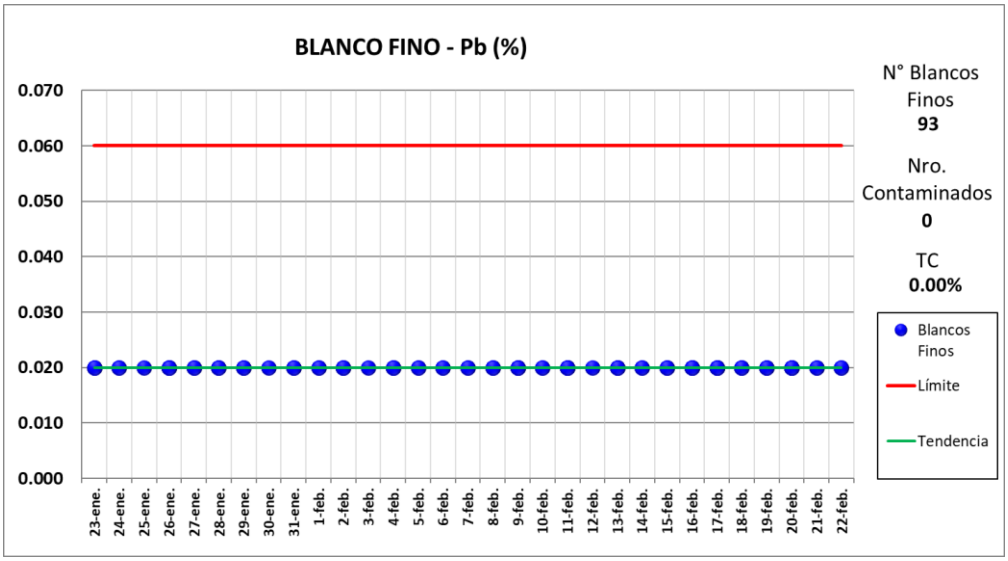


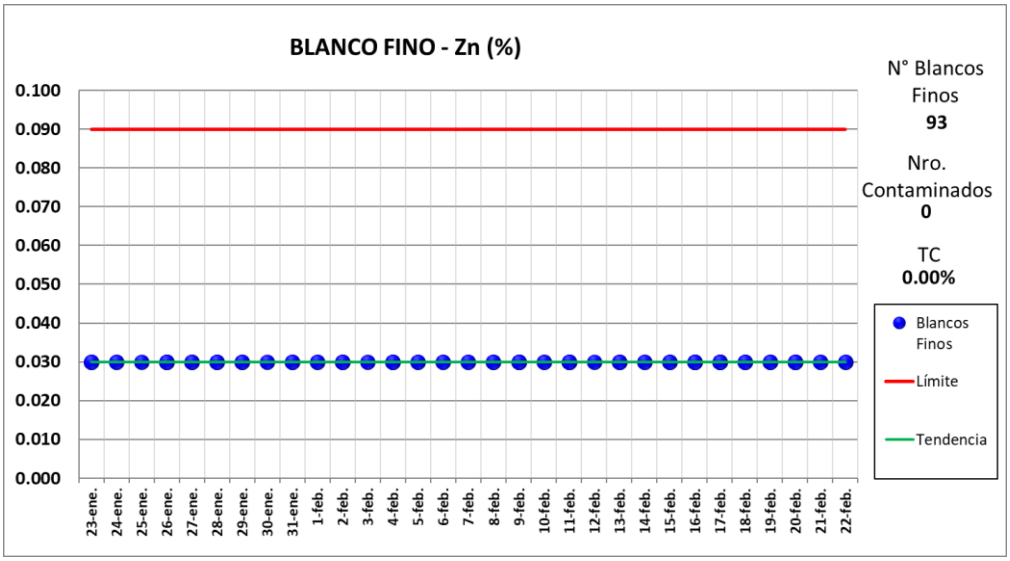


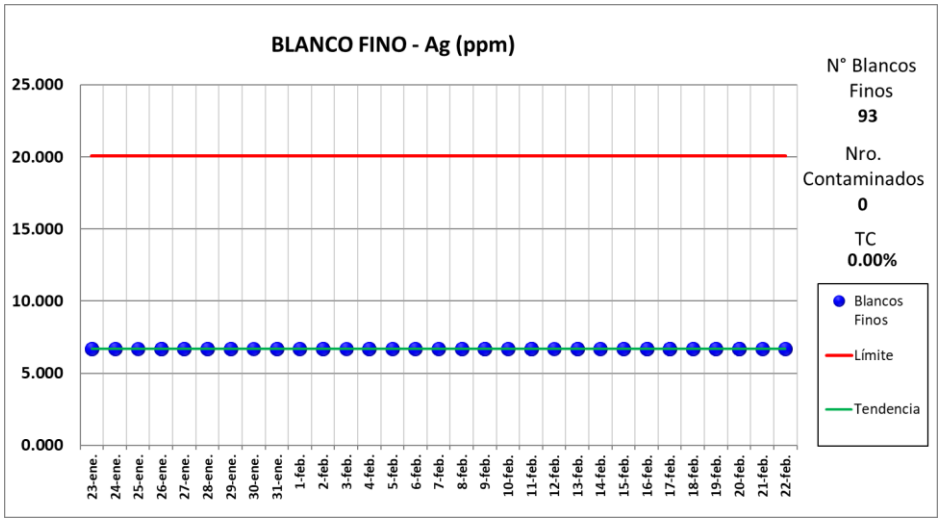
ANEXO III : GRÁFICOS DE CONTROL – CONTAMINACIÓN

