

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Evaluación y clasificación de recursos minerales del proyecto Cayhua
– Cayhua Norte en base a los programas de exploración 2000 – 2017,
Mina Corihuarmi**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor: Bach. Fernandines Jhoel ALANIA QUISPE

Asesor: Dr. Reynaldo MEJIA CACERES

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Evaluación y clasificación de recursos minerales del proyecto Cayhua
– Cayhua Norte en base a los programas de exploración 2000 – 2017,
Mina Corihuarmi**

Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO
PRESIDENTE

Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA
MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente trabajo, se lo dedico a mis padres, hermano, esposa e hijo, por el apoyo incondicional que me brindan día a día para cumplir mis objetivos y metas trazadas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumo mundial de minerales se manifiesta con un gran aumento del ritmo de extracción y utilización de la materia prima mineral. Por este motivo los trabajos de exploración y evaluación geológica-económica de yacimientos minerales útiles, constituye una de las tareas más importantes en las empresas y compañías geo-mineras. En esta actividad el cálculo de recursos y reservas minerales juega un papel fundamental.

La estimación de recursos es una operación de alta responsabilidad que determina en gran medida el valor de un yacimiento mineral. Este cálculo puede ser realizado por métodos clásicos o modernos: En los primeros se utilizan fundamentalmente valores medios o medias ponderadas para la estimación de bloques definidos convenientemente, por lo que su uso ha estado relacionado con problemas de precisión. Además, la utilización de los métodos clásicos no se recomienda porque aun cuando permiten cuantificar las reservas a escala global, no son adecuados para la caracterización local de las reservas. En los segundos predominan los métodos geoestadísticos, los cuales consisten en el uso de técnicas de regresión, teniendo como premisa fundamental la realización de las estimaciones a partir de las características de variabilidad y correlación espacial de los datos originales.

La Geoestadística es resultado de la aplicación de la Teoría de Funciones Aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales, fundamentalmente los relacionados con la actividad geólogo minera. Así también, es una disciplina que estudia fenómenos regionalizados (es decir, fenómenos que presenten una estructura espacial); provee herramientas fundamentales para la estimación de variables regionalizadas tales como leyes minerales, por lo tanto, la

geoestadística es la herramienta utilizada para generar un fidedigno reporte de recursos minerales recuperables en un yacimiento.

A la mina Corihuarmi, a inicios del año 2017 se le estimó una vida útil de 2 años (hasta 2019), debido a que las reservas minerales de los principales tajos operativos de la mina (Susan, Diana y Scree Slope) están agotándose considerablemente debido al incremento de la producción y el agotamiento de leyes económicas.

Es así como en este trabajo se pretende realizar la estimación de recursos del Proyecto Cayhua – Cayhua Norte, utilizando la geoestadística como principal herramienta de evaluación de los resultados obtenidos en la campaña de exploración ejecutada durante el año 2017 y anteriores a esta, y así cuantificar mediante nuevos estudios la cantidad de años que se incrementarán en la vida útil de la Mina Corihuarmi.

RESUMEN

En este trabajo, se realizó la “Evaluación y Clasificación de Recursos Minerales del Proyecto Cayhua - Cayhua Norte en Base a los Programas de Exploración 2000 – 2017”, este se ubica dentro de la mina Corihuarmi, en el departamento de Lima, provincia de Yauyos y distrito de Huantán, 250 km al sureste de la ciudad de Lima.

El objetivo principal del estudio es evaluar y clasificar los recursos minerales del proyecto Cayhua – Cayhua Norte en base a los programas de exploración 2000 – 2017 mediante la implementación de metodologías de estimación, validación y clasificación de los recursos minerales del proyecto.

Para realizar el presente estudio se usó principalmente la información de perforación DDH y RCD de 125 taladros con 10,629.50 m. El procesamiento se realizó con el software MineSight 11.5.

Se realizó la validación de toda la data recolectada y se aseguró la existencia de programas de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) durante el desarrollo de los trabajos de perforación, muestreo y análisis químico.

Se implementó metodologías para los procesos de estimación, validación y clasificación de los recursos minerales diferenciándose distintas etapas.

Finalmente se clasificó los recursos minerales del proyecto Cayhua – Cayhua Norte, obteniendo como resultado un reporte de recurso mineral lixiviable (medido e indicado) de 4, 998,079 TM con una ley promedio de 0.31 g/t Au y 49,083 Oz Au.

Palabras clave: Estimación de recursos, validación de recursos, clasificación de recursos, recursos medidos, recursos indicados, recursos inferidos.

ABSTRACT

In this work, we have carried out the “Evaluation and Classification of Mineral Resources of the Cayhua – Cayhua Norte Project based on the 2000 - 2017 Exploration Programs”. This is located within the Corihuarmi mine, in the State of Lima, Yauyos province and Huantán district, 250 km southeast of the city of Lima.

The main objective of the study is to evaluate and classify the mineral resources of the Cayhua – Cayhua Norte project based on the 2000 – 2017 exploration programs through the implementation of estimation, validation and classification methodologies of the project's mineral resources.

To carry out this study, the DDH and RCD drilling information of 125 drills with 10,629.50 m was mainly used. The processing was carried out with the MineSight 11.5 software.

Validation of all the data collected was carried out and the existence of Quality Assurance and Control (QA/QC) programs was ensured during the development of the drilling, sampling and chemical analysis works.

Methodologies were implemented for the processes of estimation, validation and classification of mineral resources, differentiating different stages.

Finally, the mineral resources of the Cayhua - Cayhua Norte project were classified, obtaining as a result a leachable mineral resource report (measured and indicated) of 4,998,079 MT with an average grade of 0.31 g/t. Au and 49,083 Oz Au.

Keywords: Resource estimation, resource validation, resource classification, measured resources, indicated resources, inferred resources.

INDICE

DEDICATORIA

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

ABSTRACT

INDICE

CAPÍTULO I

DATOS GENERALES

1.1.	Título del trabajo de suficiencia profesional	1
1.2.	Delimitación del trabajo de suficiencia profesional	1
1.3.	Fecha de inicio y fecha de término	1

CAPÍTULO II

PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

2.1.	Descripción del trabajo de suficiencia profesional	2
	2.1.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	2
	2.1.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	8
	2.1.3. Tratamiento estadístico de datos	13
2.2.	Justificación	14
2.3.	Objetivos del trabajo de suficiencia profesional	15
	2.3.1. Objetivo general	15
	2.3.2. Objetivos específicos	15

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes	16
3.2. Bases teóricas científicas	21
3.2.1. Estimación y evaluación de recursos y reservas	21
3.2.2. Incertidumbres técnicas que afectan a la estimación, clasificación y valoración de recursos y reservas minerales	31
3.2.3. Complejidades geológicas y de ley mineral asociadas con la estimación y evaluación de reservas minerales	35
3.3. Definición de términos básicos	36

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

4.1. Intervención	43
4.2. Programación específica	44
4.2.1. Análisis y validación de datos	44
4.2.2. Generación del modelo geológico	91
4.2.3. Estimación de recursos minerales	98
4.2.4. Validación de recursos	125
4.2.5. Clasificación de recursos	129

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Muestreo de afloramientos por el método rock chip.....	4
Figura 2: Muestreo de afloramientos por el método de canales.	5
Figura 3: Plano de alteraciones de la mina Corihuarmi y los proyectos Cayhua - Cayhua Norte.	6
Figura 4: Plano litológico de la mina Corihuarmi y los proyectos Cayhua - Cayhua Norte.....	7
Figura 5: Plano de secciones geológicas del proyecto Cayhua - Cayhua Norte....	9
Figura 6: Esquema de clasificación de recursos y reservas minerales según el Código JORC.	13
Figura 7: Cuadro de Recursos y Reservas de McKelvey.	28
Figura 8: Principales factores que definen la movilidad entre Recursos y Reservas.	28
Figura 9: Clasificación de recursos y reservas de Harns y Skynner.....	30
Figura 10: Relación general entre resultados de exploración, recursos minerales y reservas de mena (JORC).....	31
Figura 11: Principales fases en la evaluación de recursos y reservas según Kleingeld and Nicholas, 2004.....	33
Figura 12: Clasificación de minerales basada en el muestreo y la dificultad de estimación en relación a los valores y continuidad geológica, reservas según Kleingeld and Nicholas, 2004.....	36
Figura 13: Plano de perforación DDH y RCD de la mina Corihuarmi incluyendo al proyecto Cayhua – Cayhua Norte.	53

Figura 14: Vista de perforación Blast Hole ejecutados en las zona Cayhua - Cayhua Norte.	54
Figura 15: Ejemplar de Hoja de Logueo – Tajo Cayhua Norte. Fuente gráfica: UM Corihuarmi – Geología.....	60
Figura 16: Ejemplar de Hoja de Logueo – Tajo Cayhua. Fuente gráfica: UM Corihuarmi – Geología.....	61
Figura 17: Plano de muestreo de afloramientos.	65
Figura 18: Resumen de control de precisión de muestras duplicadas – Laboratorio Certimin 2012 – 2014. (a-b) Gráficos de series de tiempo de duplicados del 2012 y 2014, (c-d) Gráficos de dispersión de duplicados del 2012 y 2014.....	82
Figura 19: Resumen de control de precisión de muestras duplicadas – Laboratorio Certimin 2016 – 2017. (a-b) Gráficos de series de tiempo de duplicados de perforación tipo DDH y RCD, (c-d) Gráficos de dispersión de duplicados de perforación tipo DDH y RCD.	83
Figura 20: Resumen de control de exactitud de estándares– 2012. (a-b) Gráficos para el Control de estándares de Ley baja “A” y ley media “B”, (c-d) Gráficos de valores individuales para el control de estándares de ley baja “A” y ley media “B”.	84
Figura 21: Resumen de control de exactitud de estándares– 2014. (a-b) Gráficos para el Control de estándares de Ley baja “A” y ley media “B”, (c-d) Gráficos de valores individuales para el control de estándares de ley baja “A” y ley media “B”.	86
Figura 22: Resumen de control de exactitud de estándares– 2016-2017. (a-b) Gráficos para el Control de estándares de Ley baja “A” y ley media “B” de muestras de perforación diamantina, (c-d) Gráficos de valores individuales para el control	

de estándares de ley baja “A” y ley media “B” de muestras de perforación diamantina, (d-e) Gráficos para el Control de estándares de Ley baja “A” y ley media “B” de muestras de perforación de aire reverso, (f-g) Gráficos de valores individuales para el control de estándares de ley baja “A” y ley media “B” de muestras de perforación de aire reverso.....88

Figura 23: Resumen de control de blancos– 2012, 2014 y 2016-2017. (a-b) Gráfico para el control de blancos de los años 2012 y 2014, (c-d) Gráficos para el Control de blancos en muestras de perforación diamantina y aire reverso en la campaña 2016-2017.90

Figura 24: Contornos de interpretación de alteraciones hidrotermales para modelamiento 3D.....94

Figura 25: Contornos de interpretación de zonas de mineralización para modelamiento 3D.....95

Figura 26: Contornos de interpretación de litología para modelamiento 3D.95

Figura 27: Vista 3D de sólidos de dominios de litología.....96

Figura 28: Vista 3D de sólidos de dominios de alteración.97

Figura 29: Vista 3D de sólidos de dominios de tipos de mineralización.....98

Figura 30: Vista 3D de taladros DDH & RC ejecutados en la mina Corihuarmi y en el proyecto Cayhua – Cayhua Norte. 100

Figura 31: Vista 3D de taladros tipo Blast Hole ejecutados en el proyecto Cayhua – Cayhua Norte. 101

Figura 32: Vista 3D de muestreo geoquímico del proyecto Cayhua – Cayhua Norte..... 102

Figura 33: Histograma de leyes de oro (data global)..... 104

Figura 34: Histogramas de leyes de oro – Zonas Cayhua y Cayhua Norte. 104

Figura 35: Superposición de histogramas de leyes de oro – Zonas Cayhua y Cayhua Norte.	105
Figura 36: Curva de probabilidad acumulada de leyes de oro (data global).	106
Figura 37: Curva de probabilidad acumulada de leyes de oro – Zonas Cayhua y Cayhua Norte.	106
Figura 38: Análisis de contacto (Contact Plot) de leyes de oro en óxidos y sulfuro – Zonas Cayhua.....	108
Figura 39: Análisis de contacto (Contact Plot) de leyes de oro en óxidos y sulfuro – Zonas Cayhua Norte.....	108
Figura 40: Histograma de leyes de oro en compósitos y leyes originales.	109
Figura 41: Curva de probabilidad acumulada de leyes de oro en compósitos y leyes originales.	110
Figura 42: Downhole variogram combinado (Correlograma) – Cayhua y Cayhua Norte.....	113
Figura 43: Variogramas direccionados (Correlograms) – Cayhua y Cayhua Norte	114
Figura 44: Parámetros de ajuste del variograma 3D y proyección de elipsoides en Cayhua y Cayhua Norte.	115
Figura 45: Diagrama de Rosa del variograma 3D en Cayhua y Cayhua Norte.	115
Figura 46: Vecindad elíptica, dividida en cuadrantes con datos retenidos y datos descartados de bloques.....	120
Figura 47: Modelo de bloques con leyes interpolados por Vecino Más Cercano – Cayhua (Sec.438410-E).	125
Figura 48: Modelo de bloques con leyes interpolados por Inverso a la Distancia al Cubo – Cayhua (Sec.438410-E).....	126

Figura 49: Modelo de bloques con leyes interpolados por Kriging Ordinario – Cayhua (Sec.438410-E).	126
Figura 50: Comparación de curvas de probabilidad acumulada de leyes de oro entre poblaciones de modelos AUKRG (Kriging), AUNN y AUIDW.....	127
Figura 51: Comparación de curvas de tonelaje y leyes de oro entre poblaciones de modelos AUKRG (Kriging), AUNN y AUIDW.	127
Figura 52: Comparación de Swath Plots de leyes de oro entre poblaciones de modelos AUKRG (Kriging), AUNN y AUIDW en secciones E-W.....	128
Figura 53: Comparación de histogramas de leyes de oro en sondajes, compósito y modelo kriging (AUKRG).	129
Figura 54: Comparación de curvas de probabilidad acumulada de leyes de oro en sondajes, compósito y modelo kriging (AUKRG).....	129
Figura 55: Relación general entre resultados de exploración, recursos y reservas minerales según el Código JORC.	130
Figura 56: Sección 438410-E mostrando la Varianza de Kriging (VARAU) en Cayhua y Cayhua Norte.	133
Figura 57: Sección 438410-E mostrando la distancia promedio a los sondajes (DIST) en Cayhua y Cayhua Norte.....	134
Figura 58: Distribución de la Varianza de Kriging y Distancia promedio en los bloques interpolados.	135
Figura 59: Sección 438410-E mostrando la clasificación de recursos en la zona Cayhua.	136
Figura 60: Vistas mostrando la clasificación de recursos en la zona Cayhua Norte.	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Recursos inferidos en las zonas Laura, Cayhua, Cayhua Oeste y Ely, J. Franco - junio 2009.....	17
Tabla 2: Recursos inferidos en las zonas Laura y Cayhua, G. Velez - Noviembre 2009.....	18
Tabla 3: Recursos medidos e indicados de la zona Cayhua, J. Limaylla - 2011..	18
Tabla 4: Recursos medidos, indicados e inferidos de la zona Cayhua, J. Limaylla – Febrero 2013.	19
Tabla 5: Recursos medidos e indicados de la zona Cayhua, J. Limaylla – Noviembre 2014.....	20
Tabla 6: Recursos medidos e indicados de la zona Cayhua Norte, J. Limaylla – Noviembre 2014.....	20
Tabla 7: Producción acumulada a diciembre del 2017 de los tajos Cayhua y Cayhua Norte, Z. Ramos y J. Alania – Diciembre del 2017.....	21
Tabla 8: Leyenda y codificación litológica. Fuente: UM Corihuarmi – Geología.....	46
Tabla 9: Leyenda y codificación de alteración hidrotermal y texturas. Fuente: UM Corihuarmi – Geología.....	47
Tabla 10: Tabla de referencia para mapeo geológico usado en la Mina Corihuarmi. Fuente gráfica: UM Corihuarmi – Geología.	51
Tabla 11: Sondajes de exploración DDH & RCD de las zonas Cayhua y Cayhua Norte por compañías y años realizados a la fecha.	52
Tabla 12: Taladros Blast Hole (BH) ejecutados en las zonas Cayhua - Cayhua Norte por años.....	54

Tabla 13: Formato de registro de datos de muestreo de afloramientos.....	67
Tabla 14: Longitud (m) en óxidos y sulfuros de taladros seleccionados para el análisis de densidad de la zona Cayhua	68
Tabla 15: Ensamblés de alteración y texturas seleccionadas para el análisis de densidad de la zona Cayhua	68
Tabla 16: Resultado del análisis de densidad de la zona Cayhua por ensambles de alteración y tipo de textura.....	70
Tabla 17: Resultado final del promedio de densidad ponderado para el material oxidado de la zona Cayhua.	71
Tabla 18: Longitud (m) en óxidos y sulfuros de taladros seleccionados para el análisis de densidad de la zona Cayhua Norte.	72
Tabla 19: Ensamblés de alteración y texturas seleccionadas para el análisis de densidad de la zona Cayhua Norte.....	72
Tabla 20: Resultado del análisis de densidad de la zona Cayhua Norte por ensambles de alteración y tipo de textura.	73
Tabla 21: Resultado final del promedio de densidad ponderado para las zonas de óxidos y sulfuros de la zona Cayhua Norte.....	74
Tabla 22: Distribución de muestras de perforación y muestras de control QA/QC enviados al laboratorio Certimin durante las campañas de exploración 2012, 2014 y 2016-2017.	78
Tabla 23: Sondajes de exploración DDH & RCD de las zonas Cayhua y Cayhua Norte por compañías y años realizados a la fecha.	99
Tabla 24: Taladros Blast Hole (BH) ejecutados en las zonas Cayhua y Cayhua Norte por años.	101
Tabla 25: Muestras de afloramientos de las zonas Cayhua y Cayhua Norte.	102

Tabla 26: Resumen de base de datos de sondajes y muestreo de afloramientos usados para la evaluación.....	102
Tabla 27: Parámetros del Variograma 3D en Cayhua y Cayhua Norte.....	114
Tabla 28: Parámetros de interpolación del Kriging Ordinario en Cayhua y Cayhua Norte.....	116
Tabla 29: Parámetros de clasificación de recursos en Cayhua y Cayhua Norte.	135
Tabla 30: Reporte de Recursos Medido e Indicado - Zonas Cayhua y Cayhua Norte.....	137

CAPÍTULO I

DATOS GENERALES

1.1. Título del trabajo de suficiencia profesional

Evaluación y clasificación de recursos minerales del proyecto Cayhua – Cayhua Norte en base a los programas de exploración 2000 – 2017, Mina Corihuarmi.

1.2. Delimitación del trabajo de suficiencia profesional

Desde la perspectiva de delimitación espacial, el trabajo corresponde a los límites del proyecto Cayhua – Cayhua Norte dentro de la Mina Corihuarmi.

El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló bajo la Supervisión del Ing. Zenón Ramos Martínez (Gerente de Geología, Mina Corihuarmi, Yauyos, Perú).

1.3. Fecha de inicio y fecha de término

El proyecto se realizó entre los años 2017 y 2020.

CAPÍTULO II

PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional

El proyecto se desarrolló cumpliendo los siguientes capítulos descritos a continuación:

2.1.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.1.1.1. Perforación tipo RCD y DDH

Esta información ha sido recopilada a partir de la base de datos existente de las diferentes campañas de exploración ejecutadas en la mina Corihuarmi dentro del área del proyecto Cayhua - Cayhua Norte, se tiene data de un total de 125 taladros (122 DDH y 3 RCD) que totalizan 10,629.50 m perforados; para la utilización de la información esta ha sido subdividida en los siguientes ítems:

- **Collar:** contiene datos tales como el nombre o identificación de los taladros, las coordenadas (este, norte y cota) en datum UTM – WGS 84 levantados con estación total, la profundidad del taladro, el tipo de

perforación, el año de ejecución, la zona de perforación y otros relevantes.

- **Survey:** contiene el nombre o identificación del taladro, profundidad del taladro y el azimut y dip, el cual fue estimado en base al levantamiento realizado con la estación total; cabe resaltar que no se usó métodos como el Flexit para el cálculo del azimut y dip, ya que los taladros son poco profundos y teóricamente presentan nula desviación en profundidad.
- **Assay:** contiene la identificación del taladro, tramos de muestreo, código de muestra y los resultados de las leyes de Au, Ag, Cu, entre otros. Durante el muestreo de testigos DDH estos se separaron en tramos variables entre 0.3 – 2.5 m. dependiendo de las características geológicas; mientras que para el muestreo de detritus RCD se separó tramos uniformes de cada 2.0 m.
- **Geology:** contiene la identificación del taladro y la información geológica del logueo y relogueo de testigos DDH y detritus RCD (tipo de roca, alteración, tipo de mineralización, textura y otros); para esto se implementó previamente un sistema de codificación geológica adecuado al tipo de depósito que para este caso es el tipo Epitermal de Alta Sulfuración.
- **Densidades:** contiene información de la densidad de muestras tomadas en testigos de perforación diamantina, el cual se seleccionó en base a la profundidad y a los ensambles de alteración hidrotermal, ya que estos influyen directamente en la densidad y la ley de mineralización dentro del depósito. Para el tajo Cayhua, se recolectó 46 muestras de testigos

de perforación de 25 taladros tipo DDH, mientras que para la zona Cayhua Norte, se recolectaron 36 muestras de testigos (10-15cm) de perforación DDH.

2.1.1.2. Muestreo de afloramientos

En el área de la zona Cayhua y alrededores los trabajos de muestreo de afloramientos se realizaron paralelo al mapeo geológico y se realizaron 2 tipos de muestreo característicos:

Muestreo tipo Rock Chip: para este método se marcaron paneles en los afloramientos rocosos de modo que las muestras estén separadas en base al ensamble e intensidad de alteración y a la geología estructural del área de muestreo; se realizaron mallas variables entre 7.5 x 7.5 m. y 2.5 x 2.5 m., los cuales dependían de la importancia geológica del tipo de alteración y mineralización.



Figura 1: Muestreo de afloramientos por el método rock chip.

Muestreo en Canales: las muestras de canales fueron realizados en los primeros años de exploración del área de estudio; estos fueron orientados en dirección NE, perpendicularmente a la dirección de las fallas

principales y a la dirección de mineralización del depósito, fueron desarrollados a lo largo de 20 a 180 m. de largo en promedio y el espaciamiento entre muestras fue de 2.0 m.



Figura 2: Muestreo de afloramientos por el método de canales.

2.1.1.3. Mapeo geológico

Los trabajos de mapeo geológico se realizaron en el área correspondiente al proyecto Cayhua – Cayhua Norte generando planos a escala 1/500. Las características geológicas principales que se registraron son los contactos de los diferentes tipos de litología y alteración hidrotermal, así también, la geología estructural reconociendo principalmente las fallas (principales y secundarias) y las fracturas presentes. La digitalización ha sido realizada con el software AutoCAD teniendo como base la topografía actualizada de la zona.

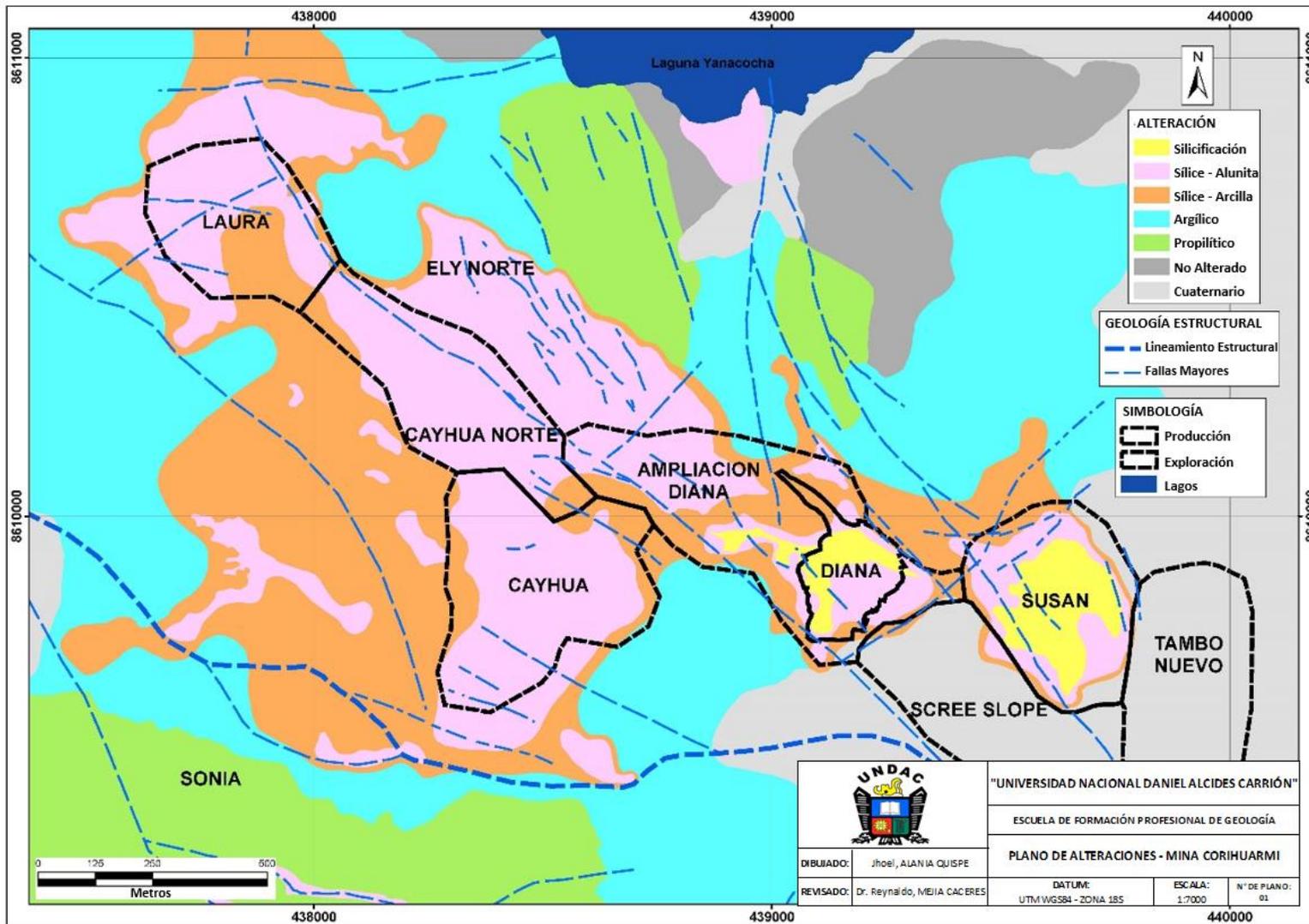


Figura 3: Plano de alteraciones de la mina Corihuarmi y los proyectos Cayhua - Cayhua Norte.

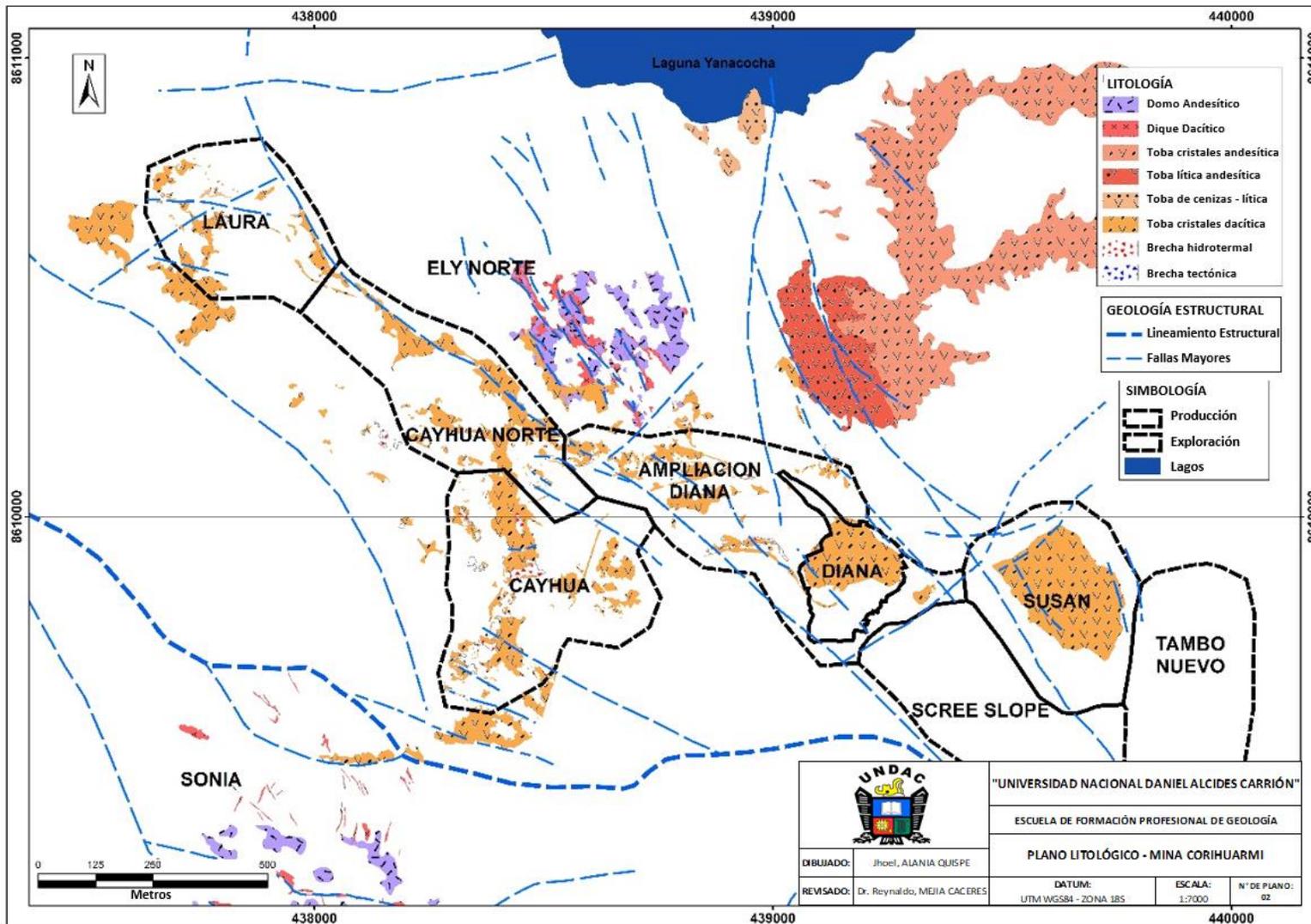


Figura 4: Plano litológico de la mina Corihuarmi y los proyectos Cayhua - Cayhua Norte.

2.1.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

2.1.2.1. Validación de leyes

Las muestras de los sondajes de perforación de tipo DDH y RCD han sido analizadas en el laboratorio interno de la mina Corihuarmi y a la vez estas muestras también fueron analizadas en el laboratorio externo Certimin con el fin de validar los resultados, ya que este último es un laboratorio certificado. Las muestras de afloramientos de superficie solamente fueron enviadas al laboratorio interno de la mina Corihuarmi.

Durante el desarrollo de los trabajos de perforación, muestreo y análisis químico se desarrolló un programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) tanto para el laboratorio interno de la mina Corihuarmi como para el laboratorio externo Certimin; para lo cual se siguieron procedimientos y estándares en los diferentes procesos, así también se realizó la inserción de muestras de control tales como estándares, duplicados y blancos para la medición de parámetros tales como exactitud, precisión y contaminación en los procesos de muestreo y análisis químico. Los resultados de la medición de los controles de calidad indican que las leyes reportadas por ambos laboratorios se encuentran dentro los parámetros aceptables y por lo tanto dichas leyes son válidas para la estimación de recursos. Para mayor detalle ver el capítulo 4.2.1.7 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC).

Se decidió tratar por separado las muestras de sondajes y las muestras de afloramientos ya que ambas se muestrearon a niveles y condiciones

diferentes. Para emplear ambos tipos de muestras en el proceso de estimación, estas han sido compositadas por separado para minimizar la variabilidad.

2.1.2.2. Interpretación geológica y generación de sólidos por dominios

Interpretación de secciones geológicas transversales: Se realizó la interpretación de 136 secciones transversales con orientación N 45°, las cuales estuvieron espaciadas cada 20 m para realizar la configuración de los cuerpos de los dominios geológicos. La información utilizada ha sido la data de sondajes DDH y RCD, muestreo de afloramientos y planos de mapeo geológico. La interpretación consistió en la elaboración de secciones litológicas, de alteración y tipo de mineralización, cada una de estas relacionadas a la geología estructural.