BLANCO FINO

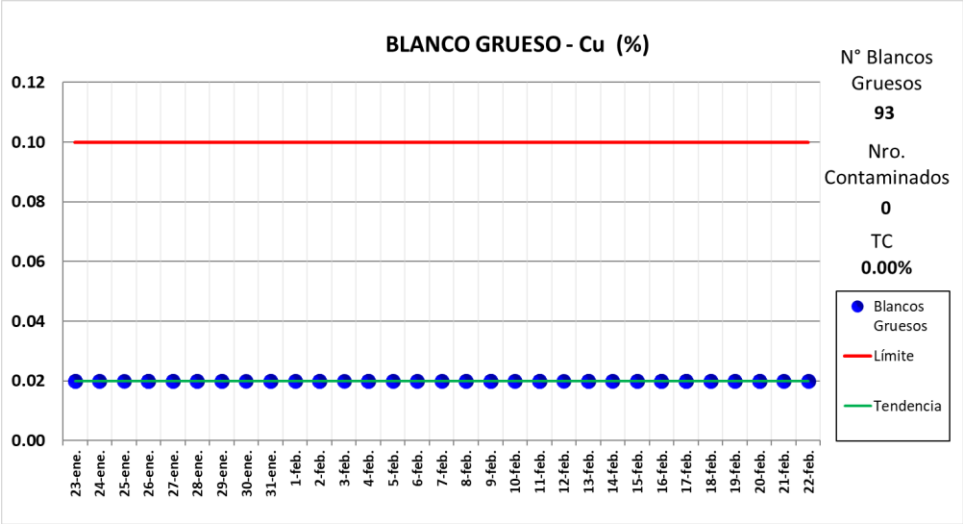


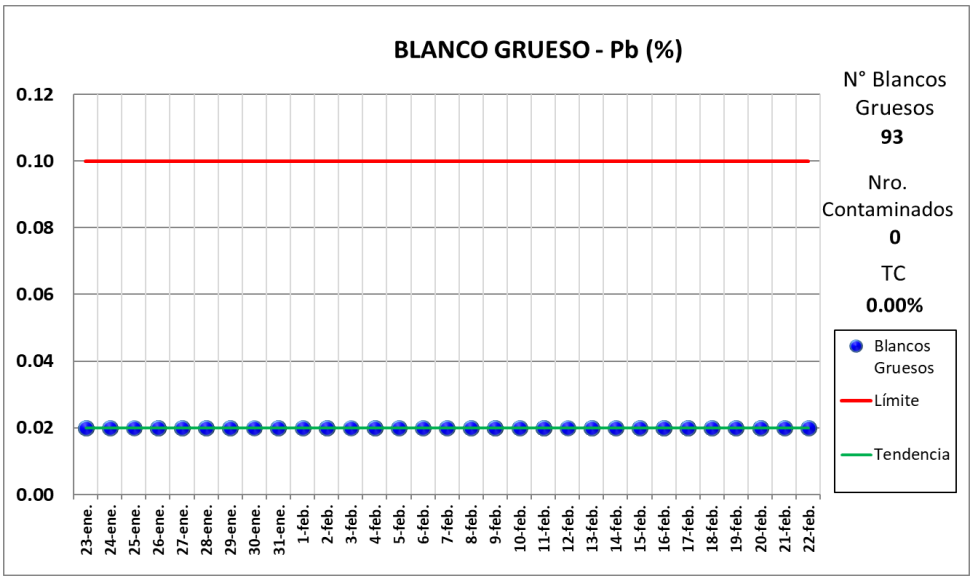


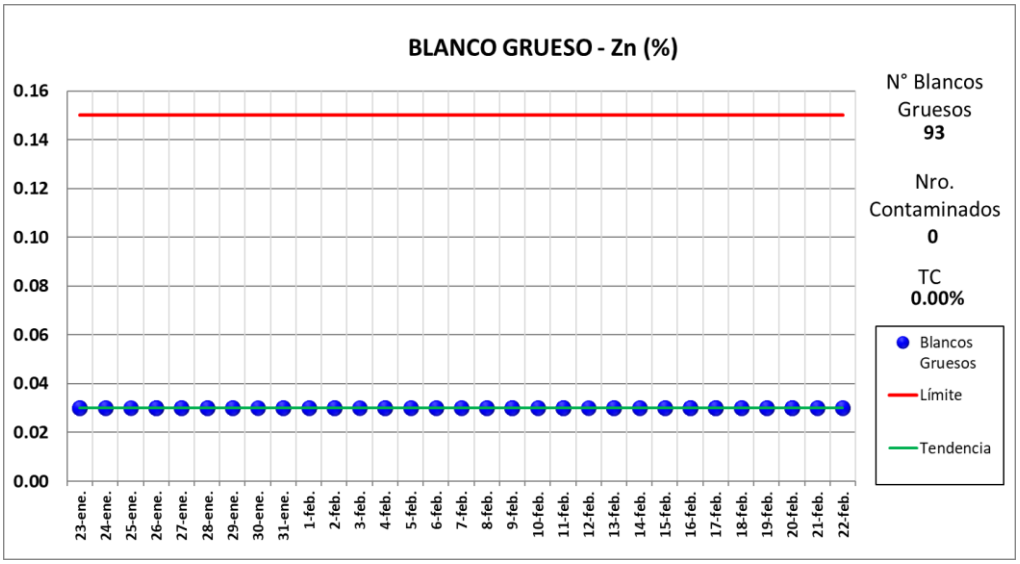


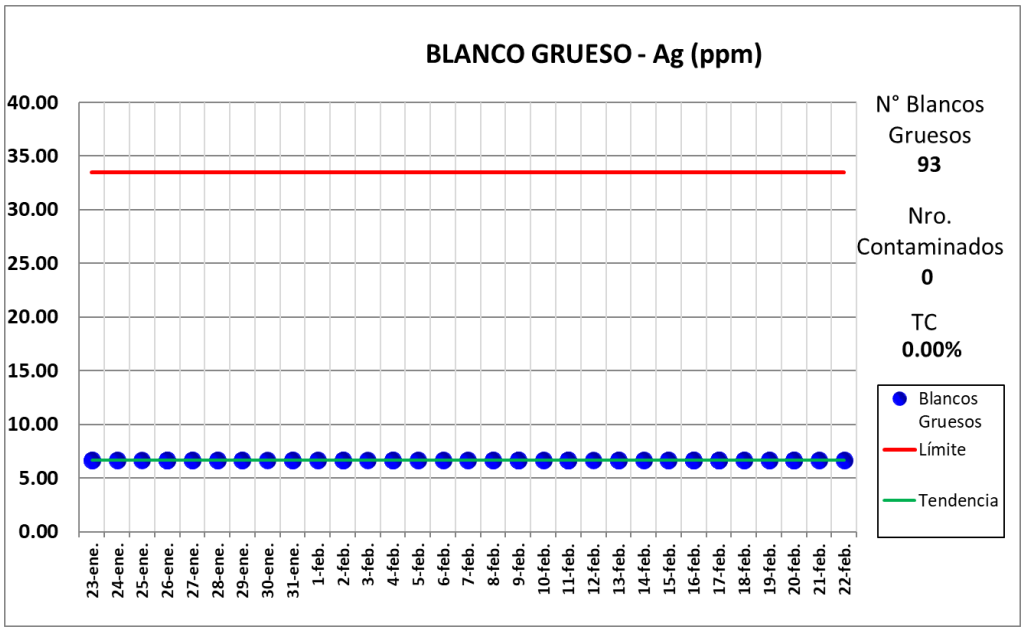


BLANCO GRUESO






BLANCO GRUESO - Zn (%)
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
23-ene.
24-ene.
25-ene.
26-ene.
27-ene.
28-ene.
29-ene.
30-ene.
31-ene.
1-feb.
2-feb.
3-feb.
4-feb.
5-feb.
6-feb.
7-feb.
8-feb.
9-feb.
10-feb.
11-feb.
12-feb.
13-feb.
14-feb.
15-feb.
16-feb.
17-feb.
18-feb.
19-feb.
20-feb.
21-feb.
22-feb.
N° Blancos Gruesos
93
Nro. Contaminados
0
TC
0.00%
Blancos Gruesos
Límite
Tendencia


BLANCO GRUESO - Ag (ppm)
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
23-ene.
24-ene.
25-ene.
26-ene.
27-ene.
28-ene.
29-ene.
30-ene.
31-ene.
1-feb.
2-feb.
3-feb.
4-feb.
5-feb.
6-feb.
7-feb.
8-feb.
9-feb.
10-feb.
11-feb.
12-feb.
13-feb.
14-feb.
15-feb.
16-feb.
17-feb.
18-feb.
19-feb.
20-feb.
21-feb.
22-feb.
N° Blancos Gruesos
93
Nro. Contaminados
0
TC
0.00%
Blancos Gruesos
Límite
Tendencia