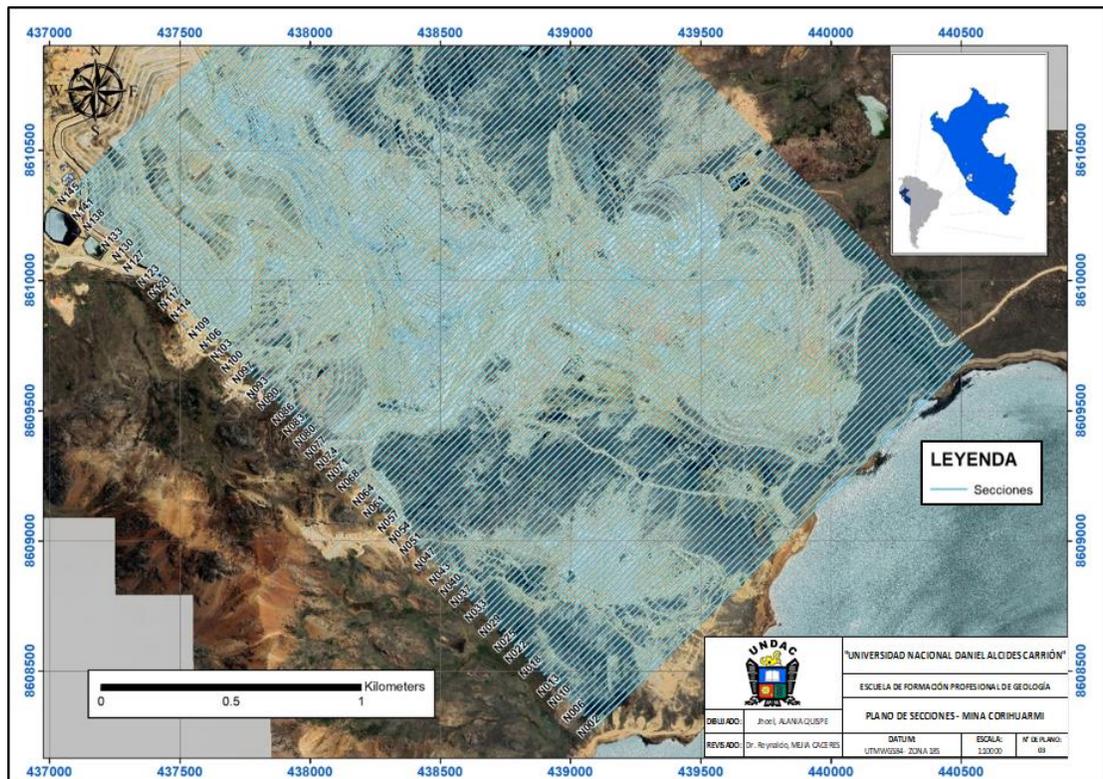


Figura 5: Plano de secciones geológicas del proyecto Cayhua - Cayhua Norte.

Construcción de sólidos por dominios geológicos: para este trabajo se utilizó las mismas secciones que el caso anterior, las cuales se ubicaron en su posición original en 3D mediante el uso del software AutoCAD. Para construir los sólidos en 3D se usó el método de linkeo con el uso del software Minesight. Los dominios geológicos generados para la estimación fueron de litología, alteración y tipo de mineralización.

2.1.2.3. Composición

El criterio usado para la composición ha sido el de aplicar a toda la data, tanto de sondajes y muestras de superficie, la composición de los tramos originales de leyes de Au por el método “Largo Fijo” cada 5 m., esto de acuerdo al tamaño del modelo de bloques (5m x 5m x 5m) usado para esta estimación y a la altura de banco utilizado en la producción de los tajos.

Esta metodología nos asegura que vamos a interpolar el modelo de bloques con muestras del mismo tamaño. Cabe resaltar que los compósitos han sido asignados a los dominios geológicos identificados.

2.1.2.4. Modelo de bloques

Las dimensiones del modelo de bloques son de 5.0m x 5.0m x 5.0m, este tamaño es proporcional a la altura de los bancos de minado de los diferentes tajos de la mina Corihuarmi.

Cada bloque contiene información geológica de los diferentes dominios geológicos, leyes minerales originales y compositas, datos de densidad in situ, porcentaje de mineralización dentro del bloque, datos de

clasificación de recursos, datos geoestadísticos, entre otros útiles para el proceso de estimación de recursos.

2.1.2.5. Interpolación de leyes

Durante este proceso se realizó la interpolación de leyes en los modelos de bloques por el método del Kriging Ordinario, utilizando los parámetros de interpolación determinados en el estudio geoestadístico, así mismo se realizó la interpolación de leyes por el método del Inverso de la Distancia al Cubo y por el método del Vecino más Cercano. Estos 2 últimos para poder comparar la calidad de la estimación.

La interpolación del kriging ordinario se realizó en base a 3 pasadas o corridas de interpolación para cada dominio.

Para la primera pasada se utilizó el doble de las distancias de la segunda estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados (alcance global), con lo cual nos aseguramos de interpolar dentro de los dominios para las zonas inferidas.

Para la segunda pasada se utilizó las distancias y direcciones de la 2da estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados, con lo cual nos aseguramos de interpolar dentro de las zonas medido e indicado.

Para la tercera pasada se utilizó la distancia y direcciones de la 1ra estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados, con lo cual nos aseguramos de reproducir los valores en el punto para los blocks medidos.

2.1.2.6. Validación

Para validar las leyes Au interpoladas en el modelo de bloques, se hicieron comparaciones entre los modelos de oro del kriging ordinario, inverso de la distancia al cubo y vecino más cercano.

Se construyeron gráficas estadísticas comparativas (curvas de probabilidad y otras) entre dichos modelos de bloque, observándose buena similitud entre ellos.

También se realizaron gráficas tipo “Swath - Plot” de leyes de oro para comparar sus comportamientos con respecto a su posición, observándose también buena similitud entre los 3 modelos de leyes de oro.

Además, se realizaron comparaciones entre las leyes del modelo de bloques y las leyes en los sondajes, con la finalidad de verificar si las poblaciones de leyes Au mantienen la misma distribución.

2.1.2.7. Clasificación y reporte de recursos

La clasificación de recursos se ha realizado bajo las normas y estándares del Código de Australia sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena - El Código JORC.

Este código establece el marco para clasificar las estimaciones de tonelaje y ley para reflejar diferentes niveles de confianza geológica y diferentes grados de evaluación técnica y económica. Según este código los recursos minerales pueden estimarse sobre la base de información geocientífica con algunos aportes de otras disciplinas. En la siguiente figura se muestra el

esquema general de clasificación de recursos y reservas minerales del código JORC (The JORC Code, 2012 Edition).

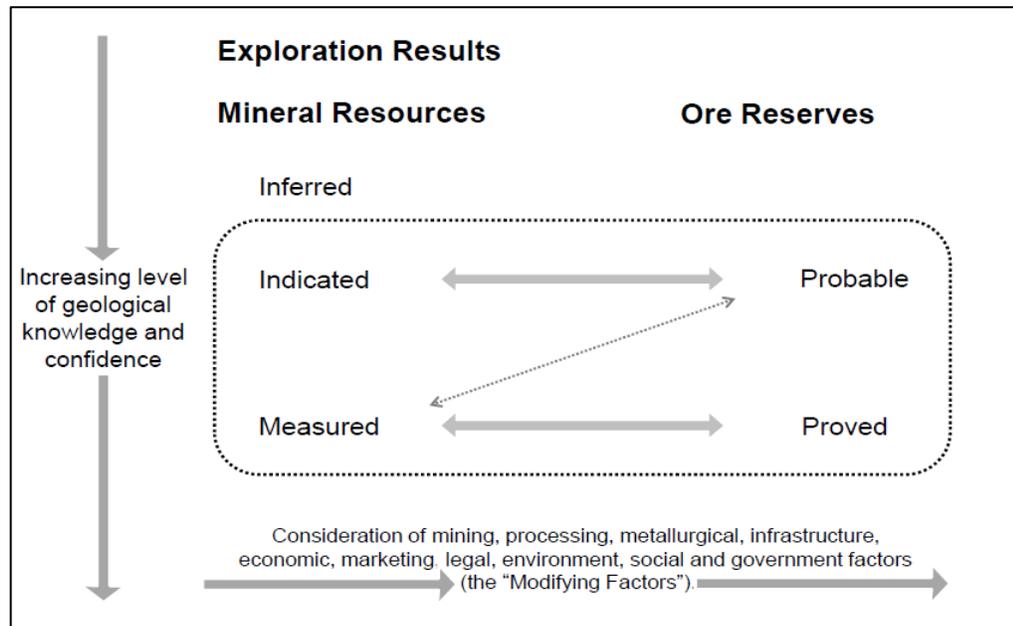


Figura 6: Esquema de clasificación de recursos y reservas minerales según el Código JORC.

El presente Informe del reporte de recursos contiene mineral medido, mineral indicado y mineral inferido.

2.1.3. Tratamiento estadístico de datos

2.1.3.1. Análisis estadístico y geoestadístico

En base a la información de la data original y la generada de los compósitos diferenciados por dominios geológicos (litología, alteración y mineralización) se realizó el análisis geoestadístico por cada dominio individualmente, esto con el fin de observar la distribución y las propiedades estadísticas de cada uno de estos; los gráficos analizados han sido los histogramas y las curvas de probabilidad.

De los gráficos de curvas probabilidad e histogramas se han determinado valores extremos de leyes de Au, por cada dominio geológico, estos valores han sido empleados en el proceso de interpolación.

Para el análisis de contacto se ha utilizado los gráficos de “Contact Plot” en cada dominio, para observar la variabilidad y comportamiento de las leyes de Au entre cada dominio y si estas leyes tienen influencia hacia el otro dominio, se ha construido una matriz de relación de contactos para que este análisis sea incluido en el proceso de interpolación de leyes en el modelo de bloques.

En cada dominio geológico con suficiente información de compósitos se han analizados los variogramas.

2.2. Justificación

Es de urgencia concluir con el proceso de estimación de recursos del programa de perforación ejecutados en el área hasta el año 2017, ya que tiene con fin definir los recursos obtenidos en el proyecto Cayhua – Cayhua Norte, en base al cual se estimará posteriormente las reservas minerales de la mina Corihuarmi y la vida útil de esta, así también el diseño de extracción y el nuevo plan de producción de mineral.

Además, desde el punto de vista geológico, la mina Corihuarmi se encuentra dentro de un corredor geológico-estructural muy importante del centro del Perú, este es el Sistema de Fallas Chonta, en el cual no se han descubierto aún depósitos económicos del tipo Epitermal de Alta Sulfuración parecidos al yacimiento Corihuarmi, por lo que los resultados de la evaluación geológica y de estimación de

recursos obtenidos en el presente estudio servirán con un aporte a la comunidad geocientífica.

2.3. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional

2.3.1. Objetivo general

- Obtener el grado profesional de Ingeniero Geólogo.
- Evaluar y clasificar los recursos minerales del proyecto Cayhua – Cayhua Norte en base a los programas de exploración 2000 – 2017.

2.3.2. Objetivos específicos

- Definir los dominios geológicos para la construcción del modelo geológico del proyecto Cayhua – Cayhua Norte.
- Establecer una metodología para la estimación de recursos minerales.
- Establecer una metodología para la validación de estimación de recursos minerales.
- Establecer una metodología para la clasificación de recursos minerales.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Los trabajos de exploración fueron iniciados por Minandex el año 1996; posteriormente, Cardero Resources exploró entre 1999- 2000; ambas empresas realizaron trabajos de exploración regional y local consistentes en cartografiado geológico, muestreo geoquímico y perforación diamantina.

Los años 2003 y 2004 Minera IRL S.A. ejecuta un programa de perforación diamantina, cartografiado, muestreo de trincheras y canales incidiendo en las áreas conocidas de Susan y Diana; estas dieron mineralización aurífera diseminada asociada a ensambles de alteración Sílice Masiva, Vuggy Silica y Argílica Avanzada. El programa también comprendió las áreas de Ely y Cayhua, en las cuales se identificaron anomalías geoquímicas superficiales con mineralización aurífera.

El año 2005 Minera IRL S.A. ejecuta un programa de perforación de Aire Reverso y Diamantina en los sectores de Susan, Diana y Cayhua; Los resultados

confirman recursos económicos de mineralización aurífera en los cerros Susan y Diana.

En febrero del 2008 se inicia la producción de la mina Corihuarmi, tajos Susan y Diana. Los trabajos de exploración de este año consistieron en muestreo de canales, cartografiado geológico, y estudio geofísico de Polarización Inducida y Magnetometría.

Entre agosto 2008 y febrero 2009 Minera IRL S.A. realiza un programa de perforación diamantina con 46 sondajes y 5,441.10 m. en los sectores de Laura, Cayhua, Ely y sectores aledaños. Los resultados muestran sistemas restringidos de alta sulfuración en diferentes niveles de erosión; En Cayhua el sistema hidrotermal estaría completo (J. Franco, Informe Perforación Diamantina 2008- 2009, Junio 2009).

En Junio del 2009 el informe técnico de Perforación Diamantina 2008- 2009 (J. Franco), da recursos inferidos con restricciones empíricas de calidad de roca, alteración y mineralización dando un acumulado de 24,267 onzas de oro distribuidas de la siguiente manera:

Área	Para un Cut Off de 0.3 g/t Au
Laura	2,725 Onzas @ 0.373 g/t Au.
Cayhua (Alta)	5,308 Onzas @ 0.671 g/t Au.
Cayhua Oeste (Baja)	9,826 Onzas @ 0.523 g/t Au.
Ely	6,408 Onzas @ 0.708 g/t Au.
Total	24,267 Onzas de oro

Tabla 1: Recursos inferidos en las zonas Laura, Cayhua, Cayhua Oeste y Ely,

J. Franco - junio 2009.

En noviembre del 2009 G. Vélez, genera un reporte de Recursos inferidos en el que da en Cayhua (alta) para un Cut Off de 0.3 g/t Au un total de 684,508 TM @

0.4 g/t Au y 8,803 onzas Au. Laura con Cut Off de 0.2 g/t Au reporta 482,724 TM @ 0.2 g/t Au y 3,104 onzas Au. El cálculo del cuadro inferior considera Cut Off de 0.30 g/t Au, parámetro similar al utilizado por J. Franco.

Área	Para un Cut Off de 0.3 g/t Au
Laura	218 Onzas @ 0.373 g/t Au.
Cayhua (Alta)	8,803 Onzas @ 0.671 g/t Au.
Total	9,021 Onzas de oro

Tabla 2: Recursos inferidos en las zonas Laura y Cayhua, G. Velez - Noviembre 2009.

En el año 2011 Minera IRL S.A. ejecuta un programa de perforación de 29 taladros tipo DDH con 2,907.00 m. de perforación en las zonas Cayhua, Cayhua Norte y Cayhua Oeste. Al finalizar la campaña de perforación se reporta en la zona Cayhua (J. Limaylla) un recurso mineral en óxidos y mixtos (medido + indicado) de 903,252 TM @ 0.31 g/t Au haciendo un total de 9,101 Oz Au, para un Cut Off de 0.20 g/t Au.

Cayhua Zone	Medido			Indicado		
	TM	Au	Oz	TM	Au	Oz
>=0.000	468,293	0.20	3,052	3,186,011	0.16	16,645
>=0.100	367,684	0.24	2,822	2,325,848	0.20	14,701
>=0.200	149,659	0.37	1,772	753,593	0.30	7,329
>=0.300	68,906	0.51	1,120	276,874	0.41	3,657
>=0.400	32,906	0.69	730	107,179	0.51	1,760
>=0.500	19,969	0.85	543	38,801	0.64	800
>=0.600	14,063	0.97	439	16,313	0.78	410
>=0.700	10,688	1.08	370	9,563	0.89	272
>=0.800	9,000	1.14	330	4,219	1.07	146

SG Oxd.= 2.25 t/m3

Tabla 3: Recursos medidos e indicados de la zona Cayhua, J. Limaylla - 2011.

En el año 2012 llevamos a cabo un programa de perforación de 32 taladros de perforación diamantina con 2,605.50 m. en las zonas Cayhua, Ampliación Diana y Susan; de los cuales 12 taladros se perforaron en la zona Cayhua. En esta campaña se

logra evidenciar anomalías de oro en profundidad en la zona Cayhua Norte, los cuales estarían asociados a estructuras de orientación NW.

En febrero del 2013 se reporta en Cayhua (J. Limaylla y R. Quispe) un recurso mineral en óxidos (medido + indicado) de 1'491,108 TM @ 0.33 g/t Au haciendo un total de 15,910 Oz Au, para un Cut Off de 0.20 g/t Au.

Cayhua	Medido			Indicado			Inferido		
	TM	Au	Onzas	TM	Au	Onzas	TM	Au	Onzas
>=0.000	1,316,351	0.2377	10,060	1,707,592	0.2443	13,412	338,451	0.2013	2,190
>=0.100	1,288,449	0.2412	9,992	1,673,570	0.2477	13,328	295,066	0.219	2,078
>=0.200	863,031	0.3156	6,728	828,077	0.3449	9,182	131,830	0.3148	1,334
>=0.300	200,007	0.4989	3,208	323,626	0.5111	5,318	67,631	0.3805	827
>=0.400	96,538	0.6703	2,080	146,222	0.7112	3,343	6,936	0.5895	131
>=0.500	46,920	0.9263	1,397	88,781	0.882	2,518	2,927	0.7452	70

SG Oxd=2.04 t/m3

Tabla 4: Recursos medidos, indicados e inferidos de la zona Cayhua, J. Limaylla –
Febrero 2013.

Durante el segundo trimestre del 2013 realizamos pruebas de pad piloto con material de ley baja de la zona Cayhua, el cual reporta 83% de recuperación metalúrgica de oro en un tratamiento de lixiviación en pilas a nivel industrial.

Durante el tercer y cuarto trimestre del 2013 complementamos los estudios necesarios para la ejecución del proyecto Cayhua incluyendo estratégicamente en todos estos estudios a la nueva zona anómala Cayhua Norte, ya que esta se presenta contigua a la zona Cayhua y presenta características geológicas similares; entre los estudios se tienen: el estudio geotécnico de la zona, optimización de pits económicos y estimación de reservas, análisis de riesgo, costo y beneficio, ampliación del Pad y botadero de desmonte, entre otros; como resultado de los estudios, en enero del 2014 iniciamos la producción del tajo Cayhua.

En abril del 2014, siempre bajo el respaldo de Minera IRL S.A. implementamos y desarrollamos un programa de perforación de 45 taladros tipo DDH con 2,816.30 m.

de perforación en las zonas Cayhua, Cayhua Norte, Ampliación Diana, Laura y Cerro Rojo; de los cuales 26 taladros se perforaron dentro de las zonas Cayhua y Cayhua Norte, en este último se programó taladros estratégicos para definir su potencial de mineralización de oro que finalmente daría buenos resultados.

El informe de estimación de recursos de noviembre del 2014 (J. Limaylla y J. Alania) reporta en Cayhua y Cayhua Norte un recurso mineral total en material oxidado (medido + indicado) de 2'717,773 TM @ 0.399 g/t Au haciendo un total de 34,947 Oz Au, para un Cut Off de 0.20 g/t Au.

Cayhua	Medido			Indicado			Medido + Indicado		
	Cutoff	TM	Au	Onzas	TM	Au	Onzas	TM	Au
>= 0.10	3,565,882	0.25	28,868	417,945	0.22	3,021	3,983,827	0.25	31,888
>= 0.15	2,669,224	0.29	25,248	277,536	0.27	2,448	2,946,760	0.29	27,696
>= 0.20	1,566,702	0.38	19,080	163,678	0.34	1,810	1,730,380	0.38	20,890
>= 0.25	980,422	0.47	14,906	101,997	0.42	1,372	1,082,419	0.47	16,278
>= 0.30	655,983	0.57	12,081	59,353	0.52	998	715,336	0.57	13,079

Tabla 5: Recursos medidos e indicados de la zona Cayhua, J. Limaylla – Noviembre 2014.

Cayhua N.	Medido			Indicado			Medido + Indicado		
	Cutoff	TM	Au	Onzas	TM	Au	Onzas	TM	Au
>= 0.10	1,775,583	0.30	17,080	261,205	0.23	1,901	2,036,788	0.29	18,982
>= 0.15	1,291,218	0.36	15,115	179,436	0.27	1,569	1,470,654	0.35	16,684
>= 0.20	881,133	0.45	12,876	106,260	0.34	1,161	987,393	0.44	14,037
>= 0.25	670,660	0.53	11,368	70,266	0.40	907	740,926	0.52	12,275
>= 0.30	498,291	0.62	9,854	47,739	0.46	708	546,030	0.60	10,562

Tabla 6: Recursos medidos e indicados de la zona Cayhua Norte, J. Limaylla – Noviembre 2014.

En base a los estudios realizados en el año 2013 y los resultados de exploración obtenidos en la campaña de perforación 2014, iniciamos la producción del tajo Cayhua Norte en enero del 2015.

Entre noviembre del 2016 y febrero del 2017 a cargo del área de Geología Exploraciones - Mina de la mina Corihuarmi implementamos y ejecutamos un nuevo programa de perforación tipo DDH de 63 sondajes con 5,955.20 m. y tipo RCD de 29 sondajes con 2,199.00 m. Los sectores donde realizamos la perforación fueron las zonas Cayhua, Cayhua Norte, Ampliación Diana, Laura, Susan y Sonia, de los cuales 5 taladros se perforaron en la zona Cayhua y 30 en la zona Cayhua Norte.

La producción de los tajos Cayhua y Cayhua Norte continua hasta la fecha y cabe resaltar que desde el inicio de la producción de estos en el 2014 y 2015 respectivamente hasta diciembre del 2017, se obtuvo una producción mineral acumulada de 5'198,202 TM con una ley promedio de 0.257 g/t Au, haciendo un total de 42,932.31 Oz Au producidas.

ZONA	MINERAL TM	LEY AU (g/TM)	ONZAS AU	DESMONTE TM	TOTAL TM	SR
CAYHUA	3,676,671.80	0.244	28,870.48	989,220.10	4,665,891.90	0.27
CAYHUA NORTE	1,521,530.20	0.287	14,061.84	2,355,140.70	3,876,670.90	1.55
TOTAL	5,198,202.00	0.257	42,932.31	3,344,360.80	8,542,562.80	0.64

Tabla 7: Producción acumulada a diciembre del 2017 de los tajos Cayhua y Cayhua Norte, Z. Ramos y J. Alania – Diciembre del 2017.

3.2. Bases teóricas científicas

3.2.1. Estimación y evaluación de recursos y reservas

Uno de los principales problemas con respecto a la valoración de recursos y reservas es que algunos evaluadores no comprenden suficientemente la variabilidad de los datos de entrada en los modelos financieros ni adoptan un enfoque holístico para la valoración. Los modelos de recursos de entrada, como geología, leyes, ingresos \$/ton y densidad tienen incertidumbres asociadas. Cada uno de estos modelos

comprende una serie de variables, que son inciertas y pueden estar correlacionadas con una o más variables de otros modelos. Estas variables de recursos se utilizan para compilar planes de mina con los cuales se realizan análisis de sensibilidad que no capturan el rango de variación asociado con el efecto de composición de las incertidumbres de los recursos. (Vilca Y., 2018).

Los procesos de estimación que utilizan técnicas de kriging y / o simulación requieren datos de entrada precisos y una comprensión de las incertidumbres asociadas con el modelado de estos datos. En este trabajo no se profundiza en las técnicas de estimación, sino que se enfoca en algunas de las incertidumbres asociadas con los datos de entrada en los cálculos financieros, comenzando con el muestreo a modelos de recursos, geológicos, de densidad, grado, ingresos, geotécnicos, geohidrológicos y geometalúrgicos. Impactos de estas incertidumbres combinadas en los planes y reservas de la mina. (Vilca Y., 2018).

3.2.1.1. Estimación de recursos

El MSc. Elmidio Estévez, profesor de del Departamento de Geología de la Universidad de Pinar El Río realizó apuntes sobre estimación de recursos y reservas en base a una revisión de diferentes estudios realizados acerca del tema. En este documento se menciona que por estimación de recursos entendemos la determinación de la cantidad de materia prima contenida en un yacimiento o en una de sus partes. La mayoría de los recursos y reservas se calculan en toneladas métricas, solo la de los metales preciosos (oro, plata y platino) se calculan en kilogramos, los diamantes en quilates y las reservas de gas natural, arena, piedras para la construcción, aguas subterráneas, se estiman

en metros cúbicos. Esta cuantificación formal de las materias primas minerales estimada por procedimientos empíricos o teóricos se denomina Inventario Mineral. Este a su vez se expresa en términos de recurso y reservas.

La estimación de recursos: Es un fin de cada etapa de los trabajos de prospección y exploración de yacimientos minerales y este proceso continúa durante la explotación del depósito. Todos los trabajos de exploración de un yacimiento contribuyen ante todo a la estimación de las materias primas minerales.

La estimación de recursos/reservas: Se considera un proceso continuo que se inicia con la exploración y recopilación de la información seguida de la interpretación geológica y la estimación de recursos. Posteriormente se consideran los factores modificadores (mineros, metalúrgicos, ambientales, legales etc.) y se arriba al estimado de reservas. Durante las operaciones de la mina los estimados previamente calculados son modificados por los resultados del control de ley y los estudios de reconciliación. En estos apuntes se hace mayor hincapié en la estimación de los recursos.

La cantidad de reservas de un yacimiento, como uno de los factores principales que determinan su viabilidad económica, posee una gran influencia en la vida útil del yacimiento, su producción anual y la decisión final de construir la empresa minera.

Los distintos métodos de estimación de recursos que se emplean en la actualidad son definidos por los principios de interpretación empleados y las

técnicas de interpolación espacial. Así tenemos los métodos clásicos de cálculos desarrollados y utilizados desde los principios de la minería hasta nuestros días, que se basan en procedimientos manuales y donde los principales parámetros son estimados a partir de la media aritmética y la media ponderada. Por otra parte, los métodos asistidos por computadoras que incluyen el método de ponderación por el inverso de la distancia y las geoestadísticas y que se fundamentan en procedimientos matemáticos de interpolación definidos a partir de información espacial y estadística presente en los datos. Estos métodos surgieron con el desarrollo de las computadoras.

Por lo anteriormente expuesto queda claro que la estimación de recursos es de vital importancia para el éxito de una inversión minera, por lo que los cálculos de la ley y el tonelaje deben ser lo más confiable posible a partir de las muestras disponibles, la calidad de los análisis y la definición de los controles geológicos de la mineralización.

En 1972 McKelvey presentó su clasificación; esta terminología es la base de todos los sistemas de clasificación de reservas en occidente. En este esquema, a los recursos (volumen total inicialmente en sitio), se les asigna dos atributos:

Grado de certeza geológica.

Factibilidad económica comercial.

Si existe alto nivel de certeza geológica, el recurso se clasifica como “Identificado” o descubierto. Cuando, por el contrario, existe bajo nivel de certeza, el recurso es “No descubierto”. La reserva es la parte del recurso que

ha sido descubierto y sobre los cuales existe un alto nivel de factibilidad económica o comercial.

3.2.1.2. Estimación de recursos y reservas

Los recursos y reservas que se estiman en esta fase inicial son las geológicas o in situ. Posteriormente se tendrán en cuenta otros condicionamientos, como son los factores de diseño de la explotación, método minero, recuperación, dilución, elementos traza, etc. Que definirán las denominadas reservas mineras, que generalmente son inferiores a las primeras.

Según la página web Geoestadística.com dedicada a dar soluciones en evaluación de recursos, reservas, proyectos de inversión y operaciones mineras, las reservas constituyen el activo valorizado de mineral que puede ser extraído económicamente, para llegar a estos resultados es necesario realizar un análisis y cálculo de costos de producción, recuperación metalúrgica y elección del precio del metal o metales dentro de los plazos de recuperación de la inversión más utilidades.

Estas tres variables, al parecer simples, definen con certeza la ley de cortes (cut off) requerida para el trabajo cotidiano de las operaciones mineras.

Ley de Corte $x T x RM x PM > Costo Operación$

En donde:

T es tonelaje, RM es recuperación metalúrgica, PM precio del metal a vender y CO es costos para cada actividad minera

En las operaciones mineras siempre se tiene que buscar que el lado izquierdo de la expresión sea mucho mayor que el lado derecho, sin embargo,

estas expresiones al ser iguales se encuentra la Ley que indica el valor mínimo de la ley que se debe extraer y enviar a la planta metalúrgica.

$$\text{Ley de Corte} \times T \times RM \times PM = \text{Costo Operación}$$

La Ley del mineral (ley equivalente si son varios elementos, por ejemplo, Pb, Ag, Zn) en este caso significa el Cut Off o Ley de Corte. Hoy se manejan términos como cut off operativo, cut off empresarial y otros, que se van adoptando en un proyecto minero a medida que avanzan las operaciones y se tienen que interactuar con activos depreciados (pero con importante valor en el mercado), con costos financieros pagados o refinanciados.

Con esta ley de corte podemos identificar los cuerpos o zonas mineralizadas de interés, sin embargo, es necesario que este volumen de mineral identificado pueda pagar su extracción, tanto en minería subterránea como en minería superficial, este concepto es de igual significado.

En minería subterránea, si luego de la estimación de recursos, encontramos que algunos tajeos tienen ley mayor a la ley de corte, sin embargo, se encuentran muy alejados de la planta metalúrgica, no formará parte de las reservas (hasta encontrar alguna forma que reduzca los costos de extracción o minado).

De forma similar en minería superficial, los recursos pueden indicar volúmenes con leyes superiores a la ley de corte, pero si estos se encuentran en profundidad que no puede pagar el desbroce, no formarán parte de las reservas. De esta manera se entiende con facilidad que no todos los recursos medidos e indicados podrán convertirse en reservas probadas o probables. Es aquí en

donde se destaca que las reservas (probadas o probables) se definen por análisis de costos, precios y recuperación metalúrgica.

3.2.1.3. Clasificación de recursos y reservas

Varios autores han intentado proporcionar pautas para la clasificación de recursos y reservas en función de la precisión percibida de las estimaciones (por ejemplo, Vallée, 1992). En general, se pretende que sean de naturaleza cualitativa o intuitiva, en función de la consideración de que todos los factores pueden afectar en la confianza. En particular, no son mediciones directamente relacionadas con la configuración del muestreo o la eficiencia computacional de leyes, como la varianza de kriging (Diehl y David, 1982), la eficiencia de kriging (Krige, 1996) o los resultados de estudios de simulación condicional (Khosrowshahi y Shaw, 2001). La siguiente tabla presenta ejemplos de rangos de precisión, que pueden proporcionar niveles apropiados de incertidumbre para la clasificación.

McKelvey, 1972 y 1986, plantea una definición conocida como la caja de McKelvey, de acuerdo a esta clasificación, se entiende por reservas “los depósitos conocidos e identificados en los que el mineral o minerales pueden ser extraídos con beneficio económico, con la tecnología actual y bajo los parámetros económicos actuales”. Por su parte, los recursos incluyen “tanto las reservas, como otros depósitos minerales que pueden llegar a ser eventualmente aprovechables, bien depósitos que no son técnicamente y/o económicamente extraíbles en la actualidad, bien depósitos desconocidos, ricos

o pobres, que se pueden inferir que existen, aunque todavía no han sido descubiertos”.

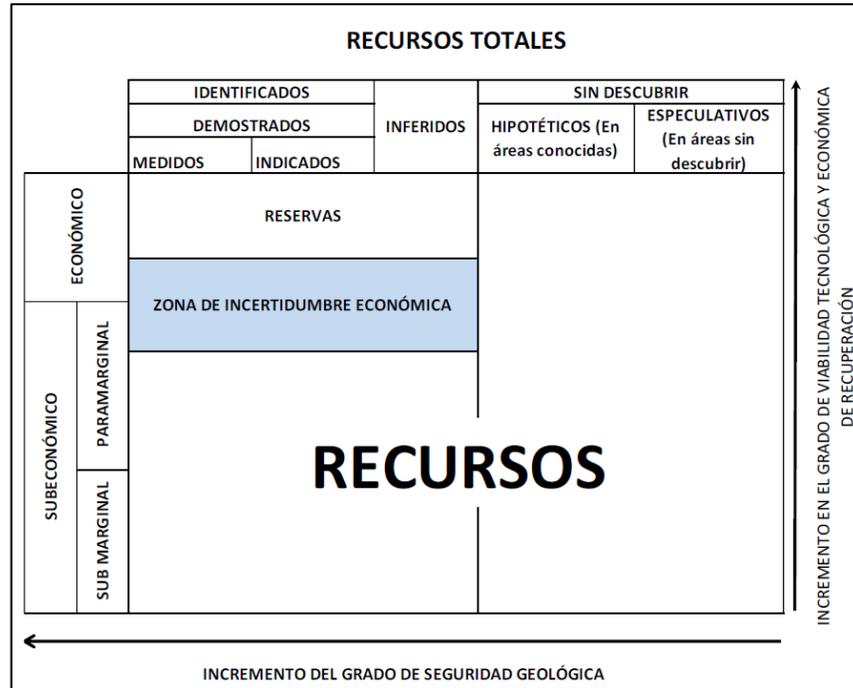


Figura 7: Cuadro de Recursos y Reservas de McKelvey.

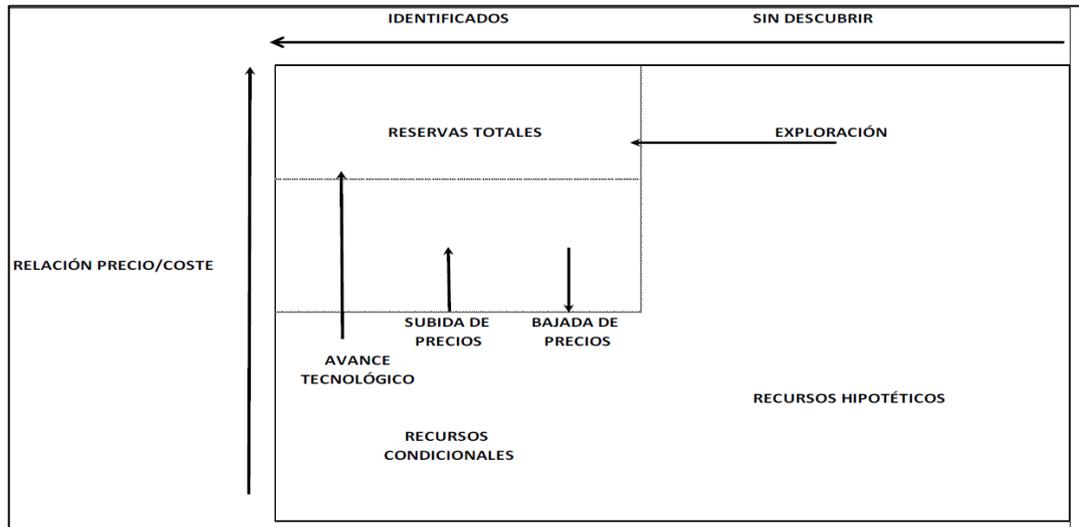


Figura 8: Principales factores que definen la movilidad entre Recursos y Reservas.

En realidad, la situación es más compleja y puede resumirse de la siguiente forma. Los factores que influyen en el carácter económico o sub

económico de un material son de dos tipos: intrínsecos (geológicos) y extrínsecos (económicos). Los primeros las características propias del yacimiento (volumen, contenido, composición química, aspectos mineralógicos y texturales, ubicación, etc.) y son inmutables. Los segundos están, en general, continuamente fluctuando y pueden ser muy variados: sistema económico (economía de mercado o planificada), precios, costes (financieros y de mano de obra), crisis tecnológicas, etc.

Así mismo existen otros tipos de clasificaciones, como son las de las Naciones Unidas que no han recibido excesivo consenso. En esta se definen diferentes grupos:

- Categoría R-1; reservas estimadas con un error estadístico menor del 50%.
Corresponde a las reservas medidas y estimadas de McKelvey.
- Categoría R-2; recursos estimados con un error superior al 50%.
Corresponde aproximadamente a las reservas inferidas de McKelvey.
- Categoría R-3; recursos estimados en analogías geológicas, indicaciones geofísicas y geoquímicas y extrapolaciones estadísticas. Corresponde por lo tanto a las reservas hipotéticas de McKelvey.

De acuerdo a su capacidad de explotación, los recursos se subdividen en:

- Categoría E (Económicos): incluyen los recursos R-1 y R-2 que se considera que son explotables en el momento actual.
- Categoría M (Marginalmente Económicos); incluye las R-1 que pueden llegar a ser explotables en un futuro cercano.

- Categoría S (Subeconómicos); incluye R-1 y R-2 que no son todavía económicamente explotables y que no lo serán hasta un futuro más o menos distante.

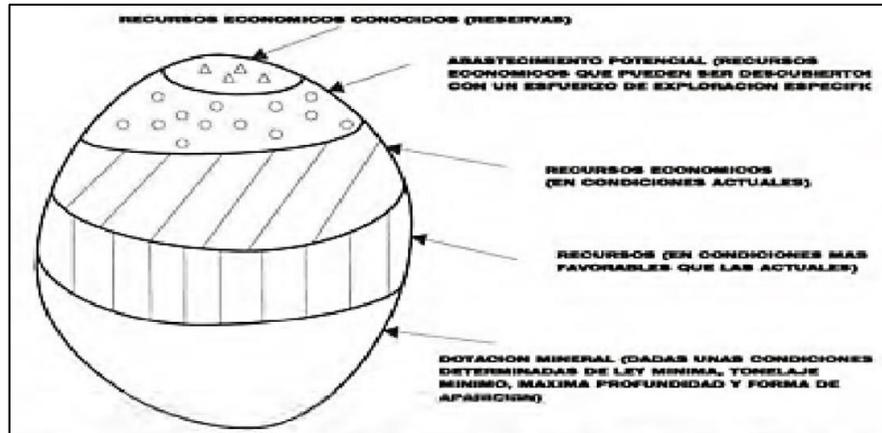


Figura 9: Clasificación de recursos y reservas de Harns y Skynner.

Las clasificaciones actuales de recursos y reservas minerales se basan en la certeza geológica (características del yacimiento, especialmente continuidad geológica y de leyes), la calidad de los datos (calidad del muestreo y ensayo, etc), y viabilidad técnica y económica bajo las estructuras actuales de costos y precios (Stephenson, 2000; Stephenson and Stoker, 2001). Aunque los dos últimos factores pueden ser evaluados adecuadamente, la certeza geológica se basa en gran medida en clasificaciones subjetivas basadas, por ejemplo, en la densidad de muestreo en relación con la probable continuidad y la naturaleza de la mineralización. El código JORC de 1999 establece que un Recurso Mineral Medido, como se describe en la siguiente figura es:

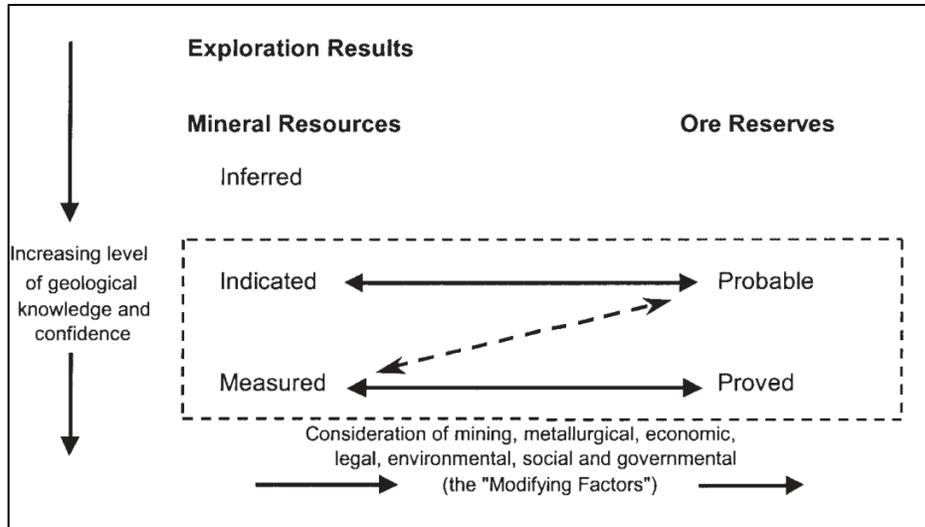


Figura 10: Relación general entre resultados de exploración, recursos minerales y reservas de mena (JORC).

"... esa parte de un Recurso Mineral para el cual el tonelaje, las densidades, la forma, las características físicas, la ley y el contenido mineral se pueden estimar con un alto nivel de confianza. Se basa en información detallada y confiable de exploración, información de muestreo y testeo recopiladas a través de técnicas apropiadas de lugares como afloramientos, trincheras, pozos, trabajos y perforaciones. Las ubicaciones están espaciadas lo suficientemente cerca como para confirmar la continuidad geológica y/o de leyes"; las definiciones generalmente aceptadas actualmente en el reporte de recursos y reservas minerales según el código JORC, 2012, se detallan en el capítulo de Definición de Términos.

3.2.2. Incertidumbres técnicas que afectan a la estimación, clasificación y valoración de recursos y reservas minerales

Kleingeld and Nicholas, 2004, mencionan que la estimación y clasificación de recursos minerales y reservas deberían ser parte de un proceso holístico integrado y

coordinado por una persona competente. La valoración de una compañía es basada en sus recursos y reservas, pero debería incorporar riesgos asociados al suministro de mineral, tenencia legal y proyecciones de ventas.

Recursos y reservas son clasificados de acuerdo a la persona competente en la confianza en los datos de muestreo, recursos y modelo de mineralización, tonelaje, leyes y estimación de ingresos.

La incertidumbre es asociada con cada una de las variables usadas para calcular el valor presente neto NPV. En efecto, por lo tanto, el NPV es producto de la incertidumbre. Aunque las estimaciones de la mayoría de los demás productos minerales están asociadas con incertidumbre debido a los limitados datos de muestreo, la evaluación puede estar asociada con una incertidumbre aún mayor a medida que se incluyen más variables en los procesos de estimación y evaluación.

No existe un modelo holístico que cuantifique los impactos financieros de la combinación de estas incertidumbres de recursos y reservas en el modelo de negocio o el costo de adquirir información adicional versus su beneficio financiero para mitigar estos riesgos.

La aplicación de opciones reales, que evalúan los efectos de la información adicional, la producción y la flexibilidad financiera de los proyectos mineros combinada con el uso de un cuerpo de mineral virtual, puede proporcionar una solución a este problema.

El problema es que no todas las empresas identifican y cuantifican adecuadamente las incertidumbres técnicas dentro de los modelos de recursos para evaluar sus impactos financieros en el modelo de negocio.

La figura 11 muestra la visión holística que una persona competente debe tener con respecto al muestreo de la línea de valoración.

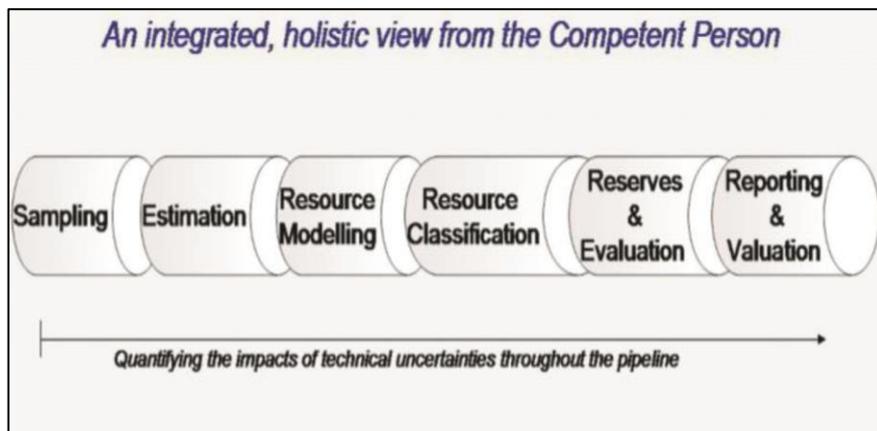


Figura 11: Principales fases en la evaluación de recursos y reservas según Kleingeld and Nicholas, 2004.

Kleingeld and Nicholas, 2004, citan que los activos primarios de la mayoría de las empresas mineras son sus recursos y reservas minerales. El descubrimiento, la evaluación, el desarrollo y la gestión de reservas minerales son fundamentales para asegurar un suministro rentable al mercado. La base de esta oferta consistente son las reservas minerales. Los bloques fundamentales de las reservas son recursos, asociados con diversos niveles de confianza geo-científica e incertidumbre. La comprensión de esta incertidumbre es necesaria para guiar a los tomadores de decisiones en la adquisición o "alejarse" de nuevos proyectos y ayudar en la explotación óptima de las reservas.

Para fines de evaluación de la minería, el riesgo se puede dividir en dos categorías, es decir, riesgos no técnicos tales como riesgos financieros, ambientales, de país, sociales, políticos y económicos y riesgos técnicos.

Muchas evaluaciones financieras intentan cuantificar los riesgos técnicos en los proyectos adaptando la tasa de descuento en los cálculos del VAN para las proyecciones de flujo de efectivo. Esto no tiene en cuenta con precisión el riesgo global del proyecto ya que proporciona un factor de riesgo técnico "general" aplicado a todos los bloques explotados en el mismo período de tiempo. El riesgo técnico es inherente al muestreo, a los modelos de recursos, a la planificación de la mina, a los procesos de extracción y recuperación. Los riesgos dentro de estas áreas pueden expresarse en función de la variabilidad (naturaleza inherente estocástica del depósito) e incertidumbre (falta de conocimiento del evaluador).

Muchos de los enfoques clásicos del riesgo utilizan simulaciones de Monte Carlo. Este método, en el cual las variables asociadas con un proyecto se dibujan al azar a partir de una distribución predeterminada.

Como demuestran Dimitrakopoulos, Farrelly y Godoy (2002), la incertidumbre geológica puede tener un impacto significativo en los flujos de efectivo. Las técnicas de simulación geoestadística se han utilizado con más regularidad en los depósitos de oro y plata y han llevado a técnicas tales como el proceso de Cox aplicado por Kleingeld et al (1996).

Uno de los principales objetivos del análisis de riesgos es identificar, cuantificar y crear una comprensión de un evento adverso y sus impactos asociados en los planes de negocio. Generalmente, si los bloques de mayor riesgo deben ser extraídos dentro de los primeros diez años del modelo de negocio, estos requieren un cambio en los modelos de extracción o recuperación y pueden incurrir en gastos

adicionales para modificar métodos de minería o plantas de tratamiento que no estaban presupuestados en ese momento de la valoración del proyecto.

El impacto de estos riesgos no identificados puede resultar en un proyecto no rentable. Para ello la necesidad de profundizar los riesgos asociados con las complejidades del muestreo, estimación y evaluación de yacimientos de oro y plata.

3.2.3. Complejidades geológicas y de ley mineral asociadas con la estimación y evaluación de reservas minerales

Según W. J. Kleingeld and G. D. Nicholas, el problema de los datos limitados de muestreo para predecir las previsiones de producción es común a la evaluación de todos los productos minerales, pueden conducir a una mayor incertidumbre con respecto a la producción final y los pronósticos de NPV. Con el fin de tomar conocimiento de las muchas complejidades de valoración asociadas con los depósitos de oro y plata fue necesario desarrollar metodologías específicas para el muestreo, estimación y evaluación. (2004).

La naturaleza articulada de los yacimientos de oro y plata, su tamaño, forma, calidad, color y valor son factores importantes en la estimación y evaluación exactas de los depósitos de oro y plata.

La Figura 12 clasifica la naturaleza compleja y las dificultades de estimar los depósitos de oro en comparación con otros productos minerales en función de su concentración y homogeneidad.

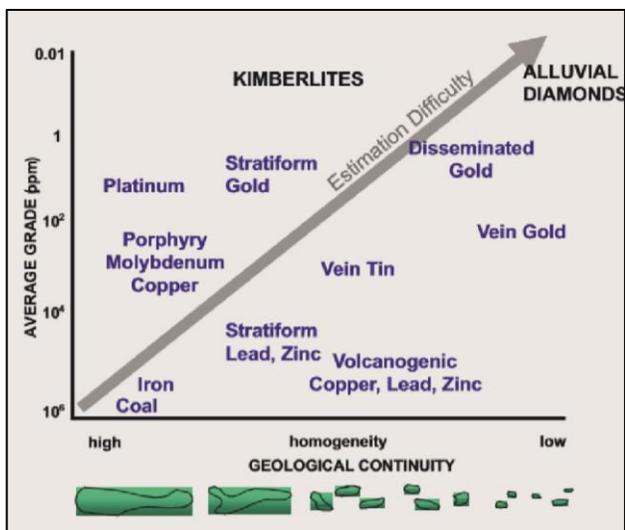


Figura 12: Clasificación de minerales basada en el muestreo y la dificultad de estimación en relación a los valores y continuidad geológica, reservas según Kleingeld and Nicholas, 2004.

El modelado geológico es un primer paso esencial en el proceso de estimación, ya que la variabilidad entre las facies es mucho mayor que la variabilidad dentro de las facies individuales. Una vez que se ha desarrollado un modelo geológico, se debe definir la estrategia de muestreo requerida para la determinación del grado y del ingreso. Esto implica establecer el tamaño de la muestra (volumen), la frecuencia de la muestra (densidad) y el espaciamiento de la muestra (distribución espacial). El tamaño de muestra utilizado es una función de la complejidad del cuerpo de mineral y el nivel de confianza requerido.

3.3. Definición de términos básicos

- **Recurso Mineral:** es una concentración u ocurrencia de material sólido de interés económico dentro o sobre la corteza terrestre en tal forma, ley (o calidad) y cantidad que hay expectativas razonables para una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley (o calidad), continuidad y otras características

geológicas de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencia y conocimiento geológico específico, incluyendo muestreo. Los Recursos Minerales se subdividen en orden de creciente confianza geológica en las categorías Inferido, Indicado y Medido.

- **Recurso Mineral Inferido:** es aquella parte de un Recurso Mineral en la que la cantidad y ley (o calidad) se estima sobre la base de evidencia geológica y muestreo limitados. La evidencia geológica es suficiente para suponer, pero no verificar la continuidad geológica y de ley (o calidad). Se basa en información de exploración, muestreo y pruebas recogidas a través de técnicas apropiadas de ubicaciones tales como afloramientos, trincheras, excavaciones, labores y sondajes.

Un Recurso Mineral Inferido tiene un nivel de confianza más bajo que el que se aplica a un Recurso Mineral Indicado y no se debe convertir a Reserva de Mena. Es razonable esperar que la mayoría de los Recursos Minerales Inferidos pudieran ser elevados a la categoría de Recursos Minerales Indicados como resultado de exploración continuada.

- **Recurso Mineral Indicado:** es aquella parte de un Recurso Mineral por el cual la cantidad, ley (o calidad), densidades, forma y características físicas se estiman con suficiente confianza para permitir la aplicación de Factores Modificadores en suficiente detalle para sustentar el planeamiento de minado y evaluación de la viabilidad económica del depósito.

La evidencia geológica se deriva de exploración adecuadamente detallada y confiable, muestreo y pruebas recogidas a través de técnicas apropiadas de

lugares tales como afloramientos, trincheras, pozos, labores y sondajes y es suficiente para asumir la continuidad geológica y de ley (o calidad) entre los puntos de observación donde se recogen los datos y las muestras.

Un Recurso Mineral Indicado tiene un menor nivel de confianza que el que se le aplica a un Recurso Mineral Medido y sólo puede ser convertido a una Reserva Probable.

- **Recurso Mineral Medido:** es aquella parte de un Recurso Mineral para la cual la cantidad, ley (o cantidad), densidades, forma y características físicas se estiman con confianza suficiente para permitir la aplicación de Factores Modificadores para sustentar un planeamiento de minado detallado y la evaluación final de la viabilidad económica del depósito.

La evidencia geológica se deriva de exploración detallada y confiable, muestreo y pruebas recogidas a través de técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, trincheras, pozos, labores y sondajes y es suficiente para confirmar la continuidad geológica y de ley (o calidad) entre los puntos de observación donde se recogen los datos y las muestras.

Un Recurso Mineral Medido tiene un mayor nivel de confianza que el que se aplica tanto a un Recurso Mineral Indicado como a un Recurso Mineral Inferido. Puede ser convertido a una Reserva de Mena Probada o bajo ciertas circunstancias a una Reserva de Mena Probable.

- **Reserva de Mena:** es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido y/o Indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando el material es minado o extraído y es definido por

estudios apropiados a nivel de Factibilidad o Pre-Factibilidad que consideran la aplicación de Factores Modificadores y demuestran que, al momento de reportar, la extracción podría ser razonablemente justificada.

- **Reserva de Mena Probable:** es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. La confianza en la aplicación de los Factores Modificadores a una Reserva de Mena Probable es menor que una aplicada a una Reserva de Mena Probada.
- **Reserva de Mena Probada:** es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Una Reserva de Mena Probada implica un alto grado de confianza en los Factores Modificadores.
- **Ley:** cualquier medida física o química de las características del material de interés en muestras o producto final. Notar que el término calidad tiene un significado especial para diamantes u otras gemas. Las unidades de medida deberían ser declaradas cuando las cifras son reportadas.
- **Ley de corte (cut-off):** la ley más baja, o calidad, de material mineralizado que califica como económicamente extraíble y disponible en un depósito dado. Puede estar definido sobre la base de la evaluación económica o en atributos físicos o químicos que definen una especificación aceptable de producto.
- **Mineralización:** cualquier ocurrencia de un mineral o combinación de minerales en masa, o depósito, de interés económico. El término es planteado para cubrir todas las formas en que la mineralización pueda ocurrir, sea por clase de depósito, modo de ocurrencia, génesis o composición.

- **Minería:** todas las actividades relacionadas a la extracción de metales, minerales y gemas desde la tierra, sea superficial o subterránea, por cualquier método (por ejemplo, canteras, cielo abierto, lixiviación in situ, dragado, etc.).
- **Recuperación:** El porcentaje de material de interés que es extraído durante el minado y procesamiento. Una medida de eficiencia de minería o de proceso.
- **Tonelaje:** una expresión de la cantidad de material de interés sin importar la unidad de medida (que puede ser declarada cuando las cifras son reportadas). Resulta de multiplicar el volumen de un bloque por el peso específico.
- **Modelo de Bloques:** Es un modelo representativo de una porción de terreno donde el análisis es confiable y sirve como interpretación geológica, donde los componentes principales de este es la estimación de recursos mineros de interés una vez obtenido el modelo geológico establecen la variación espacial de distintas variables de interés como (leyes), recursos, ley media y cantidad de metal en cada dominio geológico y en el yacimiento en general.
- **Modelo Geológico:** Consiste en la representación bidimensional o tridimensional de un volumen de rocas. Este puede representar la litología, mineralización, alteración u otro tipo de característica geológica del macizo rocoso. Es una parte fundamental en el procedimiento de estimación de reservas de un depósito.
- **Peso Específico:** Cantidad de mineral por m³ de material extraído.
- **Recursos no económicos:** Son los recursos minerales que luego de aplicar la dilución planeada su valor de mineral resultante está por debajo del cut-off marginal.

- **Reservas económicas:** Son las reservas minerales cuyo valor de mineral es mayor al cut-off económico.
- **Reservas marginales:** Son las reservas minerales cuyo valor de mineral es mayor al cut-off marginal pero menor al cut-off económico.
- **Variograma:** El variograma o semivariograma es una herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida, obteniendo como resultado un variograma experimental que refleja la distancia máxima y la forma en que un punto tiene influencia sobre otro punto a diferentes distancias
- **Dilución:** Material de bajo o nulo tenor (estéril) que se extrae durante las operaciones mineras y por lo tanto forma parte de la Reservas.
- **Explotable:** Parte económica o sub-económica del yacimiento que puede ser extraída durante la operación normal de la mina.
- **Estéril:** Fracción del depósito de muy bajo contenido o sin minerales de interés, la cual no sigue al proceso metalúrgico y debe ser descartada después de su extracción desde la mina.
- **Proyecto significativo:** un proyecto minero de exploración o desarrollo que tiene o podría tener una influencia significativa en el valor de mercado o en las operaciones de la compañía listada, y/o tiene prominencia específica en los Reportes Públicos.
- **Mineral de Mena o Económico:** Es una reserva mineral que siempre genera utilidades, cuyo valor excede los gastos de costos de producción (incluye

depreciación y amortización), gastos de venta, gastos administrativos, gastos financieros y se tiene que definir el cut off para determinar los bloques de mena.

- **Mineral Marginal:** Es el mineral que forma parte de la reserva, que en el momento de su determinación bordea ser económicamente explotable. Este mineral, por sí solo no genera utilidades, pero si ayuda a generar, al explotarse junto al mineral de mena, pues además los gastos de desarrollo, de infraestructura, de servicios, etc. Ya que son cubiertos por el mineral de mena.
- **Mineral Accesible:** Es aquella reserva constituida por bloques minerales que han sido reconocidos y/o desarrollados por labores subterráneas (galerías, chimeneas, sub niveles) y/o complementados por sondajes, que generalmente están listos para entrar a la etapa de preparación y su consiguiente explotación económicamente.
- **Mineral Eventualmente Accesible:** es aquella reserva que no se encuentra expedita para su inmediata explotación, y está constituida por bloques minerales que comúnmente se hallan en la parte del nivel más bajo, alejados de las labores de desarrollo, o con un acceso truncado por derrumbes, bóvedas vacías, etc., por lo que requieren la apertura de nuevas labores o de rehabilitación de las existentes antes de iniciar su preparación.
- **Ley, calidad:** Cualquier medida física o química de las características del material de interés en muestras o en el producto final.
- **Volumen, cantidad:** Una expresión de la cantidad de material de interés, independientemente de las unidades de medida (las cuales deben aclararse cuando se reporten cifras).

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

4.1. Intervención

El proyecto de estudio fue desarrollado por el área de Geología de la Mina Corihuarmi bajo mi dirección y responsabilidad como Jefe de Geología, mi supervisor inmediato fue el Ing. Zenón Ramos Martínez quien ocupa el cargo de Gerente de Geología.

Se tuvo la intervención de todo el grupo de profesionales del Área de Geología en las diferentes etapas y procesos relacionados al presente trabajo, siempre bajo mi supervisión y la del Ing. Zenón Ramos. Realizamos diferentes trabajos para llegar al resultado final de estimación de recursos, a saber: mapeo geológico, muestreo geoquímico de afloramientos, trabajos de perforación diamantina, muestreo de cores de perforación, recolección y validación de data, QA/QC de los diferentes procesos, interpretación geológica de secciones, modelamiento 3D, geoestadística, interpolación

de modelo de bloques, validación del modelo de bloques final, reportes de recursos, entre otros.

Realizamos este trabajo por la necesidad de sincerar los recursos minerales del Proyecto Cayhua – Cayhua Norte que se venía explorando desde años anteriores y ver así la proyección de recursos y reservas minerales de la Mina Corihuarmi y la vida útil de esta.

Una vez culminado el trabajo, se elaboró un informe final de Estimación de Recursos Minerales de la Mina Corihuarmi, el cual se elevó a la Gerencia General de Minera IRL S.A. Dr. Diego Benavides Norlander.

Como resultado final de la exploración del proyecto Cayhua – Cayhua Norte, estimamos para la zona Cayhua un recurso mineral lixiviable de 3, 078,261 TM con una ley promedio de 0.26 g/t Au y 42,932.31 Oz Au, mientras que para la zona Cayhua Norte 1,919,818 TM con una ley promedio de 0.38 g/t Au y 23,591 Oz, haciendo un total de 4,998,079 TM con una ley promedio de 0.31 g/t Au y 49,083 Oz Au.

4.2. Programación específica

El programa del trabajo de estimación en sí, se desarrolló en diferentes etapas, las cuales se describen en los siguientes capítulos.

4.2.1. Análisis y validación de datos

4.2.1.1. Mapeo geológico

Los trabajos de mapeo se desarrollaron en un área aproximada de 60 Has y las características geológicas principales que se registraron son los contactos de los diferentes tipos de litología y alteración hidrotermal, así

también, la geología estructural reconociendo principalmente las fallas (principales y secundarias) y las fracturas presentes.

Los planos se representaron a escala 1/500 y en ellos se registraron los datos con una simbología, nomenclatura y código de colores que fueron desarrollados por los geólogos de exploración previamente a estos trabajos, además se registraron anotaciones concretas de descripción geológica para su posterior revisión de ser necesario.

4.2.1.1.1. Características geológicas representadas en el plano

- **La litología:** se deben de contornear y representar con su respectiva coloración, así también, se deben describir en base a sus respectivas nomenclaturas, el cual indica su origen, composición química, composición mineralógica, entre otros. En base a un análisis general se correlaciona el mapeo litológico con las unidades litoestratigráficas que corresponden.

LEYENDA OF LITOLOGIA					RGB		
N°	DESCRIPCIÓN	ABBREVIACIÓN	CODIGO	COLOR	R	G	B
1	Quaternary deposits (cover):	QCOV	100	QCOV	130	130	130
1.1	Coluvial	QCO	101	QCO	130	130	130
1.2	Suelo	QSL	102	QSL	155	155	155
1.3	Depósitos fluviales	QFD	103	QFD	180	180	180
1.4	Morrena glaciár	QGM	104	QGM	205	205	205
2	Volcanic rocks:						
2.1	Effusive rocks:		110				
2.1.1	Flujo de lava basáltica	VLB	111	VLB	210	150	240
2.1.2	Flujo de lava andesítica	VLA	112	VLA	210	180	250
2.1.3	Flujo de lava dacítica	VLD	113	VLD	255	179	102
2.1.4	Flujo de lava riolítica	VLR	114	VLR	245	140	60
2.2	Pyroclastic rocks		120				
2.2.1	Toba de cristales dacítica	VPCTD	121	VPCTD	252	200	140
2.2.2	Toba lítica dacítica	VPLTD	122	VPLTD	250	190	105
2.2.3	Toba de cristales andesítica	VPCTA	123	VPCTA	250	175	150
2.2.4	Toba lítica andesítica	VPLTA	124	VPLTA	250	170	125
2.2.5	Toba de cenizas	VPAH	125	VPAH	250	200	160
2.2.6	Ignimbrita (rica en flamas)	VPIG	126	VPIG	230	210	90
2.2.7	Aglomerado	VPAG	127	VPAG	230	210	150
3	Hypabyssal intrusive rocks:						
3.1	Domo riolítico	IHDR	141	IHDR	235	190	70
3.2	Domo dacítico	IHDD	142	IHDD	235	190	175
3.3	Domo andesítico	IHDA	143	IHDA	215	150	200
3.4	Porfido dacítico	IHPD	144	IHPD	255	128	128
3.5	Porfido andesítico	IHPA	145	IHPA	230	110	190
3.6	Porfido monzonítico	IHPM	146	IHPM	230	120	175
3.7	Porfido Indiferenciado	IHPI	147	IHPI	0	0	0
4	Plutonic intrusive rocks:						
4.1	Granito	IPG	161	IPG	232	158	200
4.2	Granodiorita	IPGD	162	IPGD	212	148	198
	Tonalita	IPTN	163	IPTN	220	120	150
	Monzonita	IPM	164	IPM	225	70	180
	Diorita	IPD	165	IPD	196	122	186
	Microdiorita	IPMD	166	IPMD	199	56	168
	Gabro	IPGB	167	IPGB	170	65	165
5	Breccias						
5.1	Brecha hidrotermal (auerdo al ensamble)	BXH	180	BXH	255	0	0
5.1.1	Brecha hidrotermal breccia (sílice-óxidos de hierro)	HBSO	181	HBSO	255	255	0
5.1.2	Brecha hidrotermal breccia (sílice)	HBS	182	HBS	255	255	0
5.1.3	Brecha hidrotermal breccia (sílice-pirita)	HBSP	183	HBSP	255	255	0
5.1.4	Brecha hidrotermal breccia (sílice-alunita)	HBSA	184	HBSA	255	111	255
5.1.5	Brecha hidrotermal breccia (sílice-arcilla)	HBSC	185	HBSC	255	200	0
5.1.6	Brecha hidrotermal breccia (sílice-arcilla-pirita)	HBSCP	186	HBSCP	255	200	0
5.2	Brecha de falla	BXF	190	BXF	5	10	255
5.3	Brecha ferricreta	BXFC	191	BXFC	150	100	50
5.4	Brecha intrusiva	BXI	192	BXI	255	170	0
5.5	Brecha diatrema	BXDT	193	BXDT	0	0	0
5.6	Brecha Pebble	BXPB	194	BXPB	0	0	0
5.7	Brecha freática	BXPH	195	BXPH	0	0	0
5.8	Brecha freatomagmática	BXPHM	196	BXPHM	200	60	125

Tabla 8: Leyenda y codificación litológica. Fuente: UM Corihuarmi – Geología.

- **La alteración hidrotermal:** se deben de contornear y representar con su respectiva coloración, se debe reconocer la intensidad, diferenciar sus ensambles mineralógicos, sus características texturales y describirlo con su respectiva nomenclatura.

LEYENDA DE ALTERACIÓN					RGB			
N°		DESCRIPCIÓN	ABBREVIACIÓN	CODIGO	COLOR	R	G	B
1		Cobertura	QCOV	100	QCOV	130	130	130
2		Inalterado	UA	201	UA	155	155	155
3		Clorización	CL	202	CL	90	175	80
4		Propilítico	PR	203	PR	120	235	10
5		Argílico	ARG	204	ARG	0	255	255
6		Argílico - pirlita	ARGP	205	ARGP	0	255	255
7		Silíce - arcilla	SC	206	SC	255	127	0
8		Silíce - arcilla - pirlita	SCP	207	SCP	255	127	0
9		Silíce - alunita	SA	208	SA	255	180	255
10		Silíce - alunita - pirlita	SAP	209	SAP	255	180	255
11		Silíce	S	220	S	255	255	0
	11.1	Silíce oquerosa	SV	221	SV	255	255	0
	11.2	Silíce oquerosa - pirlita	SVP	222	SVP	255	255	0
	11.3	Silíce granular	SG	223	SG	255	255	0
	11.4	Silíce masiva	SM	224	SM	255	255	0
	11.5	Silíce masiva - pirlita	SMP	225	SMP	255	255	0
12		Filica	PH	230	PH	55	155	185
13		Sericitización	SR	231	SR	130	175	250
14		Potásica	PT	232	PT	225	80	110

LEYENDA DE TEXTURA				
N°		DESCRIPCIÓN	ABBREVIACIÓN	CODIGO
1		Oquerosa	VUG	301
2		Granular	GR	302
3		Porfírico	PORPH	303
4		Afanítico	APH	304
5		Patchy	PTCH	305
6		Fragmental	FRG	306
7		Fluidal	FLU	307
8		Obliterado	OBLT	308
9		Brechado	BX	309

Tabla 9: Leyenda y codificación de alteración hidrotermal y texturas. Fuente: UM Corihuarmi – Geología.

- **La mineralización:** los minerales que no están representados en los ensambles de alteración se deben de mencionar en la descripción usando su nomenclatura, el cual indica el nombre y la intensidad de este. Los minerales más comunes son los óxidos de Fe (goetita, hematita, limotita, entre otros), óxidos de Cu (calcosina, covelina, sulfatos, entre otros), y otros característicos del sistema epitermal de alta sulfuración (enargita, oropimente, turgita, escorodita, azufre, entre otros).
- **El tipo de falla:** se representa el tipo (normal, inversa o de rumbo), la dirección e inclinación usando la regla de la mano

derecha. Se dibuja la falla con el tipo y grosor de línea característico.

Las fallas mayores tienen una extensión mayor a 100 m; se han interpretado más de 3 fallas mayores con un rumbo promedio de N 120° y buzamiento de 80°SW; así también, se ha tomado datos de campo de una falla mayor en la zona central del proyecto que tiene un rumbo de N 270° e inclinación 80°NE cuyas estrías denotan un movimiento con componente Normal.

Las fallas menores tienen una extensión menor a los 100 m., y cuyas aberturas presenten un espaciamiento entre 1-5 cm. Se observa cuatro sistemas de fallas y en orden de ocurrencia se tiene a los siguientes: Fallas de bajo ángulo que correspondería a esfuerzos compresionales (fallas inversas) de orientación N 320° - 350° (Noroeste-Sureste) con buzamientos entre 15° - 40°, los cuales generalmente están interrumpidas por fallas de alto ángulo (fallas normales) que tienen las siguientes orientaciones: N 260° - 285° (Este-Oeste), N 285 - 320° (Noroeste-Sureste), N235° - 245° (Noreste-Suroeste), con buzamientos sub-verticales que están entre 70° - 85°. Las fallas de orientación N 285 - 320° en algunos casos se encuentran controlando la ocurrencia de brechas hidrotermales, sílice oquerosa, sílice masiva y en menor proporción sílice opalina, en forma de filones.

- **El fracturamiento:** se usa la simbología de este para representarlo de manera gráfica en el plano y se describe la dirección e inclinación de las mismas. En esta categoría se han registrado fracturas con extensiones menores a 5 m. y se presentan con un rumbo promedio predominante N 320° con buzamientos sub-verticales.

4.2.1.1.2. Procedimiento de mapeo geológico

- El geólogo encargado del trabajo de mapeo geológico hace un reconocimiento de campo y con la ayuda de personal capacitado coloca chutas codificadas en puntos estratégicos dentro y en los contornos de los afloramientos rocosos.
- Se solicita al área de Topografía levantar las chutas y proporcionar los datos en formato CSV, así también se nos proporciona las curvas de nivel y otros datos de importancia en formato CAD.
- Con el uso del software AutoCAD se elabora el plano base para realizar el mapeo, el cual se imprime en hojas A3 a escala 1/500.
- El geólogo representa en el campo las características geológicas resaltantes que este observe, rigiéndose a la simbología, nomenclatura y código de colores desarrollada para el proyecto.
- Se escanea el plano elaborado en el campo para su digitalización en el software AutoCAD y ArcGis, donde se agrupa todos los

mapeos para elaborar un plano geológico general del área de estudio.

EXPLORACIÓN MINERA REFERENCIA PARA MAPEO GEOLÓGICO		
Corihuarmi – Exploraciones		Actualizada a Noviembre, 2022
LITOLOGÍA		
Depósitos Cuaternarios (QCOV)		
Nombre	Abreviatura	RGB
Coluvial	QCo	130/130/130
Suelo	QSL	155-155-155
Depósitos fluviales	QFD	180-180-180
Morrena glaciar	QGM	205-205-205
Rocas Volcánicas		
Nombre	Abreviatura	RGB
Flujo de lava basáltica	VLb	210-150-240
Flujo de lava andesítica	VLAA	210-180-250
Flujo de lava dacítica	VLd	255-179-102
Flujo de lava riolítica	VLr	245-140-060
Toba de cristales dacítica	VPctd	252-200-140
Toba lítica dacítica	VPitd	250-190-105
Toba de cristales andesítica	VPcta	250-175-150
Toba lítica andesítica	VPita	250-170-125
Toba de cenizas	VPah	250-200-160
Aglomerado	VPag	230-210-150
Hipabisal_Intrusivas		
Nombre	Abreviatura	RGB
Domo riolítico	IHdr	235-190-070
Domo dacítico	IHdd	235-190-175
Domo andesítico	IHda	215-150-200
Pórfido dacítico	IHpd	255-128-128
Pórfido andesítico	IHpa	230-110-190
Pórfido monzonítico	IHpm	230-120-175
Pórfido Indiferenciado	IHpi	000-000-000
Plutónicas_Intrusivas		
Nombre	Abreviatura	RGB
Granito	IPg	232-158-200
Granodiorita	IPgd	212-148-198
Tonalita	IPtn	220-120-150
Monzonita	IPm	225-070-180
Diorita	IPd	196-122-186
Microdiorita	IPmd	199-056-168
Gabro	IPgb	170-065-165
Brechas		
Nombre	Abreviatura	RGB
Brecha hidrotermal	BxH	255-000-000
Brecha de falla	BxF	005-010-255
Brecha ferricreta	BxFc	150-100-50
Brecha intrusiva	Bxl	255-170-000
Brecha diatrema	BxDt	000-000-000
Brecha Pebble	BxPb	000-000-000
Brecha freática	BxPh	000-000-000
Brecha freatomagmática	BxPhM	200-060-125
ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN		
Alteración		
Nombre	Abreviatura	RGB
Inalterado	UA	155-155-155
Cloritzación	CL	090-175-080
Propilítico	PR	120-235-010
Argílico	AR	000-255-210
Argílico - piritita	ARP	000-255-210
Silíce - arcilla	SC	255-200-000
Silíce - arcilla - piritita	SCP	255-200-000
Silíce - alunita	SA	255-111-255
Silíce - alunita - piritita	SAP	255-111-255
Silíce	S	255-255-000
Silíce oquerosa	SV	255-255-000
Silíce granular	SG	255-255-000
Silíce masiva	SM	255-255-000
Silíce masiva - piritita	SMP	255-255-000
Filica	PH	055-155-185
Sericitización	SR	130-175-250
Potásica	PT	225-080-110
Adularia	AD	245-120-150
Skarn	SK	235-180-150
ESTILO DE ALTERACIÓN		
Pervasivo	PV	
Sobreimposición	OP	
Separado por fracturamiento	FR	
Controlado por estructuras	ST	
INTENSIDAD DE ALTERACIÓN		
Baja	1	
Moderada	2	
Fuerte	3	
TEXTURA		
Oqueroso	VUG	
Granular	GR	
Porfírico	PORPH	
Afanítico	APH	
Patchy	PTCH	
Fragmental	FRG	
Fluidal	FLW	
Obliterado	OBLT	
ZONA DE MINERALIZACIÓN TIPO EPITERMAL		
Oxidación Completa	OXC	
Oxidación Parcial	OXp	
Sulfuro	SPH	
ZONA DE MINERALIZACIÓN TIPO PORFIDO		
Leach capping	LC	
Mix	MX	
Supérgeno	SPG	
Transición	TRS	
Hipógeno	HYP	
ESTILO DE MINERALIZACIÓN		
Diseminado	DISS	
Fracture Coating	FRC	
Venilleo de Sulfuro	SLV	
Sheeted Veins	SHV	
Stockwork de Cuarzo	STKQ	
Vetas Mayores de Cuarzo	MQV	
Reemplazamiento	REPL	
FALLAS		
Fallas Mayores	FMJ	
Fallas Menores	FMN	
	Lineamiento Estructural	
	Fallas Mayores	
	Fallas Menores	

Tabla 10: Tabla de referencia para mapeo geológico usado en la Mina Corihuarmi. Fuente gráfica: UM Corihuarmi –

Geología.

4.2.1.2. Perforación

4.2.1.2.1. Introducción de perforación

El proyecto Cayhua – Cayhua Norte ha sido estudiado y perforado repetitivamente a lo largo de los años y los principales métodos usados para la perforación exploratoria han sido la perforación diamantina (DDH) y la perforación de aire reverso (RCD). Entre los años 2000 y 2017 (última campaña), se han realizado en la zona Cayhua 60 taladros del tipo DDH y 02 del tipo RCD haciendo un total de 5,988.55m de perforación, mientras que en la zona Cayhua Norte se realizó 62 taladros del tipo DDH y 01 del tipo RCD haciendo un total de 4,640.95m de perforación; en resumen, se tienen 125 taladros que totalizan 10,629.50 m perforados.

Tabla 11: Sondajes de exploración DDH & RCD de las zonas Cayhua y Cayhua Norte por compañías y años realizados a la fecha.

Zona	Compañía/Año	DDH		RCD		DDH & RCD	
		Taladros	Perforación (m)	Taladros	Perforación (m)	Taladros	Perforación (m)
Cayhua	CARDERO/2000			2	589.55	2	589.55
	MIRL/2004	3	335.10			3	335.10
	MIRL/2005	2	119.80			2	119.80
	MIRL/2008	4	421.10			4	421.10
	MIRL/2009	5	482.70			5	482.70
	MIRL/2011	16	1,568.40			16	1,568.40
	MIRL/2012	12	1,142.70			12	1,142.70
	MIRL/2014	13	909.40			13	909.40
	MIRL/2016	5	419.80			5	419.80
Total Cayhua		60	5,399.00	2	589.55	62	5,988.55
Cayhua Norte	MIRL/2004	4	410.20			4	410.20
	MIRL/2005	2	69.70			2	69.70
	MIRL/2006	5	206.45			5	206.45
	MIRL/2011	9	730.30			9	730.30
	MIRL/2014	13	658.00			13	658.00
	MIRL/2016	25	1,955.70			25	1,955.70
	MIRL/2017	4	491.10	1	119.50	5	610.60
Total Cayhua Norte		62	4,521.45	1	119.50	63	4,640.95
Total general		122	9,920.45	3	709.05	125	10,629.50

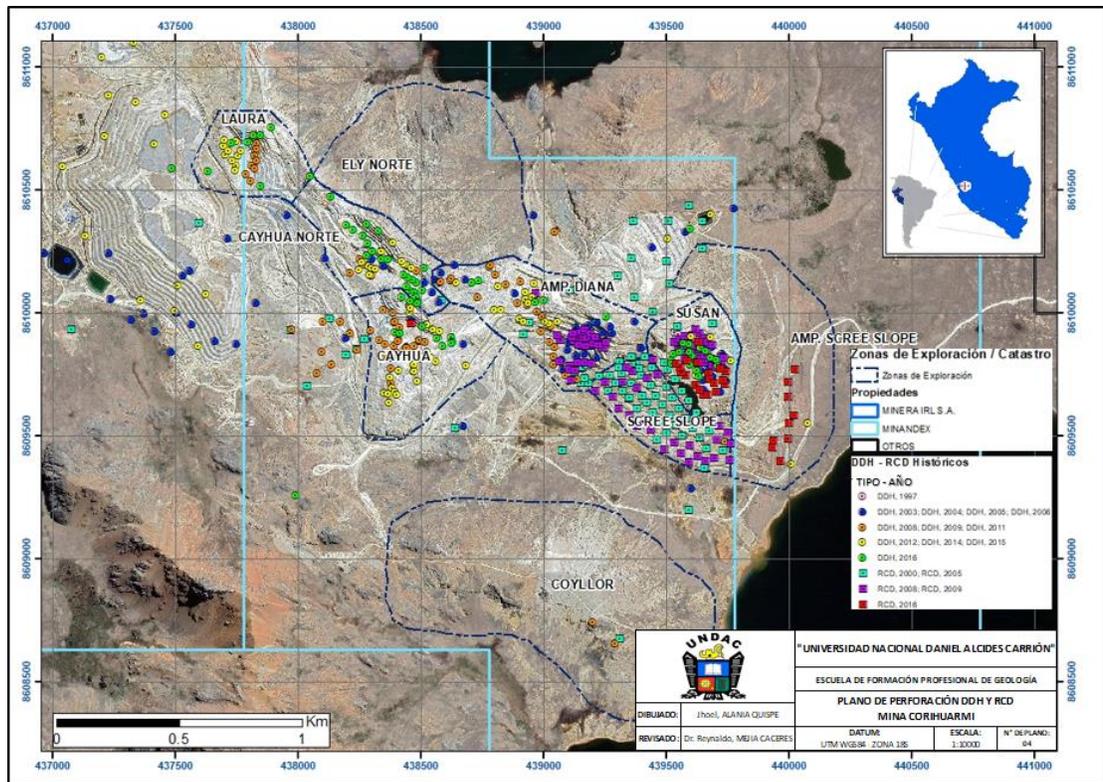


Figura 13: Plano de perforación DDH y RCD de la mina Corihuarmi incluyendo al proyecto Cayhua – Cayhua Norte.

Las zonas Cayhua y Cayhua Norte iniciaron su operación en el año 2014 y 2015 respectivamente, a partir del cual se han ejecutado en dichos tajos múltiples proyectos de voladura para llevar a cabo la producción de mineral, estos trabajos requieren necesariamente la perforación y muestreo de taladros tipo Blast Hole (BH). Al 31 de diciembre del 2017, en el tajo Cayhua se realizó 30,404 taladros BH con un total de 176,195.00m de perforación, mientras que en el tajo Cayhua Norte se realizó 15,581 taladros BH con 93,137.40m de perforación, en resumen, se tienen 45,985 taladros ejecutados que totalizan 269,332.40 m perforados.

Tabla 12: Taladros Blast Hole (BH) ejecutados en las zonas Cayhua - Cayhua Norte por años.

Zona	Año	BH	
		Taladros	Perforación (m)
Cayhua	2012	280.00	1,285.50
	2013	263.00	1,549.70
	2014	5,862.00	37,870.60
	2015	5,640.00	30,717.10
	2016	9,777.00	57,277.40
	2017	8,582.00	47,494.70
Total Cayhua		30,404.00	176,195.00
Cayhua Norte	2015	5,332.00	30,131.70
	2016	4,117.00	27,129.90
	2017	6,132.00	35,875.80
Total Cayhua Norte		15,581.00	93,137.40
Total general		45,985.00	269,332.40

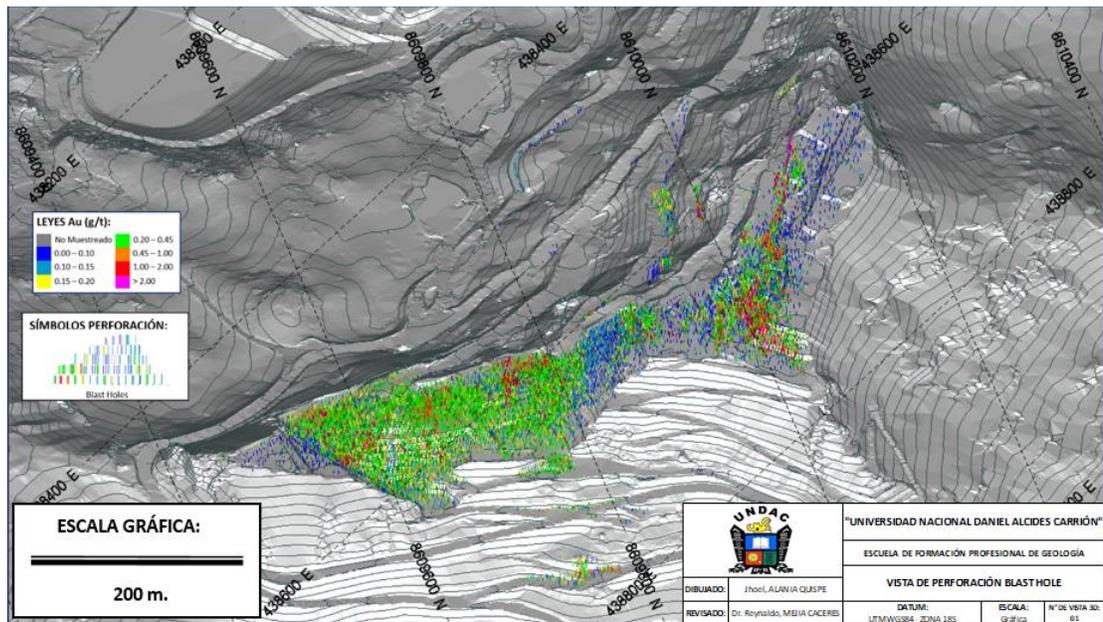


Figura 14: Vista de perforación Blast Hole ejecutados en las zonas Cayhua - Cayhua Norte.

4.2.1.2.2. Procedimiento de perforación

Perforación diamantina (DDH)

La perforación de los taladros tipo DDH fueron realizados por distintas empresas a lo largo de las diferentes campañas de

perforación, entre ellos se tiene a compañías como MDH, AK Drilling, Ingetrol, Redrilsa, entre otros.

Para las diferentes campañas, se realizaron previamente la construcción de accesos de ingreso hacia las zonas de perforación, también se construyeron plataformas de perforación de aproximadamente 10m x 10m, es decir una plataforma horizontal en la superficie de 100.0 m², en el cual se instalaron las máquinas perforadoras, además se construyeron pozas de sedimentación para la disposición de lodos generados en el proceso de perforación (4m x 2m x 1.5m – 6m x 4m x 2m).

Los trabajos de este tipo de perforación tuvieron como objetivo principal la recuperación de barras compactas de roca de forma cilíndrica (testigo o core); la mayoría de los taladros diamantinos perforados fueron realizados con línea de diámetro HQ (90%), sin embargo, también se utilizó la línea de diámetro NQ (10%) con la contratista Ingetrol en los años 2012 y 2014, esto debido a la capacidad de la máquina de perforación. En general, la capacidad promedio de perforación en las distintas máquinas se dio de la siguiente manera:

- Línea HQ: Hasta los 200.00 metros de profundidad.
- Línea NQ: Entre 200.00 - 450.00 metros de profundidad.
- Línea BQ: mayor a 450.00 metros de profundidad.

Cabe resaltar que los trabajos de perforación diamantina se ejecutaron bajo los estándares de la industria de perforación.

Perforación con aire reverso (RCD)

La perforación de los taladros tipo RCD fueron realizados por las empresas MDH y Redrilsa.

Similarmente a la perforación del tipo DDH, se construyeron accesos de ingreso hacia las plataformas de perforación, las cuales tenían dimensiones promedio de 12m x 12m, es decir un área aproximadamente 144.00 m², para el caso de la perforación tipo RCD no fue necesario la construcción de pozas de sedimentación, ya que la utilización de agua en el proceso es considerada como mínima o nula.

Como resultado de los trabajos de la perforación tipo RCD se obtuvo la recuperación de detritus de roca de aproximadamente 60 – 80 Kg cada 2.00m de perforación. La perforación se desarrolló mediante el uso de triconos de 7 7/8” para el rimado de casing (primeros metros), mientras que la perforación normal se realizó mediante el uso de martillo de rotopercusión con brocas de diámetro 5 3/4”. La capacidad promedio de perforación de las maquinas fueron de 300.00 m de profundidad.

Perforación blast hole

La perforación de los taladros tipo Blast Hole se ha realizado por la empresa contratista Ingetrol.

La perforación Blast Hole se ejecuta en proyectos de voladura de superficie plana, los cuales contienen en promedio entre 150 – 400 puntos de perforación por cada proyecto, el diámetro del pozo de

perforación es de 4" y la profundidad promedio de perforación es de 5.50m de profundidad, donde 5.00 m corresponde a la altura de banco a ser minado y 0.50m corresponde a la sobre perforación necesaria para romper el piso del banco y generar una superficie plana necesaria durante el proceso de minado y carguío de mineral.

4.2.1.2.3. Precisión de la ubicación del collar de perforación

Los collares de perforación fueron levantados por los topógrafos de la UM Corihuarmi mediante el uso de equipos de Estación Total. La precisión del levantamiento se considera como $\pm 0.5m$.

La precisión de las mediciones de los levantamientos topográficos cumple con los estándares aceptables de la industria.

4.2.1.2.4. Orientación e inclinación de la perforación

Los taladros perforados en las zonas Cayhua y Cayhua Norte se realizaron con azimuts variables entre $N 10^\circ - N 320^\circ$ e inclinaciones que varían entre -30° y -90° para el caso de la perforación tipo DDH, mientras que para la perforación tipo RCD las inclinaciones varían entre -60° y -70° .

En general, los taladros de perforación tipo DDH y RCD fueron programados en 42 secciones de orientación $N 45^\circ$ espaciados cada 20m. Los taladros fueron direccionados perpendicularmente a intersectar la tendencia principal de mineralización, el cual coincide también con la orientación estructural principal (Noroeste).

4.2.1.2.5. Desviación de sondajes

No se han realizado estudios de desviación de pozos. Sin embargo, se espera que la desviación sea limitada ya que los taladros generalmente presentan profundidades inferiores a 200 m.

4.2.1.3. Registro geológico (logueo)

Las muestras recolectadas en el área de perforación fueron trasladadas continuamente hacia el “coreshack” del área de Exploraciones-Mina, donde se realizó el logueo de los testigos de perforación diamantina y el detritus de perforación aire reversa, para lo cual se utilizó el sistema de codificación, nomenclatura y código de colores previamente diseñado, además se elaboró una hoja de logueo característico para el tipo de depósito estudiado (Epitermal de Alta Sulfuración).

Para el caso de perforación Blast Hole, el logueo se realizó directamente en el campo, reconociendo las características geológicas de todos los conos de detritus generados en este proceso en las diferentes mallas de perforación. Los principales datos registrados fueron:

- **Litología:** fueron registrados los diferentes tipos de litología presente, su clasificación, origen, composición geoquímica, entre otros.
- **Alteración hidrotermal:** se registraron los distintos tipos y ensambles de alteración hidrotermal, su intensidad, sus características texturales, entre otros.
- **Mineralización:** se registró la información del tipo de mineralización presente en la roca, en resumen, se tomaron datos de las zonas de óxido,

mixtas y con presencia de sulfuros. Así también, se registraron la cantidad o proporción de minerales característicos en el depósito.

- **Datos Geomecánicos:** solo en los testigos DDH se registraron el porcentaje de recuperación, intensidad y familia de fracturas, RQD, entre otros.

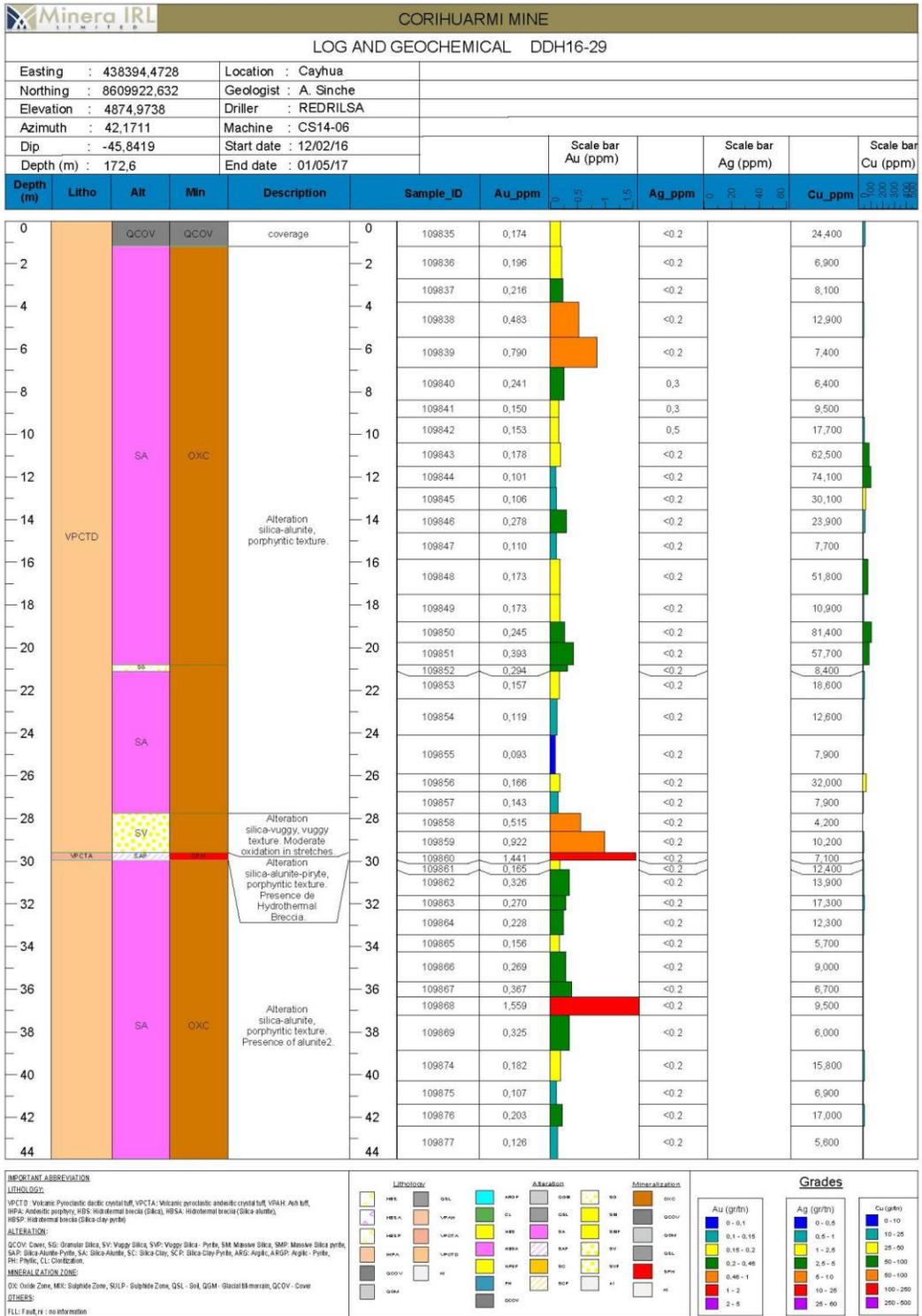


Figura 16: Ejemplar de Hoja de Logueo – Tajo Cayhua. Fuente gráfica: UM

Corihuarmi – Geología.

4.2.1.4. Métodos de muestreo

Simultáneamente con el desarrollo de la perforación se ejecutaron trabajos de muestreo de cores de perforación diamantina y detritus de perforación RCD, los cuales se enviaron a analizar al Laboratorio Interno Mina como también al Laboratorio Externo Certimin para su certificación.

Así también, se realizó el muestreo de los taladros de producción (Blast Hole), los cuales fueron analizados en el laboratorio interno de la mina Corihuarmi.

4.2.1.4.1. Muestreo de cores de perforación diamantina

Durante el muestreo de testigos o cores de perforación tipo DDH, estos se recolectaron de forma selectiva dependiendo de las características geológicas de litología, alteración y mineralización; para lo cual se determinó una longitud de muestreo máxima de 2.50 m y mínima de 0.30 m.

Los cores obtenidos fueron marcados por la mitad y posteriormente cortados en 02 partes mediante el uso de un petrótomo; en la recolección de muestras se tomó la parte del lado derecho del testigo con el uso de una espátula para recoger todo el material rocoso incluido los finos para ser llenado en bolsas de muestreo, la otra mitad del core queda como contramuestra en las cajas portatestigos; el peso promedio de las muestras varía entre 1.00 – 5.00 Kg dependiendo de la longitud del muestreo y del tipo de mineralización (óxidos o sulfuros).

Los batchs de envío mantuvieron un promedio entre 30 – 60 muestras, los cuales fueron enumerados, codificados, etiquetados y encostalados para realizar su envío a los laboratorios químicos.

4.2.1.4.2. Muestreo de detritus de perforación aire reverso

Para el muestreo de detritus de perforación se determinó una longitud de recolección promedio que variaba entre 1.00m – 2.00m.

La recolección de muestras se realizó en el área de perforación con el uso del recolector de la máquina de perforación, el cual deposita el material (40 – 80 Kg) en un ciclón que tiene un sistema de cuarteo, el cual rotaba constante, la mitad de la muestra se desechó, mientras que la otra mitad se recolectó en baldes previamente limpiados, esta muestra pasó a una siguiente etapa de cuarteo para ser reducida en 02 muestras de aproximadamente 5 Kg cada una, las cuales fueron llenadas en bolsas de muestreo, una de las muestras fue enviada para su análisis químico mientras que la otra fue almacenada en el coreshack de la mina como contramuestra.

Finalmente, las muestras fueron enviadas a los laboratorios en batchs de 30 – 60 muestras en promedio, los cuales fueron enumerados, codificados, etiquetados y encostalados.

4.2.1.4.3. Muestreo de detritus de perforación blast hole

La longitud promedio de perforación de los taladros de producción (Blast Hole) es de 5.50m de profundidad, donde 5.00 m corresponde a la altura de banco a ser minado y 0.50m corresponde a

la sobre perforación. La recolección de una muestra consiste de los primeros 5:00 m de perforación de cada taladro.

La recolección de la muestra se realiza en el área de perforación; inicialmente se limpia la superficie del punto de perforación para colocar una bandeja, en la cual conforme se va perforando, un personal muestrero va acumulando el material rocoso dentro de la bandeja con la ayuda de un recolector de muestras, seguidamente este material se llena en baldes para luego ser trasladado a un área dispuesto para realizar el cuarteo de la muestra y ser reducido a una cantidad aproximada de 5 Kg.

Finalmente, las muestras son embolsadas, enumeradas, codificadas y etiquetadas para ser llevadas al Laboratorio Interno de la mina Corihuarmi para su análisis químico; los batchs se envían al final de cada guardia (día y noche) con un promedio entre 30 – 50 muestras.

4.2.1.4.4. Muestreo de afloramientos

Para el proyecto Cayhua – Cayhua Norte se realizaron los trabajos de muestreo de afloramientos en paralelo a los trabajos de mapeo geológico, se realizaron 2 tipos de muestreo: muestreo tipo Rock Chip y muestreo en canales.

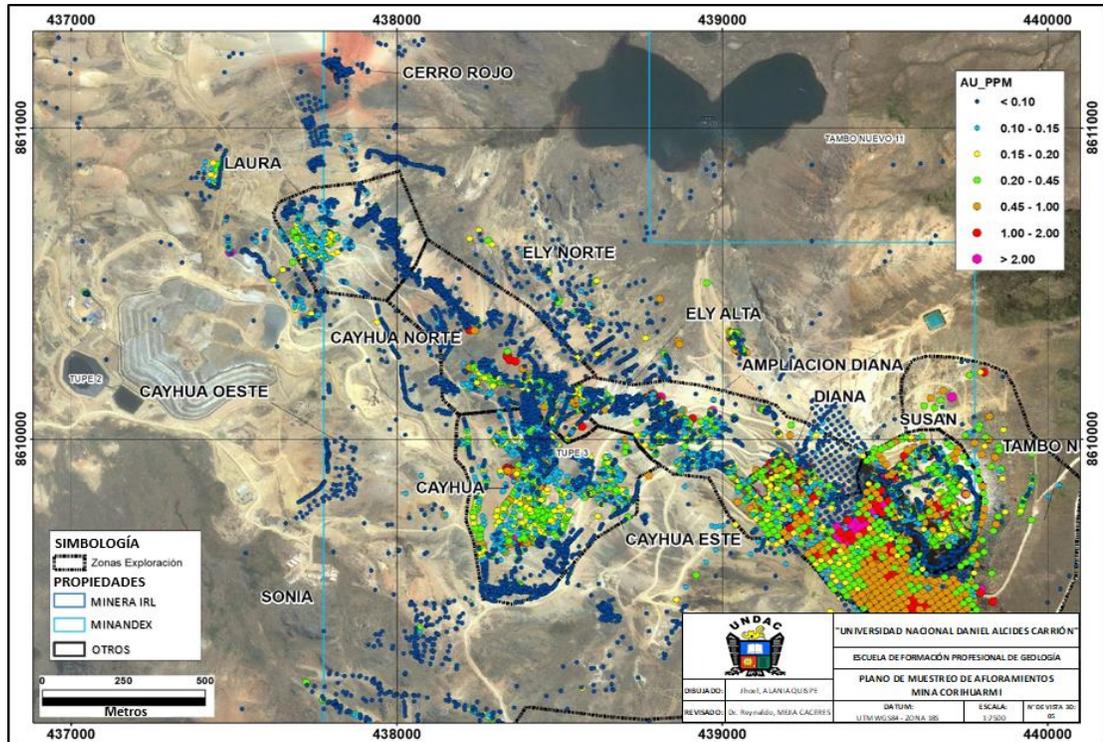


Figura 17: Plano de muestreo de afloramientos.

Muestreo tipo rock chip

Las muestras tomadas por este método en las zonas de Cayhua, Cayhua Norte y alrededores se realizaron inicialmente como muestras exploratorias de reconocimiento regional y posteriormente con el fin de generar más detalle local, dimensionar el área mineralizada en superficie y ver el potencial de mineralización de oro del proyecto.

Para la ejecución de este método se marcaron paneles en los afloramientos rocosos de modo que las muestras fueron separadas en base al tipo, ensamble e intensidad de alteración y a la geología estructural del área de muestreo; se realizaron mallas variables entre 7.5 x 7.5 m. y 2.5 x 2.5 m., los cuales dependían de la importancia geológica del tipo de alteración y mineralización.

Muestreo en canales

Las muestras tomadas por el método de canales en el área de estudio fueron realizadas con el fin de dimensionar el ancho del área mineralizada en la zona Cayhua y Cayhua Norte para definir su potencial en superficie.

Para la ejecución del muestreo, los canales fueron orientados en direcciones variables entre N 40° y N 100°, perpendicularmente a la dirección de las fallas principales y a la dirección de mineralización de oro en el depósito, fueron desarrollados a lo largo de una longitud variable entre 20 – 180m de largo con un espaciamiento de muestreo promedio de 2.00m.

4.2.1.4.5. Ubicación de muestras y descripción geológica

La ubicación de las muestras consta de datos de ubicación este, norte y cota, los cuales durante los primeros años de exploración (1990 – 2007) fueron levantadas con el uso del GPS, mientras que a partir del año 2008 se levantaron con el uso del equipo de estación total a cargo del área de Topografía de la mina ya en operación.

Cada una de las muestras presenta una descripción geológica (litología, alteración y mineralización) para su revisión de ser necesario.

Tabla 13: Formato de registro de datos de muestreo de afloramientos.

REGISTRO DE DATOS DE MUESTREO DE AFLORAMIENTOS			
MUESTRA_ID	961619	AU_PPM	0.524
PROYECTO_ID	Corihuarmi	AG_PPM	0.400
ZONA	Cayhua Norte	CU_PPM	5.700
DEPARTAMENTO	Lima	MO_PPM	<1
PAIS	Perú	PB_PPM	11.000
COMPAÑÍA	Minera IRL	ZN_PPM	5.200
AÑO	2017	AS_PPM	<3
MES	Agosto	BA_PPM	16.000
FECHA	13/08/2017	BI_PPM	<5
GEOLOGO	J. Alania	HG_PPM	<1
MUESTRERO	E. Sierra	SB_PPM	<5
E_WGS84	438270.95	TE_PPM	
N_WGS84	8610224.43	AL_PCT	0.200
ELEVACION	4906.30	B_PPM	
METODO DE MUESTREO	Chip	BE_PPM	<0.5
TIPO DE MUESTREO	Slope	CA_PCT	<0.01
UNIDAD LITOOGICA		CD_PPM	<1
TIPO DE ROCA	VPCTD	CO_PPM	1.000
ALTERACIÓN	SA	CR_PPM	166.000
INTENSIDAD DE ALTERACION	Fuerte	FE_PCT	0.260
TEXTURA	OQ	GA_PPM	<10
MINERALIZACION	OXC	K_PCT	0.070
DESCRIPCION	Toba de cristales, SA, Text. Oq. Fuerte silicificaión.	LA_PPM	0.600
		LI_PPM	
		MG_PCT	<0.01
		MN_PPM	16.000
		NA_PCT	0.010
		NB_PPM	<1
		NI_PPM	7.000
		P_PCT	<0.01
		S_PCT	1.030
		SC_PPM	<0.5
		SE_PPM	
		SN_PPM	<10
		SR_PPM	16.600
		TA_PCT	
		TI_PCT	<0.01
		TL_PPM	<2
		V_PPM	<2
		W_PPM	<10
		Y_PPM	<0.5
		ZR_PPM	0.700

4.2.1.5. Estimación de densidad

4.2.1.5.1. Análisis de densidad de la zona Cayhua

Para el análisis de densidad de la zona Cayhua se realizó la toma de 46 muestras en los testigos de perforación de 25 taladros tipo DDH, los cuales fueron perforados dentro de la zona Cayhua en los años 2008, 2009, 2011 y 2012; las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio ACTLABS para el análisis de densidad por el “método de la parafina”. Este trabajo se realizó con el propósito de obtener una densidad promedio de la zona de óxidos en Cayhua.

La longitud acumulada de los taladros seleccionados en la zona de óxidos es de 1,796.3 m. que representa el 64.91 % del total de metros acumulados de los taladros seleccionados.

Tabla 14: Longitud (m) en óxidos y sulfuros de taladros seleccionados para el análisis de densidad de la zona Cayhua

Zona de Mineralización	Longitud (m)	Porcentaje
Zona de óxidos	1,796.30	64.91%
Zona de sulfuros	971.05	35.09%
Total metros perforados	2,767.35	100.00%

Para obtener las muestras se realizó un filtro de la base de datos de logeo de taladros de perforación diamantina tomando énfasis en los ensambles de alteración y la textura de la roca, ya que estos son determinantes para el resultado de los análisis de densidad; se identificaron 07 ensambles de alteración y 07 tipos de textura predominantes.

Tabla 15: Ensambles de alteración y texturas seleccionadas para el análisis de densidad de la zona Cayhua

N°	Ensamble de alteración	Cod.
1	Sílice - Alunita	SA
2	Sílice - Alunita - Clay	SAC
3	Sílice - Clay	SC
4	Sílice - Clay - Pirita	SCP
5	Sílice granular	SG
6	Sílice masiva	SM
7	Sílice vuggy	SV

N°	TEXTURA	Cod.
1	Afanítica	AFAN
2	Brechada	BXDA
3	Obliterada	OBLT
4	Vuggy	VUG
5	Porfirítico	PORF
6	Piroclástico	PRCLX
7	Patchy	PTCH

La cantidad de muestras y los tramos de muestreo se dieron de acuerdo al porcentaje que representan los ensambles de alteración y las texturas en todo el depósito, una vez seleccionados los tramos, se

recurrió al almacén de cajas porta testigos DDH para realizar el muestreo, en el cual se tomó una muestra de testigo de aproximadamente 10 – 15 cm de largo correspondiente a un cuarto del testigo original.

La distribución de porcentajes de los ensambles de alteración muestra al ensamble sílice – alunita (SA) con 47.7%, seguido de la sílice – alunita – clay (SAC) con 28.08%, el resto de ensambles muestran porcentaje menores y suman el resto con un 24.4%.

Tabla 16: Resultado del análisis de densidad de la zona Cayhua por ensambles de alteración y tipo de textura.

N°	Alteración	Tramo de Alteración (m)	Porcentaje %	Hole ID	Código de muestra	De	A	Tramo	Densidad	Prom. Densidad	Textura	Cantidad de muestras
1	SA	4.50	0.25%	DDH11-10	913628	9.16	9.30	0.14	1.70	1.70	AFAN	1
2		55.30	3.08%	DDH08-18	913629	18.15	18.25	0.10	1.71	1.97	BXDA	2
3				DDH08-18A	913630	24.90	25.07	0.17	2.23	2.23		
4		201.90	11.24%	DDH11-09	913631	22.35	22.45	0.10	1.93	1.94	OBLT/VUG	4
5				DDH11-11	913632	41.00	41.15	0.15	1.87			
6				DDH11-03	913633	39.75	39.85	0.10	2.05			
7				DDH12-387	913634	15.00	15.15	0.15	1.91			
8		493.25	27.46%	DDH08-16	913635	58.86	58.98	0.12	2.34	2.14	PORF	8
9				DDH11-01	913636	20.50	20.63	0.13	2.35	2.35		
10				DDH09-38	913637	37.50	37.65	0.15	2.47	2.47		
11				DDH11-12	913638	41.55	41.70	0.15	1.82	1.82		
12				DDH12-383	913639	10.35	10.47	0.12	2.04	2.04		
13				DDH12-375	913640	59.40	59.54	0.14	2.16	2.16		
14				DDH12-379	913641	58.45	58.53	0.08	1.67	1.67		
15				DDH12-384	913642	46.50	46.60	0.10	2.23	2.23		
16		45.50	2.53%	DDH11-04	913643	41.55	41.67	0.12	1.69	1.69	PRCLX	1
17		52.25	2.91%	DDH11-05	913644	7.48	7.63	0.15	2.61	2.50	PTCH	2
18				DDH12-376	913645	13.80	13.95	0.15	2.38	2.38		
	TOTAL	852.70	47.47%	Promedio / Total						2.07		18
1	SAC	12.10	0.67%	DDH09-36	913646	19.80	19.92	0.12	1.92	1.92	AFAN	1
2		13.30	0.74%	DDH08-18	913647	38.75	38.87	0.12	2.23	2.23	BXDA	1
3		8.90	0.50%	DDH09-36	913648	44.00	44.18	0.18	2.31	2.31	OBLT/VUG	2
4				DDH12-379	913649	4.70	4.80	0.10	2.35	2.35		
5		445.90	24.82%	DDH08-17	913650	83.00	83.14	0.14	2.09	2.06	PORF	6
6				DDH11-08	913651	88.30	88.44	0.14	2.10			
7				DDH11-09	913652	49.45	49.60	0.15	1.80			
8				DDH12-376	913653	36.55	36.73	0.18	2.33			
9				DDH12-379	913654	22.00	22.14	0.14	1.85			
10				DDH12-385	913655	6.60	6.75	0.15	2.17			
11		5.15	0.29%	DDH11-04	913656	61.55	61.70	0.15	2.41	2.41	PRCLX	1
12		18.60	1.04%	DDH12-376	913657	61.35	61.45	0.10	2.13	1.85	PTCH	2
13				DDH12-386	913658	2.26	2.36	0.10	1.56			
	TOTAL	503.95	28.05%	Promedio / Total						2.06		13
1	SC	15.80	0.88%	DDH09-36	913659	49.10	49.25	0.15	2.05	2.05	AFAN	1
2		5.60	0.31%	DDH08-17	913660	26.70	26.84	0.14	2.34	2.34	BXDA	1
3		29.75	1.66%	DDH11-11	913661	62.60	62.75	0.15	2.10	2.10	OBLT	1
4		47.35	2.64%	DDH11-04	913662	7.60	7.75	0.15	1.87	1.87	PORF	1
5		7.25	0.40%	DDH12-376	913663	19.75	19.85	0.10	2.17	2.17	PTCH	1
	TOTAL	105.75	5.89%	Promedio / Total						2.01		5
1	SCP	2.40	0.13%	DDH08-18A	913664	15.00	15.14	0.14	2.47	2.47	BXDA	1
2		31.85	1.77%	DDH11-06	913665	17.45	17.58	0.13	2.18	2.18	PORF	1
	TOTAL	34.25	1.91%	Promedio / Total						2.20		2
1	SG	18.45	1.03%	DDH08-17	913666	33.95	34.10	0.15	1.72	1.72	OBLT	2
2				DDH11-06	913667	8.05	8.17	0.12	2.22	2.22		
3		156.40	8.71%	DDH11-11	913668	1.60	1.72	0.12	1.83	1.83	VUG	2
4				DDH11-10	913669	42.85	42.98	0.13	1.87	1.87		
	TOTAL	174.85	9.73%	Promedio / Total						1.82		4
1	SM	7.65	0.43%	DDH12-375	913670	38.95	39.10	0.15	2.30	2.30	AFAN	1
2		3.55	0.20%	DDH11-01	913671	24.50	24.67	0.17	2.30	2.30	BXDA	1
	TOTAL	11.20	0.62%	Promedio / Total						2.30		2
1	SV	113.60	6.32%	DDH11-20	913672	18.28	18.40	0.12	1.93	1.96	VUG	1
2				DDH12-387	913673	27.35	27.50	0.15	1.99			1
	TOTAL	113.60	6.32%	Promedio / Total						1.96		2
	TOTAL	1,796.30	100.00%	PROMEDIO FINAL						2.04	Total	46

Resultado final de análisis de densidad de la zona Cayhua

En base al análisis de densidad de muestras de testigos de perforación, considerando los ensambles de alteración, texturas de la roca y sus porcentajes de estos dentro del depósito, además de los resultados de densidad de las muestras enviadas al laboratorio ACTLABS,

Como resultado final se obtuvo un promedio de densidad ponderado para el material oxidado de la zona Cayhua igual a 2.04 gr/cm³, el cual se usó para realizar la estimación de recursos de esta zona.

Tabla 17: Resultado final del promedio de densidad ponderado para el material oxidado de la zona Cayhua.

Ensamble de alteración	Tramo de Alteración (m)	Porcentaje	Promedio de densidad	Cantidad de muestras
Sílice - Alunita (SA)	852.70	47.47%	2.07	18
Sílice - Alunita - Clay (SAC)	503.95	28.05%	2.06	13
Sílice - Clay (SC)	105.75	5.89%	2.01	5
Sílice - Clay - Pirita (SCP)	34.25	1.91%	2.20	2
Sílice granular (SG)	174.85	9.73%	1.82	4
Sílice masiva (SM)	11.20	0.62%	2.30	2
Sílice vuggy (SV)	113.60	6.32%	1.96	2
Total	1,796.30	100.00%	2.04	46

4.2.1.5.2. Análisis de densidad de la zona Cayhua Norte

Para realizar el análisis de densidad de la zona Cayhua Norte se recolectó 36 muestras de testigos (10-15cm) de perforación a partir de 22 taladros de perforación diamantina perforados en esta zona durante los años 2011 y 2014 (1,388.30m.), también se recolectó 13 muestras de campo extraídas de las zonas de operación, en total se

acumuló un total de 49 muestras. Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio ActLabs para el análisis de densidad por el “método de la Parafina”, esto con el propósito de obtener una densidad promedio para las zonas de óxidos y sulfuros del tajo Cayhua Norte.

La longitud acumulada de los testigos seleccionados para la zona de óxidos es de 1,198.40 m. (86.72%), mientras que para la zona de sulfuros es de 183.50 m. (13.28%).

Tabla 18: Longitud (m) en óxidos y sulfuros de taladros seleccionados para el análisis de densidad de la zona Cayhua Norte.

TIPO DE MINERALIZACIÓN	Longitud (m)	Porcentaje
Zona de Óxidos	1,198.40	86.72%
Zona de Sulfuros	183.50	13.28%
TOTAL	1,381.90	100.00%

Para la clasificación de muestras se usó la base de datos de logeo de perforación diamantina, el cual se filtró tomando énfasis en los ensambles de alteración y texturas presentes; producto de ello se han identificado 06 ensambles de alteración y 05 texturas predominantes.

Tabla 19: Ensamblés de alteración y texturas seleccionadas para el análisis de densidad de la zona Cayhua Norte.

N°	Ensamble de alteración	Cod.
1	Sílice masiva	SM
2	Sílice oquerosa	SV
3	Sílice - alunita	SA
4	Sílice - clay	SC
5	Sílice - alunita - pirita	SAP
6	Sílice - clay - pirita	SCP

N°	TEXTURA	Cod.
1	Oquerosa	VUG
2	Porfirítico	PORPH
3	Afanítico	APH
4	Patchy	PTCH
5	Brechado	BX

En la distribución de porcentajes de los ensambles de alteración en la zona de óxidos se tiene al ensamble sílice – alunita

(SA) con 51.16%, seguido de la sílice vuggy (SV) con 12.27% y sílice masiva (SM) con 7.38%, mientras que en la zona de sulfuros se tiene al ensamble sílice – clay – pirita (SCP) con 8.95% y al ensamble sílice – alunita – pirita (SAP) con 4.33%.

Tabla 20: Resultado del análisis de densidad de la zona Cayhua Norte por ensambles de alteración y tipo de textura.

N°	Tipo de Mineralización	Alteración	Textura	Tramo de Alteración (m)	Porcentaje %	Hole ID	De	A	Tramo	Código de muestra	Cantidad de muestras	Densidad (g/cm3)	Densidad promedio ponderado (g/cm3)
1	OXC	SM	APH/VUG	101.45	7.34%	DDH14-37	18.60	18.73	0.13	947543	2	2.50	2.53
2			APH			DDH14-05	31.20	31.33	0.13	947603		2.57	
3			BX	0.50	0.04%	DDH14-39	5.60	5.75	0.15	947547		2.26	
4						DDH14-42	7.80	7.90	0.10	947549		2.29	
SUBTOTAL				101.95	7.38%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				4	2.53		
5	OXC	SV	VUG	169.55	12.27%	DDH14-02	6.40	6.50	0.10	947533	10	2.38	2.29
6						DDH14-03	9.55	9.68	0.13	947535		2.35	
7						DDH14-36	16.95	17.08	0.13	947541		2.41	
8						DDH14-43	24.61	24.75	0.14	947601		2.26	
9						DDH14-05	57.28	57.40	0.12	947604		2.28	
10						DDH14-07	49.49	49.60	0.11	947607		2.17	
11						DDH11-16	3.60	3.70	0.10	947609		2.37	
12						Afloramiento				947801		2.28	
13						Afloramiento				947810		2.32	
14						Afloramiento				947811		2.07	
SUBTOTAL				169.55	12.27%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				10	2.29		
15	OXC	SA	BX	15.35	1.11%	DDH14-35	71.50	71.64	0.14	947540	1	2.39	2.39
16						DDH14-02	38.85	38.96	0.11	947534		2.26	
17			PORPH	643.25	46.55%	DDH14-04	14.12	14.25	0.13	947538	18	2.14	
18						DDH14-36	45.20	45.33	0.13	947542		2.38	
19						DDH14-39	25.70	25.82	0.12	947548		2.13	
20						DDH14-43	33.65	33.80	0.15	947602		2.23	
21						DDH14-06	24.19	24.30	0.11	947605		2.57	
22						DDH11-24	12.95	13.08	0.13	947615		2.36	
23						Afloramiento				947802		2.36	
24						Afloramiento				947806		2.45	
25						Afloramiento				947807		2.46	
26						Afloramiento				947812		2.33	
27			Afloramiento				947813	2.48					
28			DDH11-22	6.30	6.41	0.11	947611	2.53					
29			DDH11-22	64.80	64.91	0.11	947612	2.30					
30			DDH14-35	25.70	25.84	0.14	947539	2.31					
31			DDH11-23	7.07	7.20	0.13	947613	2.40					
32			Afloramiento				947808	2.32					
33			DDH14-44	1.56	1.70	0.14	947616	2.57					
34			DDH14-44	38.90	39.02	0.12	947618	2.44					
35	DDH14-04	5.70	5.80	0.10	947537	2.42							
36	Afloramiento				947803	2.15							
37	Afloramiento				947804	2.37							
38	Afloramiento				947805	2.39							
39	Afloramiento				947809	2.24							
40	DDH14-38	23.50	23.62	0.12	947545	2.48							
SUBTOTAL				706.95	51.16%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				26	2.36		
41	OXC	SC	PORPH	219.95	15.92%	DDH14-38	47.36	47.50	0.14	947546	2	2.04	1.99
42						DDH14-07	42.40	42.53	0.13	947606		1.94	
SUBTOTAL				219.95	15.92%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				2	1.99		
TOTAL ÓXIDOS				1,198.40	86.72%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO EN ÓXIDOS				42	2.30		
43	SPH	SCP	PORPH	123.70	8.95%	DDH14-03	63.30	63.44	0.14	947536	5	2.29	2.39
44						DDH14-37	38.28	38.40	0.12	947544		2.37	
45			PTCH			DDH11-16	49.75	49.86	0.11	947610		2.56	
46			PORPH			DDH11-23	57.90	58.02	0.12	947614		2.35	
47	DDH14-44	8.20		8.32	0.12	947617	2.36						
SUBTOTAL				123.70	8.95%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				5	2.39		
48	SPH	SAP	PORPH	59.80	4.33%	DDH14-42	27.68	27.80	0.12	947550	2	2.67	2.68
49						DDH11-07	9.60	9.71	0.11	947608		2.68	
SUBTOTAL				59.80	4.33%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				2	2.68		
TOTAL SULFUROS				183.50	13.28%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO EN SULFUROS				7	2.48		

Resultado final de análisis de densidad de la zona Cayhua Norte

En base al análisis de densidad de muestras de testigos de perforación y muestras de campo, considerando los ensambles de alteración, texturas de la roca y sus porcentajes de estos dentro del depósito, además de los resultados de densidad de las muestras enviadas al laboratorio ACTLABS, se obtuvo como resultado final una densidad promedio de 2.30 gr/cm³ para la zona de óxidos y de 2.48 gr/cm³ para la zona de sulfuros.

Tabla 21: Resultado final del promedio de densidad ponderado para las zonas de óxidos y sulfuros de la zona Cayhua Norte.

DENSIDAD PROMEDIO POR ENSAMBLE DE ALTERACIÓN Y TEXTURA EN ÓXIDOS				
Ensamble de Alteración	Tramo de Alteración Perforado (m)	Porcentaje	Prom. Densidad (gr/cm ³)	Cant. Muestras
Sílice masiva (SM)	101.95	7.38%	2.53	4
Sílice vuggy (SV)	169.55	12.27%	2.29	10
Sílice - Alunita (SA)	706.95	51.16%	2.36	26
Sílice - Clay (SC)	219.95	15.92%	1.99	2
Total	1,198.40	86.72%	2.30	42

DENSIDAD PROMEDIO POR ENSAMBLE DE ALTERACIÓN Y TEXTURA EN SULFUROS				
Ensamble de Alteración	Tramo de Alteración Perforado (m)	Porcentaje	Prom. Densidad (gr/cm ³)	Cant. Muestras
Sílice - Alunita - Pirita (SAP)	123.70	8.95%	2.39	5
Sílice - Clay - Pirita (SCP)	59.80	4.33%	2.68	2
Total	183.50	13.28%	2.48	7

4.2.1.6. Preparación, análisis y seguridad de las muestras

4.2.1.6.1. Seguridad de las muestras

El material de referencia correspondiente a las contra muestras, cajas de testigos de perforación diamantina y chiptrays de perforación de aire reverso son conservados y almacenados en el “coreshack” de la mina Corihuarmi, a excepción de los taladros ejecutados con

anterioridad al año 2008, los cuales se encuentran almacenados en la ciudad de Lima.

Las cajas portatestigos de DDH conservan la mitad de los testigos de perforación y se tienen fotografías de todos los taladros perforados, se conservan también los duplicados de las pulpas las cuales se almacenan en Lima en la base de almacenamiento de la empresa y en el “coreshak” de la unidad minera Corihuarmi.

4.2.1.6.2. Preparación y análisis de las muestras

Laboratorio externo Certimin

El laboratorio Certimin es un laboratorio externo certificado, el cual fue responsable de la preparación y análisis químico de todas las muestras recolectadas para la ejecución del proyecto Cayhua – Cayhua Norte. A continuación, se describe el procedimiento de trabajo de este laboratorio.

Las muestras se pesaron digitalmente, se secaron hasta un máximo de 120°C (para muestras húmedas), se trituraron a 70% <2 mm (malla 10), se homogenizaron y cuartearon a 250 g y se pulverizaron a 85% <75 µm (malla 200). Finalmente se utilizó 50 g de las pulpas para el análisis químico.

El análisis químico consistió en el ensayo de fuego o “Fire Assay” (FA) con espectrometría de absorción atómica (AAS), para lo cual se utilizó submuestras de pulpas de 50 g. Las muestras que superaron los 5 g/t Au se analizaron utilizando métodos gravimétricos.

Laboratorio interno de la mina Corihuarmi

El laboratorio de la mina Corihuarmi fue construido y oficializado en el año 2007 e inicio el análisis químico de todas las muestras correspondientes a los taladros de Blast Hole para fines de “ore control” en el proceso de producción de la mina.

Smee, en febrero del 2009 realizó una auditoría del laboratorio de la mina Corihuarmi e hizo una serie de recomendaciones para mejorar los procedimientos en los diferentes procesos, a saber:

- Reemplazar la vieja trituradora de mandíbulas.
- Reemplazar los pulverizadores por unidades LM-2
- Aumentar el aire comprimido para las unidades de limpieza.
- Insertar duplicados en el proceso de preparación (1 en 30).
- Utilizar pesos certificados para la microbalanza.
- Mejorar la ventilación y la extracción en general
- Guardar los rechazos pulverizados.
- Utilizar estándares certificados

MIRL implementó estos cambios, los cuales fueron verificados en la visita de la consultora Coffey Mining en mayo de 2009.

El laboratorio de la mina tiene una metodología similar al laboratorio Certimin incluyendo:

- 500 g de muestra pulverizadas a 90% pasando la malla # 200.
- 50 g de muestra digerida por agua regia y luego analizar 50g por Fire Assay con una espectrometría de absorción atómica final.

Cabe resaltar, que a partir de la validación de Coffey Mining se viene analizando muestras correspondientes a los diferentes trabajos de perforación exploratoria, los cuales dan una idea preliminar de la mineralización de oro presente en las muestras.

4.2.1.7. Aseguramiento y control de calidad (QA/QC)

4.2.1.7.1. Introducción a los programas de QA/QC

En todas las campañas de perforación ejecutadas en los diferentes años en el proyecto Cayhua – Cayhua Norte se llevó a cabo programas de aseguramiento y control de calidad (QA/QC), sin embargo, es partir del año 2012 que se toma mucho más énfasis para la zona de estudio, ya que se concentra gran cantidad de taladros de perforación para el proyecto.

Para el aseguramiento y control de calidad - QA/QC se siguieron protocolos y procedimientos de trabajo en los diferentes frentes, desde la obtención de los cores y detritus en las perforaciones tipo DDH y RCD, hasta realizar el muestreo y el envío de estas muestras al laboratorio Certimin. Cabe resaltar que el control en el proceso fue continuo y se determinó en base a los resultados del laboratorio Certimin y al análisis estadístico QA/QC de estos, en el que se evaluó parámetros de exactitud, precisión y contaminación.

Las muestras correspondientes a los años 2012, 2014, 2016 y 2017 se enviaron analizar por Au y multielementos al laboratorio Certimin (laboratorio certificado), los cuales se prepararon en batches

de 40 muestras en promedio con la respectiva inserción de muestras de control QA/QC (duplicados, estándares y blancos).

En la campaña de exploración del año 2012 se prepararon y enviaron a analizar 41 batches, en la campaña del 2014 se analizaron 66 batches y finalmente en la campaña 2016 - 2017 se analizaron 162 batches; en resumen, durante todas las campañas de exploración se enviaron un total de 269 batches.

Tabla 22: Distribución de muestras de perforación y muestras de control QA/QC enviados al laboratorio Certimin durante las campañas de exploración 2012, 2014 y 2016-2017.

CAMPAÑA 2012		CAMPAÑA 2014		CAMPAÑA 2016 - 2017		CAMPAÑAS 2012, 2014 Y 2016 - 2017	
MUESTRAS	CANTIDAD	MUESTRAS	CANTIDAD	MUESTRAS	CANTIDAD	MUESTRAS	CANTIDAD
Cores	1,550	Cores	2,323	Cores y detritus	5,267	Cores y detritus	9,140
CONTROLES	CANTIDAD	CONTROLES	CANTIDAD	CONTROLES	CANTIDAD	CONTROLES	CANTIDAD
Duplicados	82	Duplicados	135	Duplicados	162	Duplicados	379
Estándares	41	Estándares	66	Estándares	162	Estándares	269
Blancos	41	Blancos	66	Blancos	162	Blancos	269
Subtotal	164	Subtotal	267	Subtotal	486	Subtotal	917
TOTAL	1,714.00	TOTAL	2,590.00	TOTAL	5,753.00	TOTAL	10,057.00

La cantidad de muestras de control insertadas en los batches representan el 10% del total de muestras enviadas a analizar.

El aseguramiento y control de calidad QA/QC tiene el propósito de asegurar la validez de los resultados de análisis químico del Laboratorio Externo Certimin, los cuales fueron incluidos en la base de datos de perforación general que se utilizó para realizar los diferentes estudios de estimación de recursos y reservas minerales de la mina Corihuarmi (incluido el presente estudio).

4.2.1.7.2. Tipos de análisis e inserción de muestras de control de calidad

Para realizar el control de calidad en los trabajos de muestreo de perforación diamantina y aire reverso, se utilizaron tres tipos de controles:

- **Duplicados** de muestras de perforación para verificar el error de muestreo geológico mediante el monitoreo de la precisión en el resultado del análisis.
- **Estándares** de ley baja y media preparados por el Laboratorio Actlabs mediante un Round Robin que involucró a 5 laboratorios externos certificados, donde la matriz correspondió a material seleccionado por leyes en la mina Corihuarmi; esto para medir el grado de exactitud del análisis hecho por el laboratorio.
- **Blancos** finos preparados por el Laboratorio Actlabs para monitorear el grado de contaminación en el proceso de análisis químico.

Precisión:

Precisión es la habilidad de repetir consistentemente los resultados de una medición en condiciones similares.

Para realizar el control de calidad del muestreo y el análisis químico de los programas de perforación se estableció controlar la precisión mediante la inserción de duplicados de muestras de perforación cada 20 muestras aproximadamente.

La evaluación de la precisión se representa con el “error relativo” (magnitud cuantitativa):

$ER = \frac{2 * (Vo - Vd)}{(Vo + Vd)}$
<i>Donde:</i> <i>Vo: Valor original de la muestra</i> <i>BV: Valor del duplicado</i>

El gráfico principal que se utilizó fue el cuadro de dispersión X- Y.

Exactitud:

Exactitud es la proximidad de una medición a un valor “real” o aceptado como “apropiado”.

Para realizar el control de calidad del muestreo y el análisis químico de los programas de perforación se estableció controlar la exactitud mediante la inserción de estándares certificados de ley baja y ley media preparados por el Laboratorio Certificado Actlabs; la matriz de preparación corresponde a material seleccionado por rangos de leyes en la mina Corihuarmi. Se realizó la inserción de 01 estándar por cada batch de envío.

La evaluación de la exactitud se representa con el “sesgo (Bias)” (magnitud cuantitativa):

$Sesgo (\%) = (AV / BV) - 1$
<i>Donde:</i> <i>AV: Representa el promedio de los valores obtenido de Lab. Mina</i> <i>BV: Valor aceptado del Estándar</i>

El gráfico principal que se utilizó fue el cuadro de serie de tiempo para cada tipo de estándar.

Contaminación:

Contaminación es la introducción de sustancias ajenas a la propia muestra durante la etapa de muestreo o en el proceso de análisis químico.

Para realizar el control de calidad del muestreo y el análisis químico de los programas de perforación se estableció controlar la contaminación mediante la inserción de blancos finos preparados por el laboratorio certificado Actlabs. Se realizó la inserción de 01 blanco por cada batch.

El gráfico principal que se utilizó es el cuadro de series de tiempo para blancos.

4.2.1.7.3. Control de precisión

Para el control de precisión se enviaron al Laboratorio Certimin un total de 379 duplicados de muestras de perforación; cabe resaltar que se envió 1 duplicado por cada batch de 40 muestras en promedio.

Los resultados en el año 2012 arrojaron un Error Relativo Promedio de 7.14% y un coeficiente de determinación de 99.0% y en el año 2014 un Error Relativo Promedio de 4.28% y un coeficiente de determinación de 99.7%.

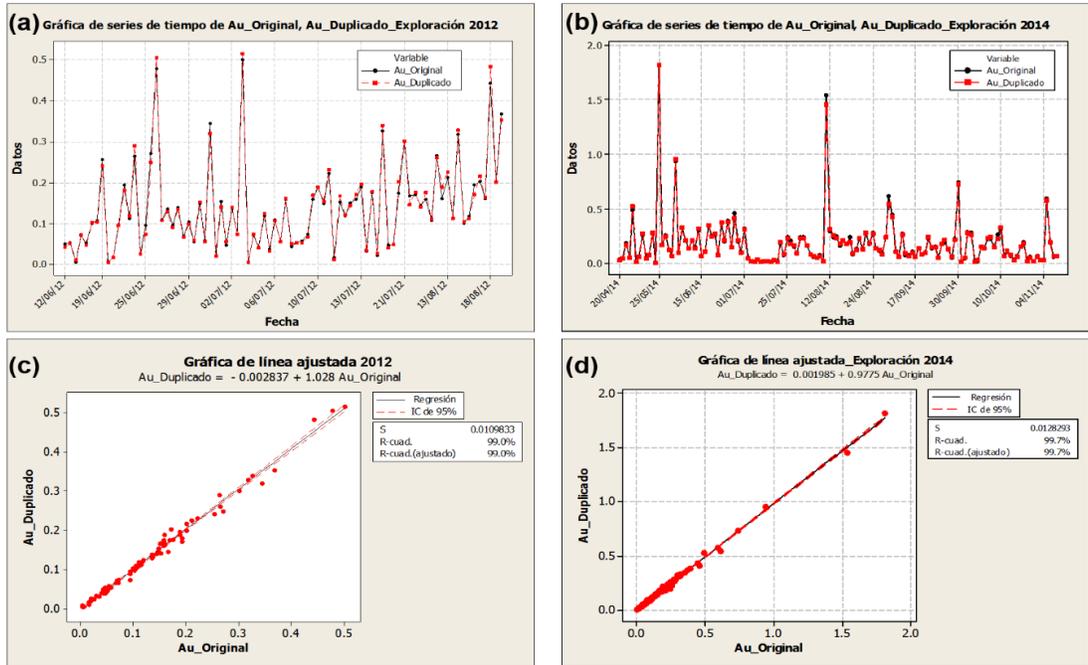


Figura 18: Resumen de control de precisión de muestras duplicadas – Laboratorio Certimin 2012 – 2014. (a-b) Gráficos de series de tiempo de duplicados del 2012 y 2014, (c-d) Gráficos de dispersión de duplicados del 2012 y 2014.

Los resultados en los años 2016 y 2017 arrojaron un Error Relativo Promedio de 10.4% y un coeficiente de determinación de 99.1% para la perforación tipo DDH, mientras que para la perforación tipo RCD se obtuvo un Error Relativo Promedio de 11.5% y un coeficiente de determinación de 96.7%.

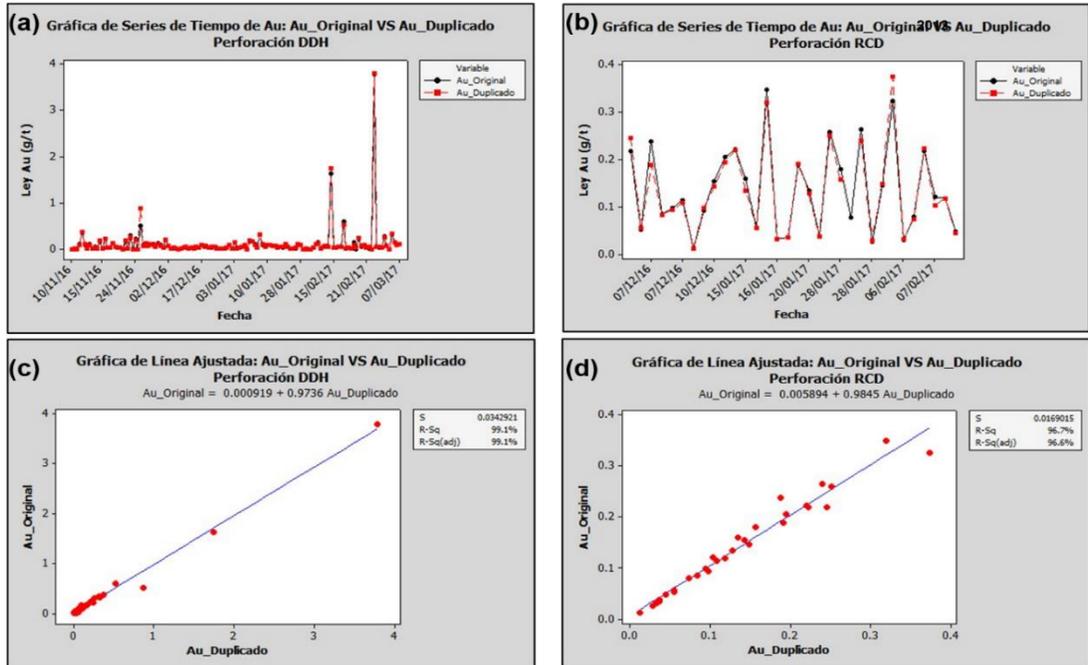


Figura 19: Resumen de control de precisión de muestras duplicadas – Laboratorio Certimin 2016 – 2017. (a-b) Gráficos de series de tiempo de duplicados de perforación tipo DDH y RCD, (c-d) Gráficos de dispersión de duplicados de perforación tipo DDH y RCD.

Conclusiones de control de precisión:

Se comprobó que la variabilidad existente entre las muestras y sus respectivos duplicados enviados a analizar presentan un Error Relativo Promedio que varían entre 4.28% y 11.50%; esta variabilidad es aceptable ya que se encuentra por debajo del límite que es <15.00%.

4.2.1.7.4. Control de exactitud

Para el control de exactitud se enviaron al Laboratorio Certimin un total de 269 estándares (132 de ley baja y 137 de ley

media) para todos los batches de muestras de perforación; cabe resaltar que se envió 1 estándar por cada batch de 40 muestras en promedio.

En el año 2012, se insertaron 20 estándares de ley baja “A” y 21 estándares de ley media “B”, los cuales en el análisis estadístico obtuvieron sesgos de -2.96% y -0.29% respectivamente.

En los gráficos de control de estándares de ley baja “A” y ley media “B” del 2012 (Figura 20: a-b) se puede observar que todos los resultados caen dentro de los límites de $\pm 2DE$, lo cual demuestra la eficiencia en el proceso.

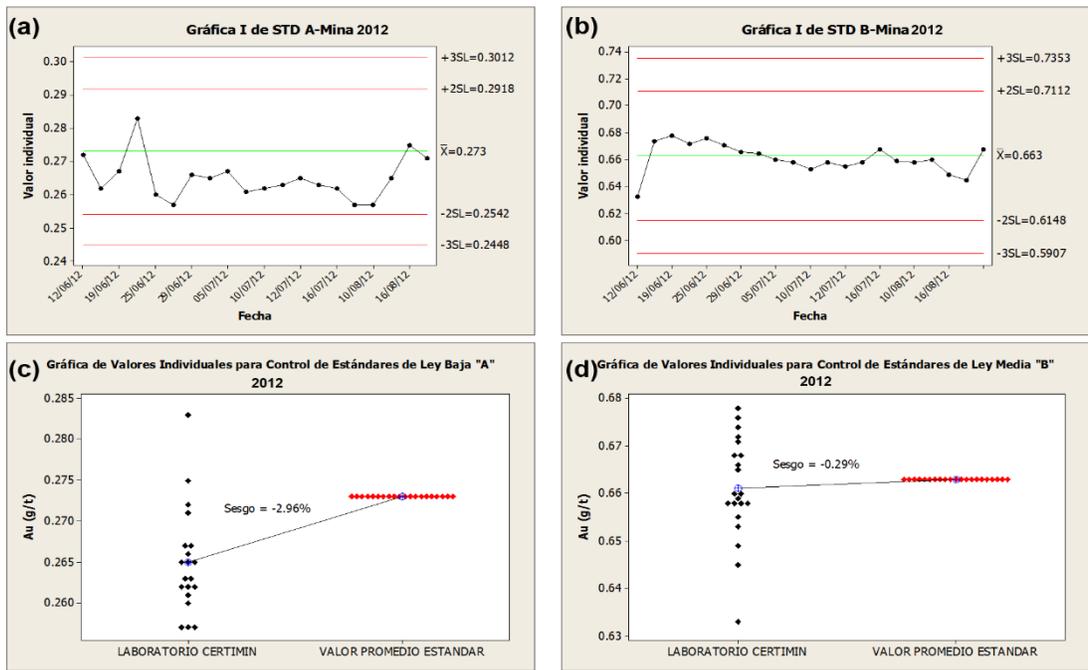


Figura 20: Resumen de control de exactitud de estándares– 2012. (a-b) Gráficos para el Control de estándares de Ley baja “A” y ley media “B”, (c-d) Gráficos de valores individuales para el control de estándares de ley baja “A” y ley media “B”.

En el año 2014, se insertaron 34 estándares de ley baja “A” y 32 estándares de ley media “B”, los cuales en el análisis estadístico obtuvieron sesgos de -2.62% y 0.36% respectivamente.

En el gráfico de control de estándares de ley baja “A” del 2014 (Figura 21: a) se puede observar que la mayoría de puntos caen dentro de los límites de $\pm 2DE$ a excepción de 02 muestras que caen por debajo del límite de $-2DE$, pero no en forma consecutiva; no se tienen resultados que sobrepasen los límites de $\pm 3DE$.

En el gráfico de control de estándares de ley media “B” del 2014 (Figura 21 b) se puede observar que la mayoría de puntos caen dentro de los límites de $\pm 2DE$ a excepción de solo 01 muestra que cae por debajo del límite de $-2DE$ pero que no sobrepasa el límite de $-3DE$, lo cual demuestra una eficiencia en el proceso de análisis.

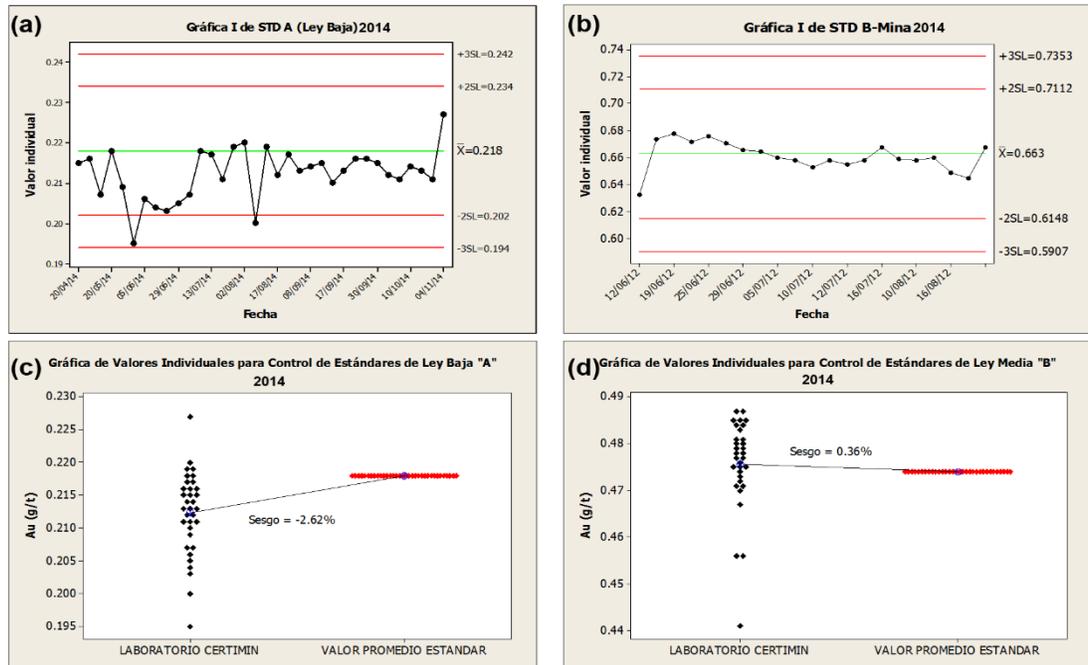


Figura 21: Resumen de control de exactitud de estándares– 2014. (a-b) Gráficos para el Control de estándares de Ley baja “A” y ley media “B”, (c-d) Gráficos de valores individuales para el control de estándares de ley baja “A” y ley media “B”.

En la campaña 2016-2017, se insertó 130 estándares para las muestras de perforación tipo DDH; 63 estándares de ley baja “A” y 67 estándares de ley media “B”, los cuales en el análisis estadístico obtuvieron sesgos de -2.31% y 1.68% respectivamente. Así también, se insertó 32 estándares para las muestras de perforación tipo RCD; 15 estándares de ley baja “A” y 17 estándares de ley media “B”, los cuales en el análisis estadístico obtuvieron sesgos de -1.74% y 2.07% respectivamente

En el gráfico de control de estándares de ley baja “A” de muestras de perforación diamantina del 2016-2017 (**Figura 22: a**), se puede observar que la mayoría de puntos caen dentro de los límites de

$\pm 2DE$ a excepción de 02 muestras que caen por debajo del límite de $-2DE$ pero no en forma consecutiva; no se tienen resultados que sobrepasen los límites de $\pm 3DE$. Así también, el gráfico de control de estándares de ley media “B” (**Figura 22: b**) muestra que la mayoría de puntos caen dentro de los límites de $\pm 2DE$ a excepción de 01 muestras que cae por encima del límite de $+2DE$ pero que no sobrepasa el límite de $+3DE$.

Los gráficos de control de estándares de muestras de perforación de aire reverso del 2016-2017 (**Figura 22: d-e**) muestran que todos los resultados caen dentro de los límites de $\pm 2DE$, lo cual demuestra la eficiencia del proceso.

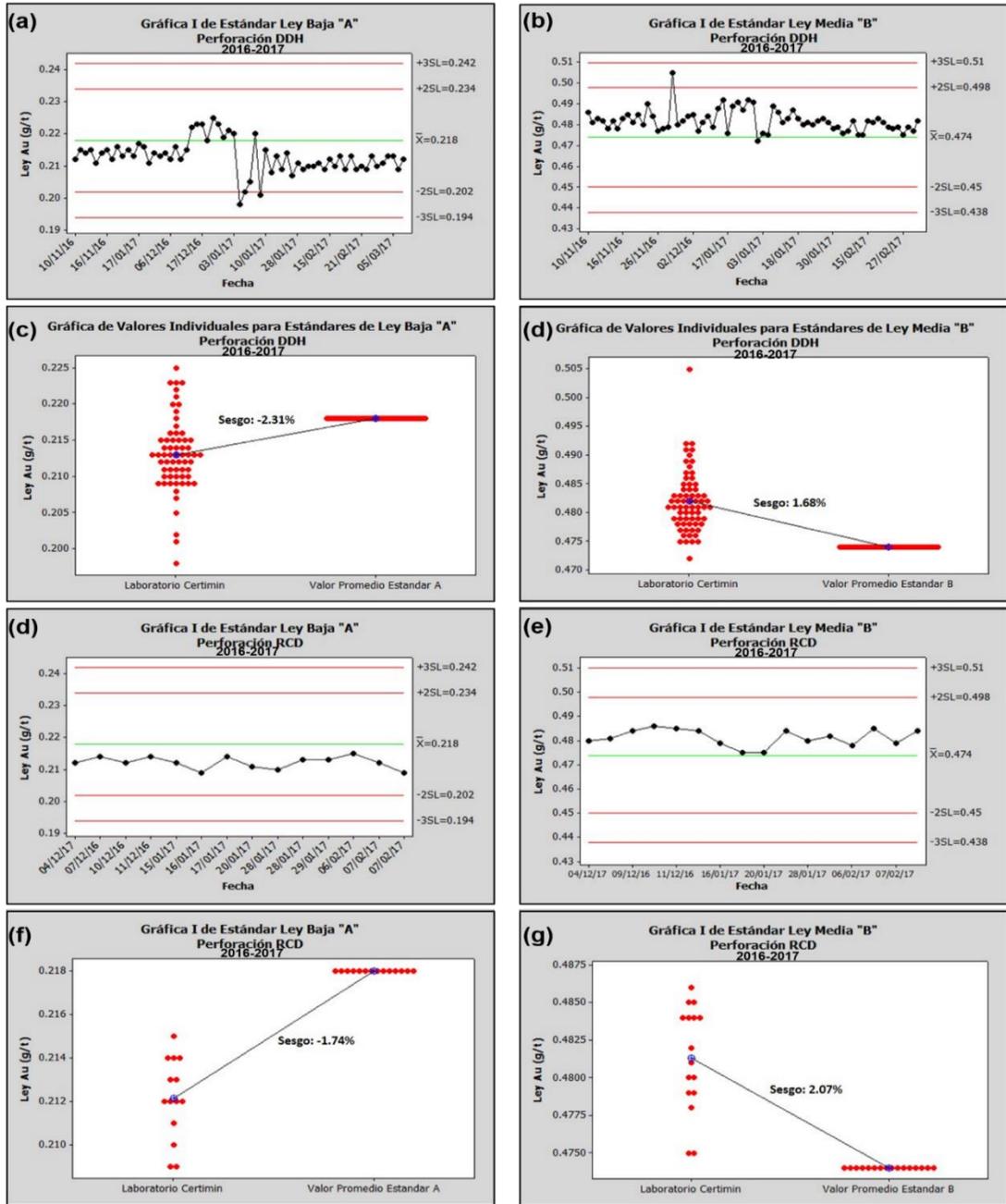


Figura 22: Resumen de control de exactitud de estándares– 2016-2017. (a-b)

Gráficos para el Control de estándares de Ley baja “A” y ley media “B” de muestras de perforación diamantina, (c-d) Gráficos de valores individuales para el control de estándares de ley baja “A” y ley media “B” de muestras de perforación diamantina, (d-e) Gráficos para el Control de estándares de Ley baja “A” y ley media “B” de

muestras de perforación de aire reverso, (f-g) Gráficos de valores individuales para el control de estándares de ley baja “A” y ley media “B” de muestras de perforación de aire reverso.

Conclusiones de control de exactitud:

Se comprobó que el análisis de exactitud de los estándares insertados en los batchs enviados al laboratorio Certimin durante los años 2012, 2014 y 2016-2017 muestran que el sesgo existente entre los resultados del Laboratorio Certimin y la Ley promedio de los estándares están dentro de los límites de $\pm 5.00\%$. En el año 2012 se tiene un sesgo -2.96% para el Estándar de Ley Baja “A” y -0.29 para el Estándar de Ley Media “B”; en el año 2014 se tiene un sesgo -2.62% para el Estándar de Ley Baja “A” y 0.36 para el Estándar de Ley Media “B”; mientras que en la campaña 2016-2017, se obtuvo para el caso de la perforación DDH un sesgo de -2.31% para el Estándar de Ley Baja “A” y 1.68% para el Estándar de Ley Media “B”, así también para el caso de la perforación RCD se obtuvo un sesgo de -1.74% para el Estándar de Ley Baja “A” y 2.07% para el Estándar de Ley Media “B”

En los gráficos de control de estándares se observó que ninguno de los resultados sobrepasa los límites de $\pm 3DE$ y que tampoco se encuentran muestras consecutivas que sobrepasen los límites de $\pm 2DE$, por lo que se puede validar la eficiencia del proceso.

4.2.1.7.5. Control de contaminación

Para el control de contaminación, se enviaron al Laboratorio Certimin un total de 269 blancos para los batchs de perforación; cabe resaltar que se envió 1 blanco por cada batch de 40 muestras en promedio.

Cabe resaltar que de los 269 blancos insertados solo 18 muestras sobrepasan el promedio de 0.005 g/t Au, pero no alcanzan o sobrepasan los límites de advertencia de 0.025 g/t Au (5 veces la ley promedio); por lo tanto, las muestras se encuentran libres de contaminación.

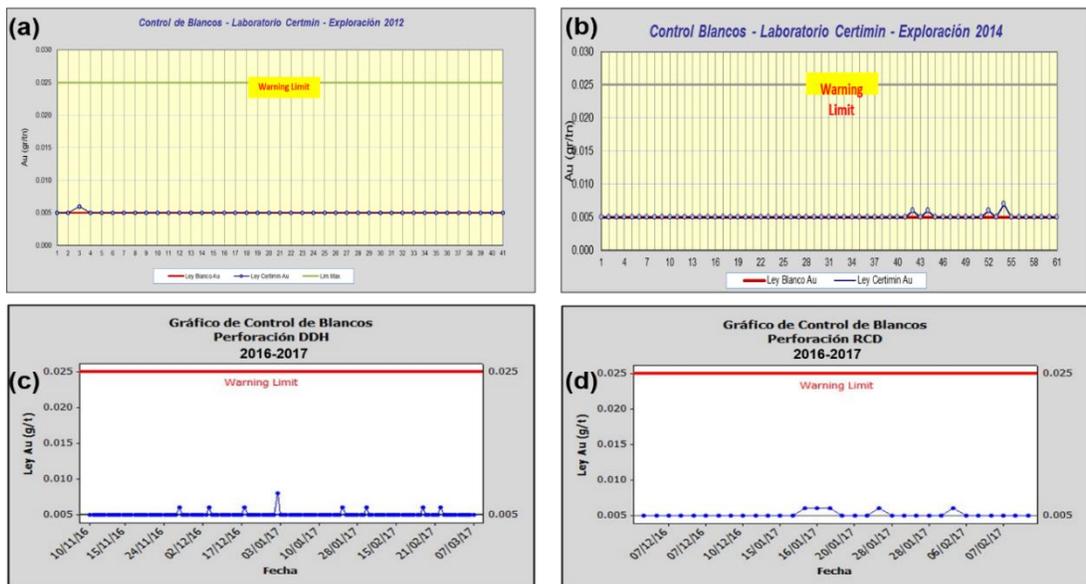


Figura 23: Resumen de control de blancos– 2012, 2014 y 2016-2017. (a-b) Gráfico para el control de blancos de los años 2012 y 2014, (c-d) Gráficos para el Control de blancos en muestras de perforación diamantina y aire reverse en la campaña 2016-2017.

Conclusiones de control de contaminación:

Se comprobó que no existió contaminación durante el proceso de análisis químico realizado por el Laboratorio Certimin, ya que ninguno de los controles sobrepasa los límites de advertencia.

4.2.2. Generación del modelo geológico

El modelo geológico 3D ha sido construido con el uso del software MineSight y fue codificado en base a la distribución de los diferentes dominios geológicos interpretados, a saber: litología, alteración, tipo de mineralización y geología estructural.

Cabe resaltar que se elaboró un modelo geológico general de la mina Corihuarmi, dentro del cual se encuentra el nuevo proyecto Cayhua – Cayhua Norte.

4.2.2.1. Información usada para la generación de los modelos geológicos

Mapeo geológico: los planos de litología, alteración hidrotermal y geología estructural generados en el área del proyecto Cayhua – Cayhua Norte fueron la base para generar los sólidos de cada dominio. Los trabajos de mapeo geológico se realizaron con planos a escala 1/500.

Logeo geológico: se usó la información del logeo de taladros de perforación diamantina y aire reverso, los cuales contienen información geológica de litología, alteración, tipo de mineralización, geología estructural y otros en los distintos tramos registrados durante este trabajo. La data total incluye información de 125 taladros con 10,629.50 m de perforación (122 DDH con 9,920.45 m y 3 RC con 709.05 m).

Muestras de superficie: se usaron estos porque contienen información local de las características geológicas superficiales. En total se tienen 2,059 muestras en la zona Cayhua y 1,016 muestras en la zona Cayhua Norte, haciendo un total de 3,075 muestras analizadas por 33 elementos químicos.

Interpretación de secciones geológicas transversales: para la interpretación se han empleado mapeos geológicos, datos del logeo geológico y datos de muestras de superficie. Se interpretaron 136 secciones transversales con orientación N 45° espaciadas cada 20 m.

4.2.2.2. Interpretación de secciones geológicas transversales

En general se realizó la interpretación de 136 secciones transversales con orientación N 45°, las cuales estuvieron espaciadas cada 20 m para realizar la configuración de los cuerpos de los dominios geológicos. Estas secciones transversales cortan perpendicularmente a las principales tendencias estructurales y de mineralización reconocidas en el área del proyecto.

La interpretación se realizó en el software MineSight y la información utilizada ha sido la data de sondajes DDH y RCD, muestreo de afloramientos y planos de mapeo geológico.

4.2.2.2.1. Procedimiento para la interpretación de secciones

El procedimiento para la interpretación de las secciones se detalla a continuación:

Inicialmente, con el uso del software MineSight se modeló las superficies 3D de áreas de litología, alteración y tipo de

mineralización, cuyos contornos fueron registrados en los planos geológicos en planta generados previamente en el software AutoCAD; de forma similar las líneas de las fallas principales y secundarias también fueron modeladas en 3D.

En seguida, se generaron las secciones transversales en 3D, en los cuales se cargaron la información del mapeo superficial explicado en el párrafo anterior (superficies en 3D); así también se desplegaron los sondajes DDH & RCD y las muestras de superficie con los tramos o interceptos con la información de litología, alteración hidrotermal, tipo de mineralización entre otros dependiendo del tipo de dominio geológico a interpretar.

Posteriormente se interpretaron primero las secciones transversales de dirección N 45°, ya que en la línea de esta dirección se perforaron la mayoría de taladros realizados en el proyecto, como resultado se contornearon en cada una de las secciones las áreas correspondientes a los distintos dominios geológicos estudiados. Cabe resaltar que al interpretar una sección se visualizó continuamente la sección anterior y posterior para verificar la continuidad de los dominios.

La interpretación final de cada sección consistió de secciones litológicas, de alteración y tipo de mineralización.

4.2.2.2. Generación de modelos 3D de los dominios geológicos

Para construir los modelos 3D de los distintos dominios geológicos se utilizó los contornos generados en la interpretación de las secciones transversales, para lo cual se usó el método de linqueo en el software Minesight. Los dominios geológicos generados para la estimación fueron de litología, alteración y tipo de mineralización; cabe resaltar que no se usó la separación de zonas por el dominio estructural, sin embargo, se las relacionó directamente con el resto de dominios geológicos.

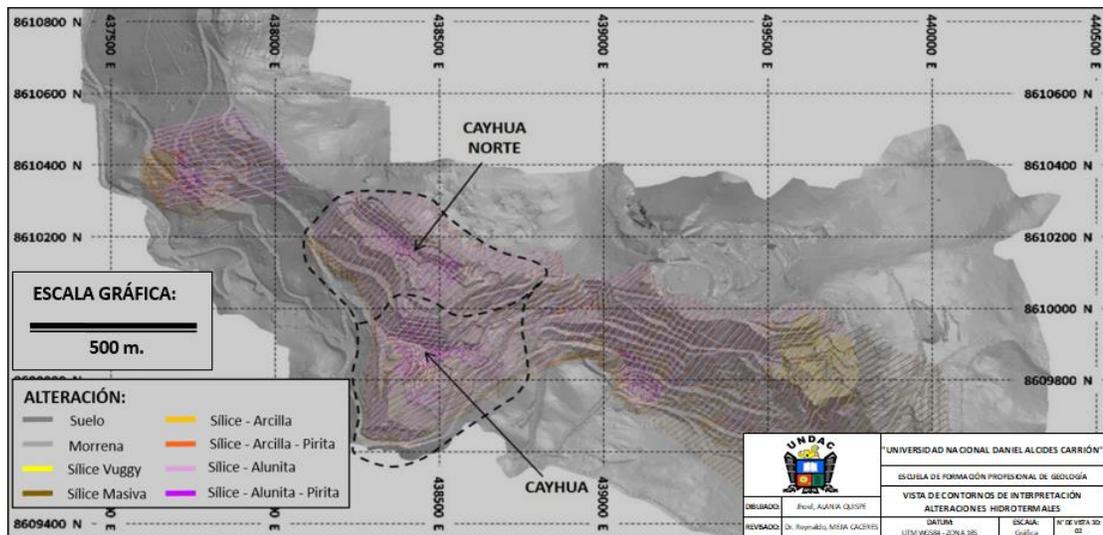


Figura 24: Contornos de interpretación de alteraciones hidrotermales para modelamiento 3D.

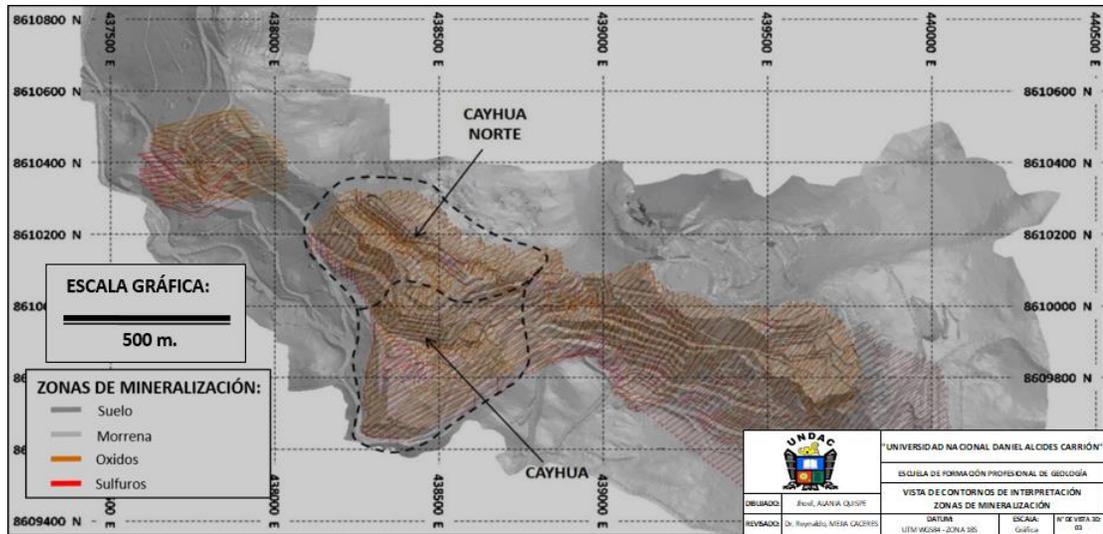


Figura 25: Contornos de interpretación de zonas de mineralización para modelamiento 3D.

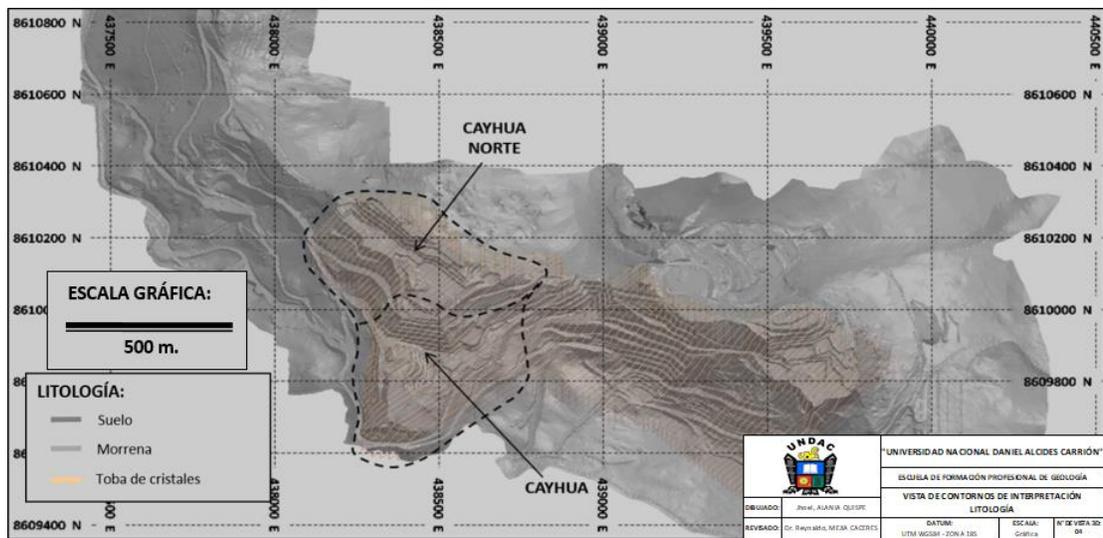


Figura 26: Contornos de interpretación de litología para modelamiento 3D.

Dominios geológicos de litología

En la parte superior y en contacto con la superficie la litología del proyecto consiste principalmente de tobas de cristales de composición dacítica (VPCTD), la cual presenta potencias variables entre 80 y 250 m de profundidad, esta unidad hospeda la

mineralización económica de oro del proyecto y las alteraciones hidrotermales sin presencia de sulfuros. Subyacente a la anterior capa, se tiene una litología consistente de tobas de cristales de composición andesítica (VPCTA), la cual hospeda mineralización subeconómica y ensambles de alteración hidrotermal con presencia de pirita, no se conoce con certeza la potencia de esta litología (>100 m) ya que ningún taladro ejecutado logró traspasarla. También se puede observar zonas de brecha hidrotermal con matriz sílice-alunita (BHSA) y otros con matriz sílice-clay (BHSC).

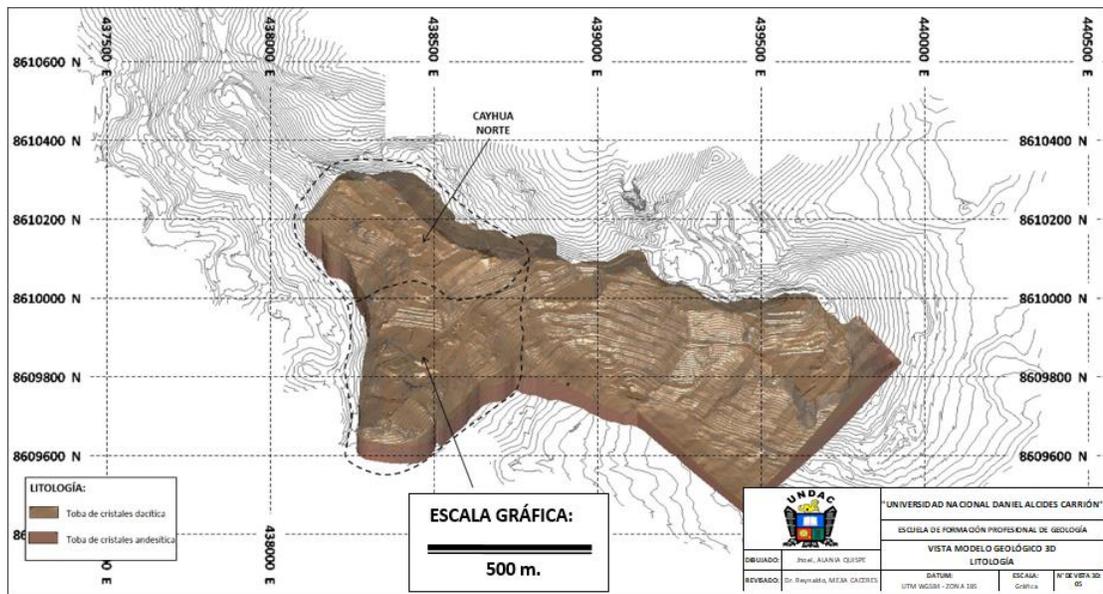


Figura 27: Vista 3D de sólidos de dominios de litología.

Dominios geológicos de alteración

El dominio litológico de tobas de cristales de composición dacítica (VPCTD) hospeda distintos dominios de alteración hidrotermal; la proporción menor (20%) está compuesta por zonas de silicificación como sílice vuggy (SV), sílice masiva (SM) y sílice

granular (SG) relacionadas con las leyes más altas encontradas en el depósito; la proporción mayor (80%) está compuesta por alteración argílica avanzada con ensambles de alteración sílice-alunita (SA) y sílice-clay (SC), los cuales contienen generalmente leyes bajas de oro. El dominio litológico de tobas de cristales de composición andesítica (VPCTA) está compuesta por ensambles de alteración argílica avanzada con presencia de sulfuros, tales como: sílice-alunita-pirita (SAP) y sílice-arcilla-pirita (SCP); y a mayor profundidad se presenta alteración argílica (ARGP).

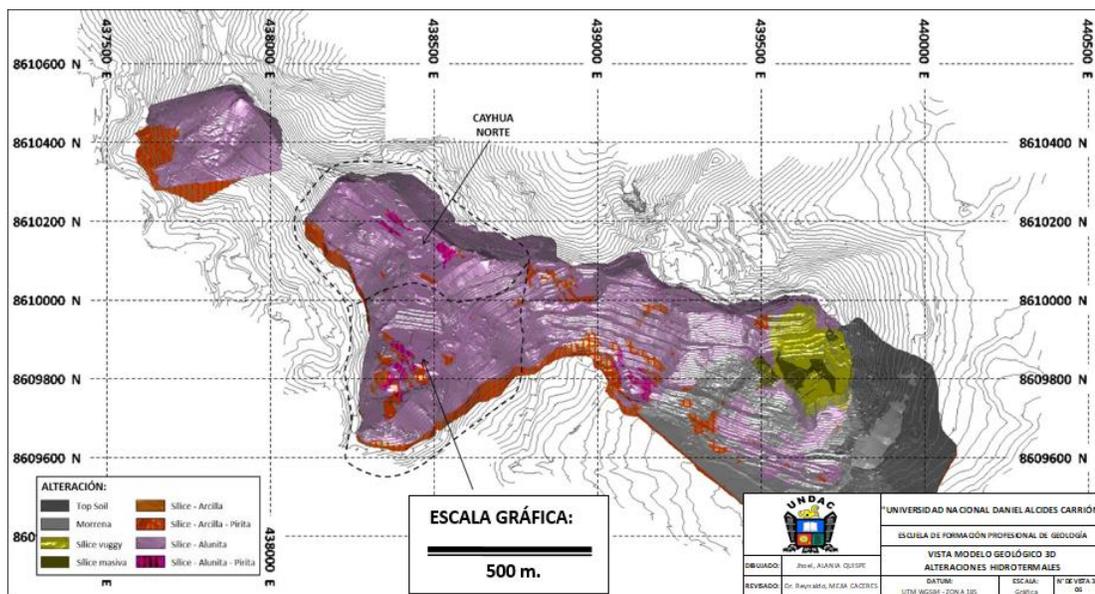


Figura 28: Vista 3D de sólidos de dominios de alteración.

Dominios geológicos de zonas de mineralización

En el área de estudio se tiene 02 dominios bien caracterizados: **la zona de óxidos (OXC)**, consistente de ensambles de alteración hidrotermal con presencia de óxidos de fierro (goethita, jarosita, hematita y limonita) y ausencia de sulfuros; y la zona de sulfuros

(SPH), consistente de ensambles de alteración con presencia de sulfuros (principalmente pirita > 3%). El contacto entre estas zonas se encuentra bien diferenciado y por lo general no se observan zonas mixtas (OXP).

La zona de óxidos presenta potencias variables entre 15 y 210 m de profundidad, mientras que la zona de sulfuros se extiende ampliamente en profundidad, en los taladros perforados no se logró traspasar esta zona.

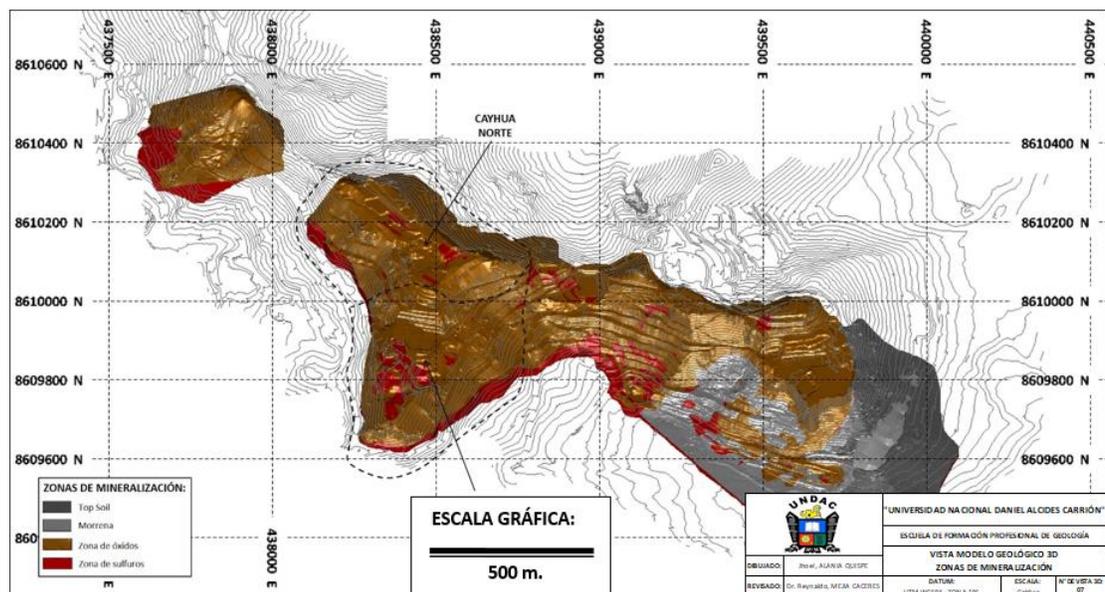


Figura 29: Vista 3D de sólidos de dominios de tipos de mineralización.

4.2.3. Estimación de recursos minerales

4.2.3.1. Base de datos

Se construyó una base de datos general usando toda la información histórica del proyecto (2000 – 2014) y las últimas perforaciones realizadas durante los años 2016 y 2017, los principales métodos usados para la perforación exploratoria han sido la perforación diamantina (DDH) y la

perforación de aire reverso (RCD). Durante la ejecución de todas las campañas de perforación, se han realizado 60 taladros del tipo DDH y 02 del tipo RCD en la zona Cayhua, haciendo un total de 5,988.55 m de perforación, mientras que en la zona Cayhua Norte se realizó 62 taladros del tipo DDH y 01 del tipo RCD haciendo un total de 4,640.95m de perforación; en resumen, se tienen en total 125 taladros que hacen 10,629.50 m perforados.

Tabla 23: Sondajes de exploración DDH & RCD de las zonas Cayhua y Cayhua Norte por compañías y años realizados a la fecha.

Zona	Compañía/Año	DDH		RCD		DDH & RCD	
		Taladros	Perforación (m)	Taladros	Perforación (m)	Taladros	Perforación (m)
Cayhua	CARDERO/2000			2	589.55	2	589.55
	MIRL/2004	3	335.10			3	335.10
	MIRL/2005	2	119.80			2	119.80
	MIRL/2008	4	421.10			4	421.10
	MIRL/2009	5	482.70			5	482.70
	MIRL/2011	16	1,568.40			16	1,568.40
	MIRL/2012	12	1,142.70			12	1,142.70
	MIRL/2014	13	909.40			13	909.40
	MIRL/2016	5	419.80			5	419.80
Total Cayhua		60	5,399.00	2	589.55	62	5,988.55
Cayhua Norte	MIRL/2004	4	410.20			4	410.20
	MIRL/2005	2	69.70			2	69.70
	MIRL/2006	5	206.45			5	206.45
	MIRL/2011	9	730.30			9	730.30
	MIRL/2014	13	658.00			13	658.00
	MIRL/2016	25	1,955.70			25	1,955.70
		MIRL/2017	4	491.10	1	119.50	5
Total Cayhua Norte		62	4,521.45	1	119.50	63	4,640.95
Total general		122	9,920.45	3	709.05	125	10,629.50

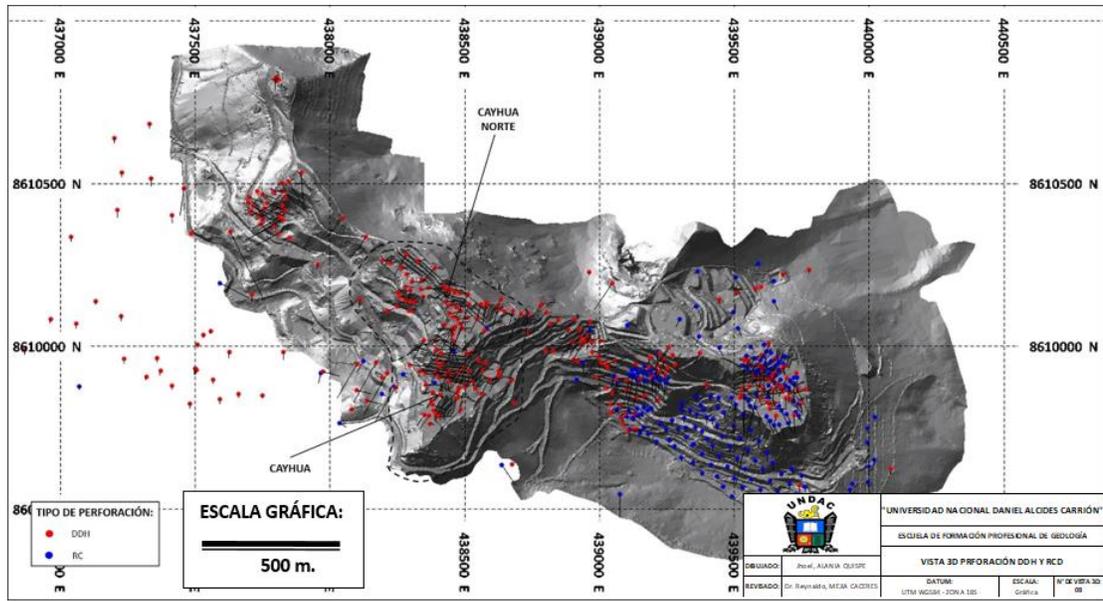


Figura 30: Vista 3D de taladros DDH & RC ejecutados en la mina Corihuarmi y en el proyecto Cayhua – Cayhua Norte.

Cabe resaltar que se utilizó también base de datos correspondiente a taladros de Blast Hole, ya que las zonas Cayhua y Cayhua Norte iniciaron su operación en el año 2014 y 2015 respectivamente, a partir del cual se han ejecutado en dichos tajos múltiples proyectos de voladura para llevar a cabo la producción de mineral, estos trabajos requieren necesariamente la perforación y muestreo de taladros tipo Blast Hole (BH). Al 31 de septiembre del 2017, en el tajo Cayhua se realizó 30,404 taladros BH con un total de 176,195.00m de perforación, mientras que en el tajo Cayhua Norte se realizó 15,581 taladros BH con 93,137.40m de perforación, en resumen, se tienen 45,985 taladros ejecutados que totalizan 269,332.40 m perforados.

Tabla 24: Taladros Blast Hole (BH) ejecutados en las zonas Cayhua y Cayhua Norte por años.

Zona	Año	BH	
		Taladros	Perforación (m)
Cayhua	2012	280.00	1,285.50
	2013	263.00	1,549.70
	2014	5,862.00	37,870.60
	2015	5,640.00	30,717.10
	2016	9,777.00	57,277.40
	2017	8,582.00	47,494.70
Total Cayhua		30,404.00	176,195.00
Cayhua Norte	2015	5,332.00	30,131.70
	2016	4,117.00	27,129.90
	2017	6,132.00	35,875.80
Total Cayhua Norte		15,581.00	93,137.40
Total general		45,985.00	269,332.40

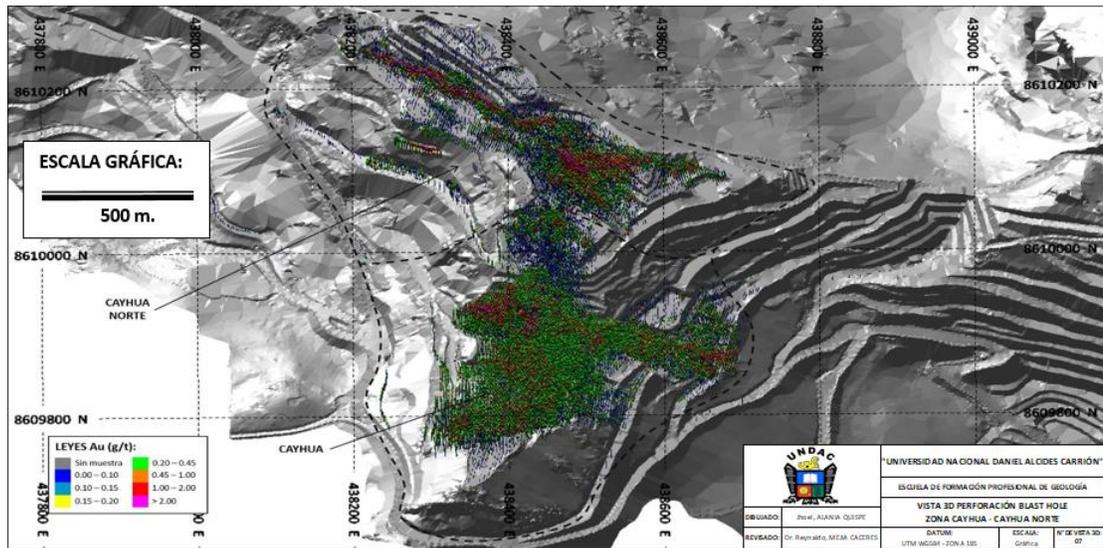


Figura 31: Vista 3D de taladros tipo Blast Hole ejecutados en el proyecto Cayhua – Cayhua Norte.

Así también, se usó la data de muestreo de afloramientos, en el cual se tienen 2,059 muestras en la zona Cayhua y 1,016 muestras en la zona Cayhua Norte, haciendo un total de 3,075 muestras.

Tabla 25: Muestras de afloramientos de las zonas Cayhua y Cayhua Norte.

Zona	Cantidad de muestras
Cayhua	2,059
Cayhua Norte	1,016
Total general	3,075

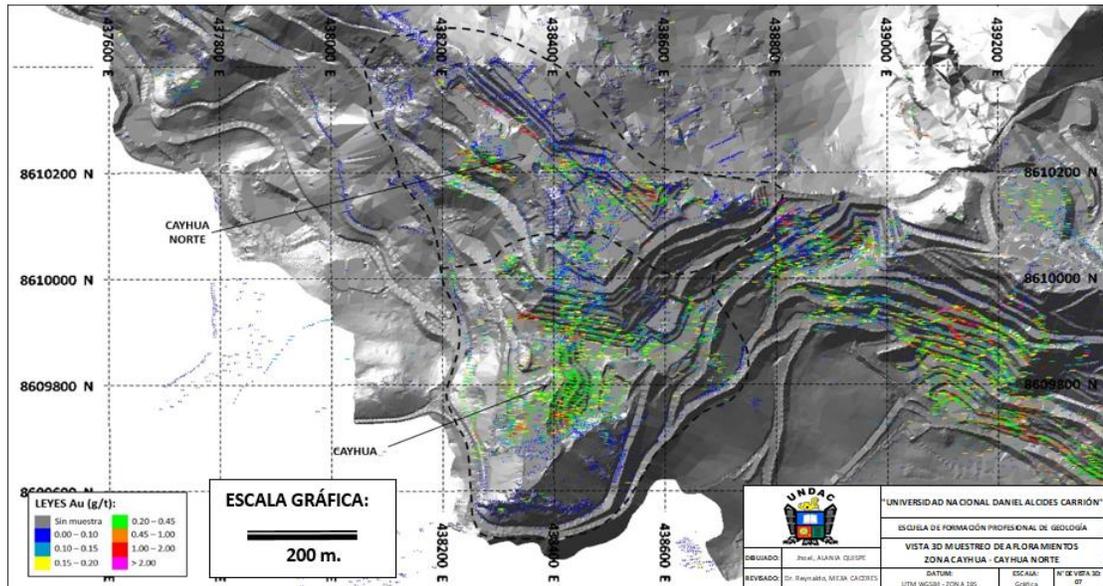


Figura 32: Vista 3D de muestreo geoquímico del proyecto Cayhua – Cayhua Norte.

En resumen, la base de datos de sondajes y muestras utilizada para la evaluación de recursos está compuesta por 122 DDH, 3 RCD, 45,985 Blast Holes y 3,075 muestras de afloramientos rocosos.

Tabla 26: Resumen de base de datos de sondajes y muestreo de afloramientos usados para la evaluación.

Zona	DDH	RCD	Blast Hole	Muestras de afloramiento	Total
Cayhua	60	2	30,404	2,059	32,525
Cayhua Norte	62	1	15,581	1,016	16,660
Total General	122	3	45,985	3,075	49,185

Los collares de todos los sondajes (DDH, RCD, Blast Hole) y muestras de superficie han sido validados espacialmente por control topográfico y han sido validados mediante un programa de aseguramiento y control de calidad

QA/QC, para lo cual las muestras fueron enviadas a analizarse al laboratorio externo Certimin, el cual es un laboratorio certificado, así también dichas muestras fueron analizadas en el laboratorio interno de la mina Corihuarmi como comprobación.

Se usó también los sólidos de los distintos dominios geológicos de litología, alteración y tipo de mineralización elaborados en base a la interpretación de secciones transversales, cabe resaltar que la estimación se centró en el uso de los sólidos de tipo de mineralización en óxidos y sulfuros por resultar más conveniente en diversos análisis, los cuales se describirán en los subcapítulos siguientes.

Los valores de densidad utilizados para la estimación de recursos se obtuvieron en base a un análisis de resultados de muestras enviadas al laboratorio ACTLABS, para lo cual se consideró también los ensambles de alteración, texturas de la roca y sus porcentajes de estos dentro del depósito.

Para la zona Cayhua se obtuvo un promedio de densidad ponderado igual a 2.04 t/m^3 para la zona de óxidos, mientras que para la zona Cayhua Norte se obtuvo una densidad ponderada de 2.30 t/m^3 para la zona de óxidos y 2.48 t/m^3 para la zona de sulfuros.

4.2.3.2. Análisis estadístico de datos

La generación del análisis estadístico, gráficos y resultados se generó con el uso del software Minesight, para lo cual utilizó el paquete geoestadístico MineSight Data Analysis (MSDA).

Se realizó una estadística básica global de los datos agrupando las zonas de Cayhua y Cayhua Norte, determinándose que en general las leyes de oro tienen una distribución log-normal.

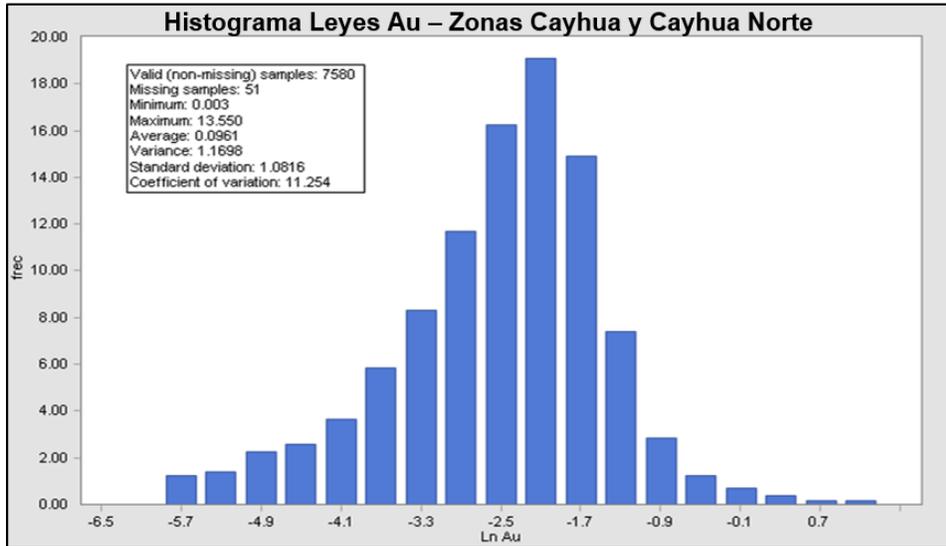


Figura 33: Histograma de leyes de oro (data global).

La superposición de histogramas de leyes Au de las 02 zonas y la distribución de leyes de oro por zonas separadas nos muestra que existen 2 poblaciones en la zona Cayhua Norte (bimodal) y una población en la zona Cayhua (unimodal). **Ver figuras 34 y 35.**

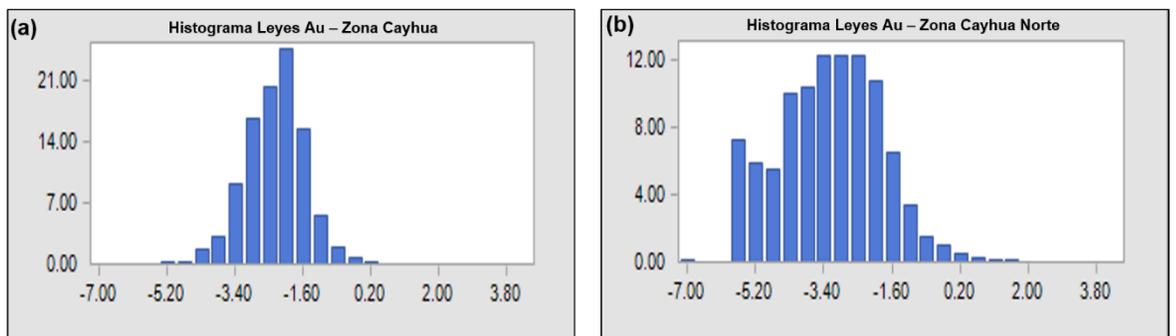


Figura 34: Histogramas de leyes de oro – Zonas Cayhua y Cayhua Norte.

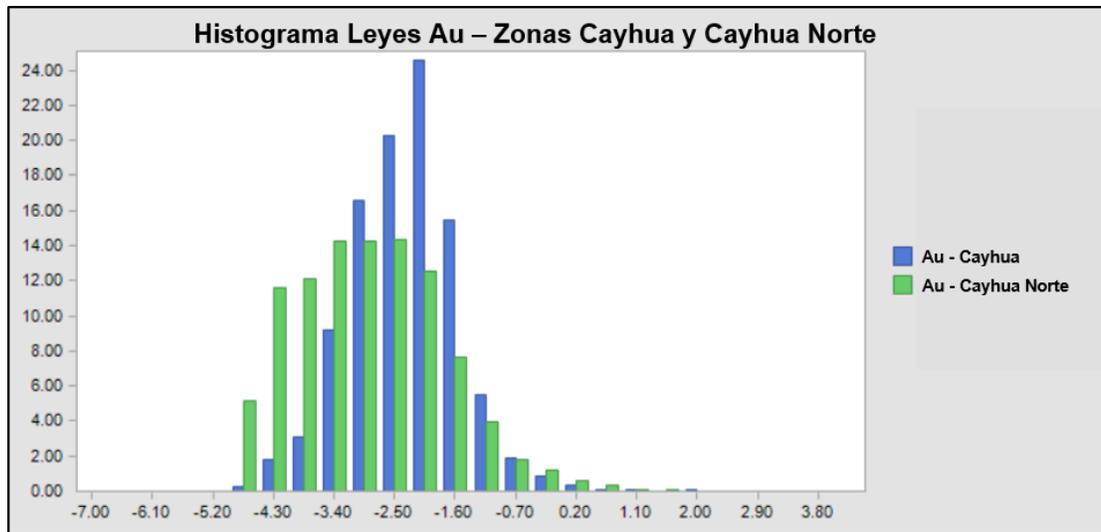


Figura 35: Superposición de histogramas de leyes de oro – Zonas Cayhua y Cayhua Norte.

La distribución de los datos globales en escala probabilística (**Ver figura 36**), nos muestra que tenemos 3 poblaciones de leyes Au. Una con leyes menores a 0.06 g/t, otra de leyes menores entre 0.06 y 0.50 g/t y otra de leyes mayores a 0.50 g/t hasta los 3.5 ppm con alto errático hasta 13.55 ppm. En base a esto se debería considerar modelar la mineralización de oro usando 3 rangos de leyes:

- **Rango 1:** Leyes Au <0.06 ppm (Background), representan el 26% de toda la población.
- **Rango 2:** Leyes Au \geq 0.06 ppm y Au <0.50 ppm (Low grade), representan el 70% de toda la población.
- **Rango 3:** Leyes Au \geq 0.50 ppm (High grade), representa el 4% de toda la población.

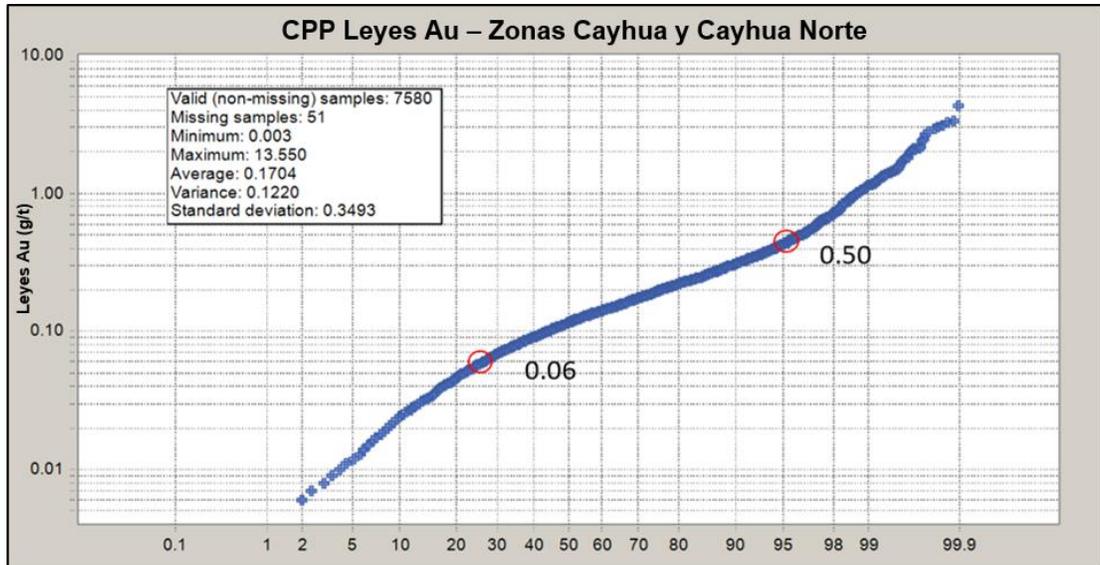


Figura 36: Curva de probabilidad acumulada de leyes de oro (data global).

La superposición de las distribuciones de leyes Au de las zonas Cayhua y Cayhua Norte (Ver figura 37), nos muestra la existencia de 2 zonas bien diferenciadas, así mismo una parte de la población de datos de Cayhua (leyes Au > 0.50 g/t) parece pertenecer al de Cayhua Norte.

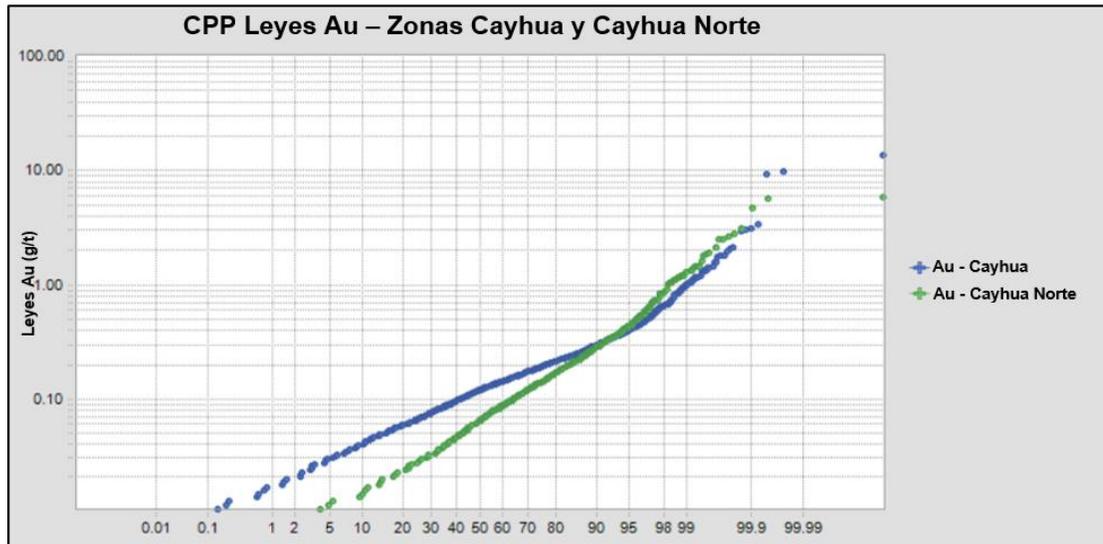


Figura 37: Curva de probabilidad acumulada de leyes de oro – Zonas Cayhua y Cayhua Norte.

4.2.3.3. Dominios de estimación

Para la estimación de recursos se usó los 2 dominios conformados por los tipos de mineralización: **zona de óxidos y zona de sulfuros**; se decidió usar estos dominios ya que los dominios de litología no influyen directamente en la mineralización de oro y los dominios de alteración en óxidos está representado prácticamente en su totalidad por el ensamble sílice-alunita (90%) y en mucho menor proporción (zonas puntuales) por la silicificación (10%), lo mismo sucede para la zona de sulfuros con los ensamble de alteración sílice-clay pirita (92%) y sílice-alunita-pirita.

Para la estimación se usó 2 dominios del tipo de mineralización (zona de óxidos y zona de sulfuros) para cada zona. Se realizó un análisis de contacto (“contact plot”) entre estos 2 tipos de materiales para determinar si pueden juntarse o no durante la interpolación.

En el análisis de contacto entre las leyes de oro de los materiales de óxidos y sulfuros por zonas se observa que tanto para la zona Cayhua como para Cayhua Norte se tiene un contacto transicional y duro respectivamente (**Ver figuras 38 y 39**), por lo cual debemos interpolar en ambos dominios separadamente.

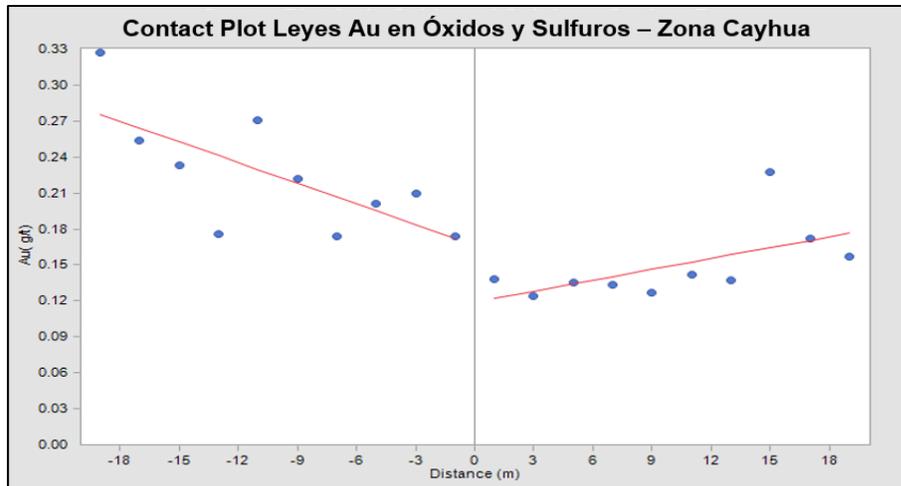


Figura 38: Análisis de contacto (Contact Plot) de leyes de oro en óxidos y sulfuro – Zonas Cayhua.

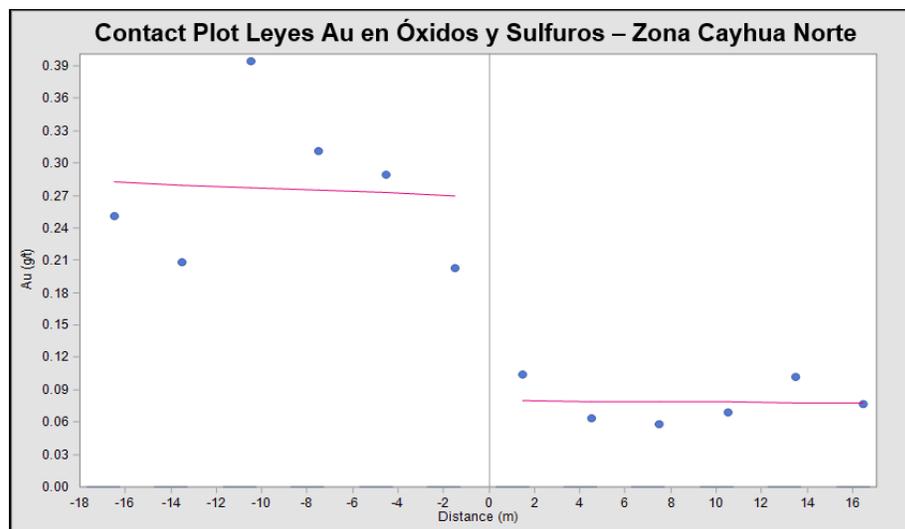


Figura 39: Análisis de contacto (Contact Plot) de leyes de oro en óxidos y sulfuro – Zonas Cayhua Norte.

4.2.3.4. Composición

Con la finalidad de asegurar que la interpolación del modelo de bloques se realice con muestras del mismo tamaño, se realizó la composición de los tramos originales de leyes de oro por el método de largo fijo cada 5 m,

esto tomando como criterio principal el tamaño del bloque en el modelo (5 m x 5 m x 5 m).

Como resultado de este proceso, se observa que la población de leyes de oro compositadas se mantiene muy similar a la población de leyes de oro originales (Ver figuras 40 y 41), lo cual nos indica que no se han alterado los datos originales a usarse en la estimación.

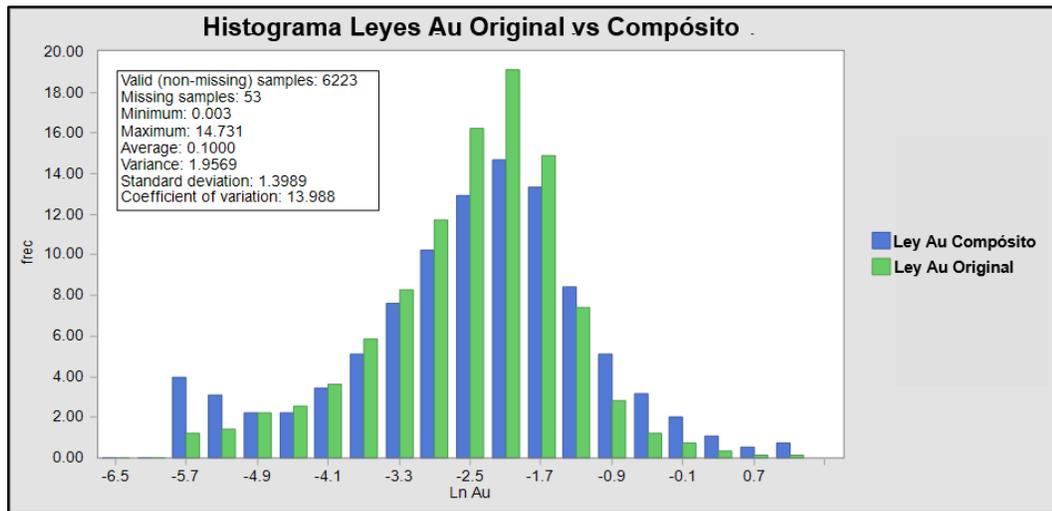


Figura 40: Histograma de leyes de oro en compósitos y leyes originales.

Así también, la curva de probabilidad acumulada de las leyes de oro en los compósitos (Ver figura 41), muestra diferencias con las leyes de oro originales en ambos extremos de la curva, originado posiblemente por la existencia de altos y bajos erráticos, pero gracias a la composición estos altos y bajos han sido minimizados para no sobrestimar ni subestimar la estimación; esto significa que no fue necesario aplicar ningún castigo adicional por altos o bajos erráticos a las leyes de oro.

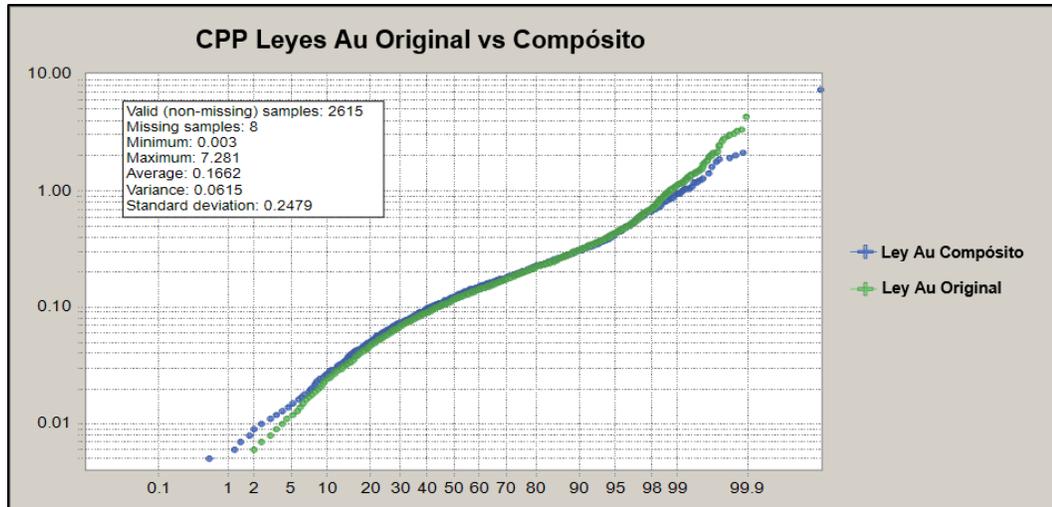


Figura 41: Curva de probabilidad acumulada de leyes de oro en compósitos y leyes originales.

4.2.3.5. Variografía

4.2.3.5.1. Introducción a la variografía

La variografía es usada para describir la variabilidad espacial o correlación de un atributo o variable como por ejemplo las leyes de oro sobre un área definida, obteniendo como resultado la distancia máxima y la forma en que un punto tiene influencia sobre otro punto a diferentes distancias. La variabilidad espacial ha sido medida tradicionalmente por la media de un variograma, el cual en términos simples se puede definir como la media de los cuadrados de las diferencias entre pares de muestras separados por una distancia “h” o “lag”.

$$Y = \frac{1}{2} N \cdot \sum [(Z(x) - Z(x+h))]^2$$

La media de los cuadrados de las diferencias (variograma o $\gamma(h)$) por cada distancia del lag es trazado en un gráfico bivariado,

donde el eje X representa la distancia del lag y el eje Y representa la media de los cuadrados de las diferencias para la distancia de lag nominadas.

Los valores de una variable regionalizada no son independientes, en el sentido que un valor observado en un sitio proporciona información sobre los valores de los sitios vecinos. En la interpretación probabilística de la variable regionalizada, esta noción intuitiva de dependencia está descrita por la distribución espacial de la función aleatoria, que modela la manera como se relacionan los valores observados en distintos sitios por una distribución de probabilidad multivariable.

En muchos problemas la descripción de la distribución espacial se limita a los primeros momentos. El momento de orden 1 (esperanza) hace intervenir un solo sitio a la vez y no entrega realmente información sobre dependencia espacial. En cambio, los momentos de orden 2 (covarianza, correlograma y variograma) están definidos con la ayuda de dos sitios, es decir del más pequeño conjunto que se puede considerar para describir la “interacción” entre valores. Son estos momentos los que entregan una descripción elemental y operatoria de la continuidad espacial de la variable regionalizada.

El correlograma se define como el cociente entre la covarianza y la varianza:

$$\rho(\mathbf{h}) = \text{corr}[Z(\mathbf{x} + \mathbf{h}), Z(\mathbf{x})] = C(\mathbf{h}) / C(\mathbf{0}).$$

Tal como para la covarianza, se puede definir un estimador ergódico, que utiliza todos los datos al momento de estimar la esperanza y la varianza:

$$\hat{\rho}_1(\mathbf{h}) = \frac{\hat{C}_1(\mathbf{h})}{\hat{C}_1(\mathbf{0})},$$

Y un estimador no ergódico, que sólo utiliza los datos que están apareados para el vector \mathbf{h} :

$$\hat{\rho}_2(\mathbf{h}) = \frac{\hat{C}_2(\mathbf{h})}{\hat{\sigma}_{cabeza}(\mathbf{h})\hat{\sigma}_{cola}(\mathbf{h})},$$

$$\text{con } \hat{\sigma}_{cabeza}(\mathbf{h}) = \sqrt{\frac{1}{|N(\mathbf{h})|} \sum_{(\alpha, \beta) \in N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{x}_\alpha) - \bar{z}_{cabeza}(\mathbf{h})]^2}$$

$$\hat{\sigma}_{cola}(\mathbf{h}) = \sqrt{\frac{1}{|N(\mathbf{h})|} \sum_{(\alpha, \beta) \in N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{x}_\beta) - \bar{z}_{cola}(\mathbf{h})]^2}.$$

Los estimadores así definidos son más robustos que el estimador del variograma, pero sesgados debido a que utilizan estimadores de la esperanza y de la varianza:

$$E[\hat{\rho}_1(\mathbf{h})] \neq \rho(\mathbf{h})$$

$$E[\hat{\rho}_2(\mathbf{h})] \neq \rho(\mathbf{h})$$

4.2.3.5.2. Variografía y elipsoides de búsqueda

Se realizó la variografía global de leyes de oro para determinar la máxima distancia de influencia entre las muestras, para lo cual se determinó primero el valor del variograma en el origen o efecto pepita,

causado por la erraticidad propia del oro. Esto se realizó usando la herramienta downhole variogram o variograma a lo largo de cada sondaje. En la figura 42 podemos ver que el valor del variograma en el origen o efecto pepita es 0.20.

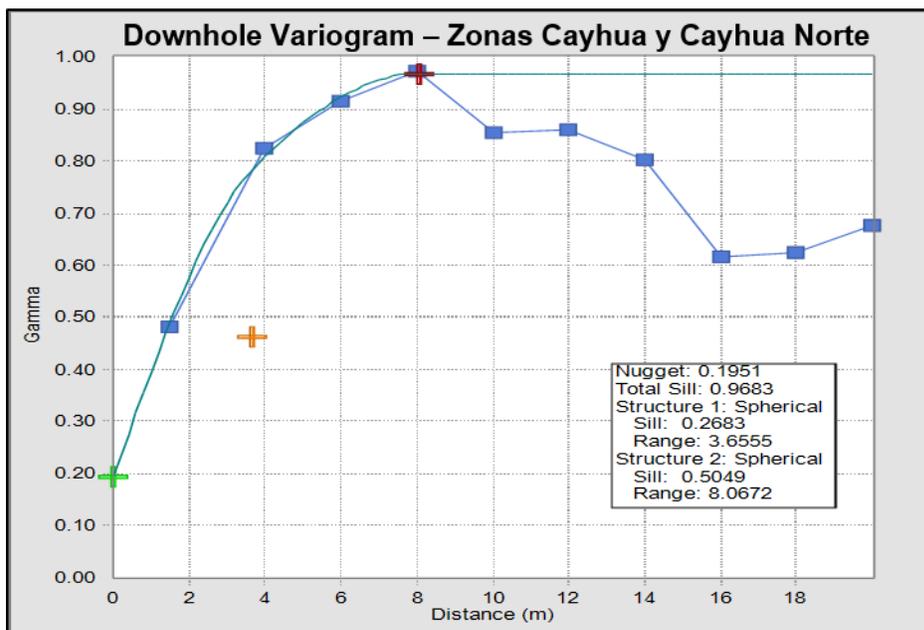


Figura 42: Downhole variogram combinado (Correlograma) – Cayhua y Cayhua Norte.

Posteriormente se realizaron variogramas direccionados (Correlogramas) con Lag de 10m, en direcciones horizontales de 0° a 180° con incrementos de 10° y una ventana de +/-5°, en direcciones verticales de -90° a +90° con incrementos de 30° y una ventana de +/- 15°.

Los variogramas más representativos fueron ajustados simultáneamente usando 2 estructuras esféricas (Ver figura 43).

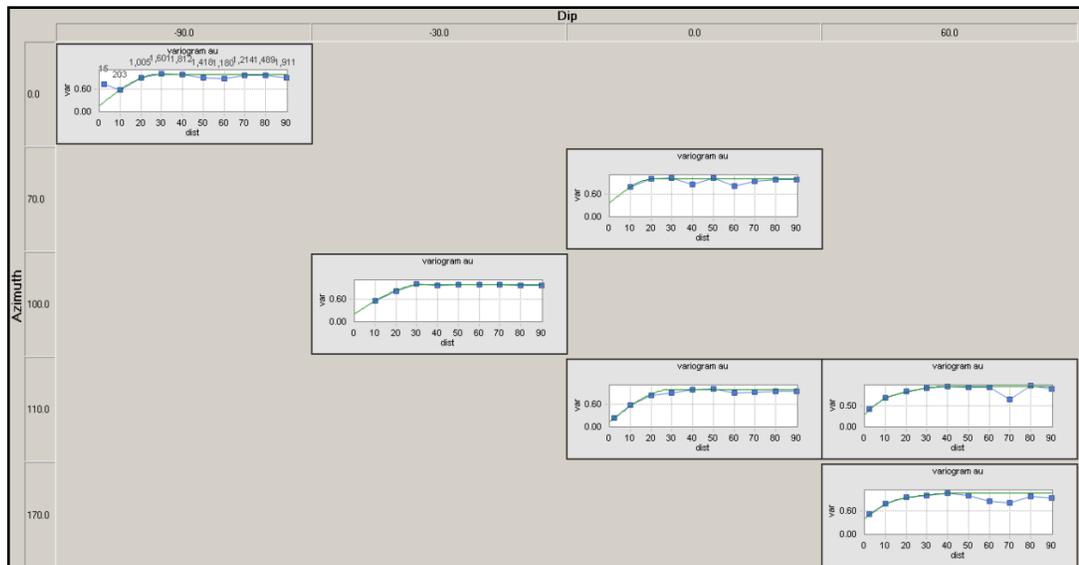


Figura 43: Variogramas direccionados (Correlogramas) – Cayhua y Cayhua Norte

En base a los variogramas más representativos obtenidos se realizó el ajuste del variograma 3D; obteniendo los ejes y rotaciones de sus elipsoides en notación MEDS. Los parámetros de ajuste del variograma 3D se exportaron en archivos para usarse en la interpolación de leyes Au de los modelos de bloques (Ver tabla 27).

Tabla 27: Parámetros del Variograma 3D en Cayhua y Cayhua Norte.

cay.var: Bloc de notas	
<pre> Archivo Edición Formato Ver Ayuda Variogram model parameters created by MSDA. 0.2000 1 0.3000 10.0 15.0 10.0 42.0 -40.1 7.9 1 0.5000 30.0 40.0 30.0 54.0 -2.8 -23.0 0 </pre>	
1ra ESTRUCTURA (sph)	2da ESTRUCTURA (sph)
Co= 0.2	C2= 0.5
C1= 0.3	d1= 30.0, d2= 40.0, d3= 30.0
d1= 10.0, d2= 15.0, d3= 10.	r1= 54, r2= -2.8, r3= -23.0
r1= 42, r2= -40.1, r3= 7.9	

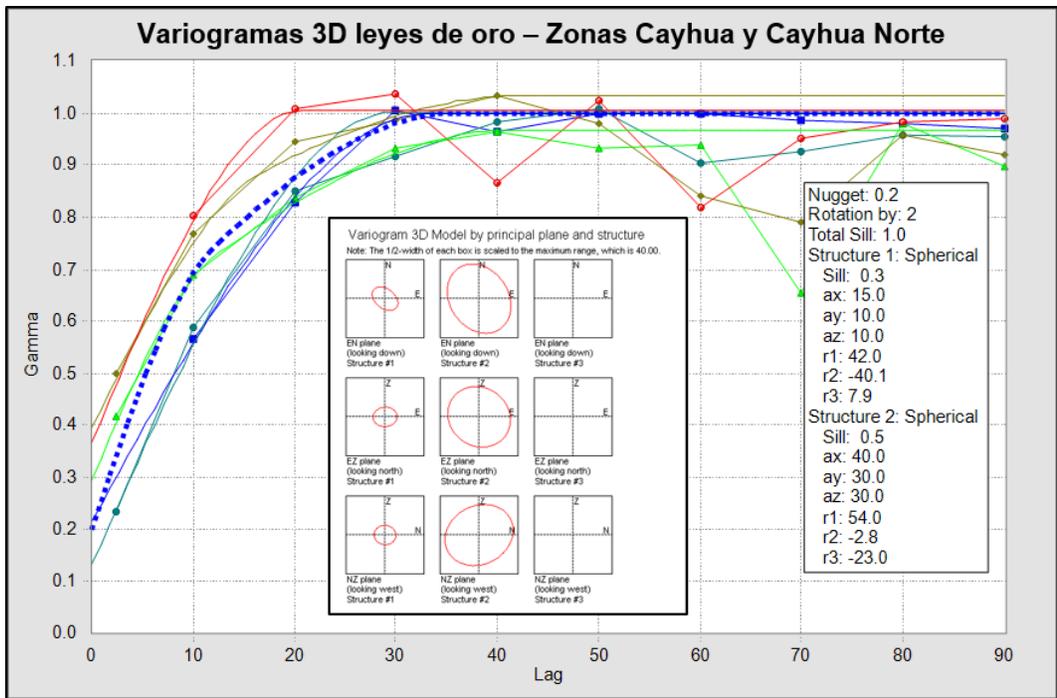


Figura 44: Parámetros de ajuste del variograma 3D y proyección de elipsoides en Cayhua y Cayhua Norte.

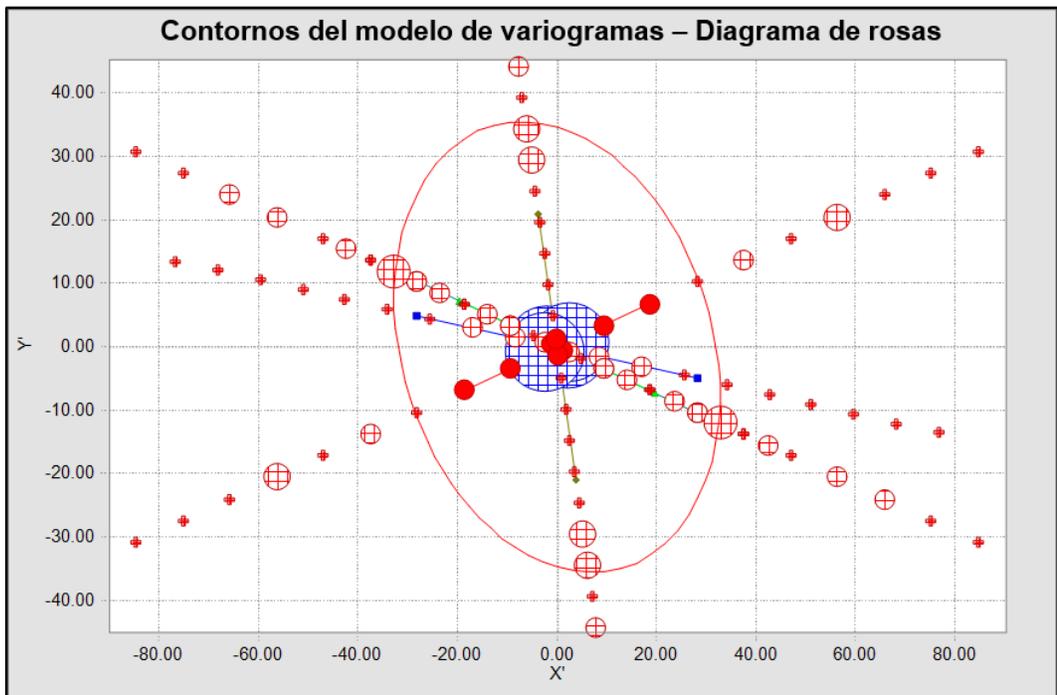


Figura 45: Diagrama de Rosa del variograma 3D en Cayhua y Cayhua Norte.

De acuerdo al ajuste del variograma 3D (Ver figuras 44 y 45), se determinó los parámetros del elipsoide de búsqueda para la interpolación de leyes de oro por el método de Kriging Ordinario en el modelo de bloques para Cayhua y Cayhua Norte, el cual se detalla en la tabla 28.

Tabla 28: Parámetros de interpolación del Kriging Ordinario en Cayhua y Cayhua Norte.

Pasada	Distancia de búsqueda X, Y, Z	Distancia 3D de búsqueda máxima	Distancia máxima permitida al composito mas	Mínimo número de compositos	Máximo número de compositos	Máximo número de compositos por taladro	Selección especial	Tipo de modelo, Nugget (efecto pepita), Sill (meseta), Primera estructura, Sill (meseta), Segunda estructura
Pasada 01	80 80 80	80	-	2	12	2	No	Sph, 0.2 de correlograma 0.3, 15, 20, 20, 20 0.5, 30, 40, 30
Pasada 02	40 40 40	40	-	2	6	1	No	Sph, 0.2 de correlograma 0.3, 15, 20, 20, 20 0.5, 30, 40, 30
Pasada 03	15 15 15	15	-	2	3	1	No	Sph, 0.2 de correlograma 0.3, 15, 20, 20, 20 0.5, 30, 40, 30

Pasada	Radio mayor anisotrópico	Radio menor anisotrópico	Radio vertical anisotrópico	Sistema de rotación	Rotación 1	Rotación 2	Rotación 3	Valores extremos máximos	Buscar distancia para valores extremos máximos	Valores extremos mínimos	Buscar distancia para valores extremos mínimos
Pasada 01	60	80	60	MEDS	54	-2.8	-23.0	-	-	-	-
Pasada 02	30	40	30	MEDS	54	-2.8	-23.0	-	-	-	-
Pasada 03	10	15	10	MEDS	42	-40.1	7.9	-	-	-	-

4.2.3.6. Interpolación de leyes en el modelo de bloques

4.2.3.6.1. Introducción de interpolación

La estimación local busca estimar o predecir el valor de la variable regionalizada en un sector del campo estudiado, a partir de los datos disponibles (problema de “interpolación” espacial). Para este caso se usó algunos métodos tradicionales de interpolación tales como el vecino más cercano, inverso a la distancia y el método de kriging (bautizado así en honor de uno de los precursores de la geoestadística, Danie Krige).

Método Vecino Más Cercano

Atribuye toda la ponderación al dato más cercano al sitio a estimar. El estimador apantalla a todos los datos salvo el más cercano, luego omite gran parte de la información y probablemente carece de precisión.

Método Inverso a la Distancia

Asigna a cada dato una ponderación inversamente proporcional a (una potencia de) su distancia al sitio a estimar. Si la potencia es baja (cercana a cero), la distancia elevada a esta potencia es cercana a 1, por lo que el estimador asigna la misma ponderación a todos los datos (media aritmética de los datos). Al contrario, si la potencia es muy alta, el inverso de la distancia más pequeña se vuelve preponderante sobre todos los otros términos, y el estimador se convierte en el del más cercano vecino.

Método Kriging

Se articula siempre en torno a las mismas etapas. Las diferentes variantes sólo radican en las hipótesis realizadas sobre la función aleatoria $Z = \{Z(\mathbf{x}) \in D\}$ que representa la variable regionalizada.

En general, los problemas de estimación local no involucran la totalidad del campo y tampoco utilizan todos los datos disponibles. Se define la vecindad de kriging, como el dominio del espacio que contiene el sitio a estimar y los datos utilizados en la estimación. El usuario puede considerar varias posibilidades.

Se habla de vecindad única cuando se efectúa el kriging conservando todos los datos. En este caso, incluso los datos muy alejados intervendrán en la estimación. Sin embargo, salvo excepciones, su influencia será muy baja (intuitivamente, un sitio alejado no aporta demasiada información al sitio a estimar y se verá afectado por un ponderador de kriging bajo). Cuando los datos son muy numerosos, es inútil conservarlos todos para una estimación local, puesto que se corre el riesgo de aumentar considerablemente los tiempos de cálculo. Por lo tanto, es necesario reducir el tamaño de la vecindad de kriging.

Se habla de vecindad móvil cuando el kriging sólo utiliza los datos “cercaños” al sitio a estimar. Ahora, en general, uno no se limita a una sola estimación local, sino que busca estimaciones en los nodos de una grilla regular que cubre la zona estudiada. Falta definir el

tamaño y la forma de la vecindad, que se centra en el sitio a estimar y que se desplaza a través del campo, a medida que se realiza las estimaciones (de donde viene el adjetivo móvil).

El tamaño de la vecindad debe permitir un equilibrio entre varios factores:

- Precisión de las estimaciones: aumenta cuando la vecindad es más grande.
- Tiempos de cálculo: confiabilidad del modelo de variograma para grandes distancias, cambios en la continuidad espacial de la variable regionalizada: debido a todos estos factores, se tiende a elegir una vecindad de tamaño limitado.

Un criterio de decisión son las llamadas técnicas de validación cruzada o jackknife, en los que se prueba varios tamaños de vecindad y se elige aquel que entrega los resultados más satisfactorios. Cabe notar que no hay justificación particular para limitar el tamaño de la vecindad al alcance del modelo variográfico, bajo el pretexto que los datos localizados más allá de este alcance no tienen correlación con el sitio a estimar. De hecho, en la mayoría de los casos, estos datos intervienen indirectamente en la estimación del valor promedio y mejoran la precisión, a veces de manera no despreciable. El factor a considerar en la elección del tamaño de la vecindad es la cantidad de datos disponibles en la vecindad más que el alcance del variograma.

En la medida de lo posible, la forma de la vecindad debe tomar en cuenta la anisotropía de la variable regionalizada, revelada por el análisis variográfico. Así, en el caso de una anisotropía geométrica, se considerará una vecindad en forma de elipse (o elipsoide) cuyas características – orientación y excentricidad – sean idénticas a las de la elipse (elipsoide) de anisotropía. A menudo, también, se divide esta elipse en varios sectores (en general, en cuadrantes u octantes), en cada uno de los cuales se trata de buscar un número fijo de datos, con el fin de repartir de mejor manera en torno al sitio que se quiere estimar, la información que se va a conservar. **La Figura 46** presenta un ejemplo de vecindad móvil en el espacio de dos dimensiones, en forma de elipse centrada en el sitio a estimar. Los datos retenidos, tres por cuadrante al máximo, están indicados en la vecindad más que el alcance del variograma.

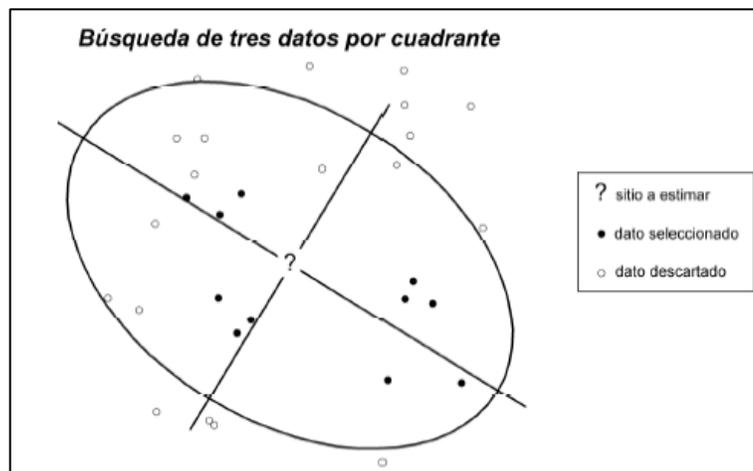


Figura 46: Vecindad elíptica, dividida en cuadrantes con datos retenidos y datos descartados de bloques.

En caso de anisotropía más compleja que la anisotropía geométrica, se suele conservar una vecindad en forma de elipse o elipsoide, aunque idealmente se debería escoger una forma más sofisticada (por ejemplo, una vecindad en forma de banda en caso de anisotropía zonal pura). Hay que buscar entonces una elipse que se acerca lo mejor posible a las curvas de isovalores del modelo variográfico, que indican el nivel de correlación en función de la distancia geográfica.

Kriging ordinario:

El Kriging ordinario supone que la variable regionalizada es la realización de una función aleatoria Z estacionaria tal que:

$$\begin{cases} \forall \mathbf{x} \in V, E[Z(\mathbf{x})] = m \text{ desconocida} \\ \forall \mathbf{x}, \mathbf{x} + \mathbf{h} \in V, \text{cov}[Z(\mathbf{x} + \mathbf{h}), Z(\mathbf{x})] = C(\mathbf{h}) \end{cases}$$

Donde V representa la vecindad de kriging.

Durante la determinación del estimador las etapas del kriging dan:

- **Linealidad:** se asegura esta restricción al tomar como estimador en x_0 .

$$Z^*(\mathbf{x}_0) = a + \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} Z(\mathbf{x}_{\alpha})$$

- **Insesgo:** el valor esperado del error de estimación es:

$$E[Z^*(\mathbf{x}_0) - Z(\mathbf{x}_0)] = a + \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} \underbrace{E[Z(\mathbf{x}_{\alpha})]}_{=m} - \underbrace{E[Z(\mathbf{x}_0)]}_{=m} = a + \left(\sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} - 1\right)m$$

Como se desconoce el valor de la media m , este valor esperado es nulo si:

$$a=0 \text{ y } \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha}=1.$$

La igualdad sobre la suma de los ponderadores asegura que, en el caso en que todos los datos son iguales a una misma constante, el valor estimado restituirá esta constante.

- **Optimalidad:** como en el caso del kriging simple, la varianza del error de estimación es:

$$\text{var}[Z^*(\mathbf{x}_0) - Z(\mathbf{x}_0)] = \sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\alpha} \lambda_{\beta} C(\mathbf{x}_{\alpha} - \mathbf{x}_{\beta}) + C(\mathbf{0}) - 2 \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} C(\mathbf{x}_{\alpha} - \mathbf{x}_0)$$

Se necesita minimizar esta expresión bajo la condición de insesgo, que impone que la suma de las incógnitas es igual a 1. Esto se logra introduciendo una incógnita adicional llamada multiplicador de Lagrange, que denotaremos como μ . Se escribe:

$$\begin{aligned} & \text{var}[Z^*(\mathbf{x}_0) - Z(\mathbf{x}_0)] \\ &= C(\mathbf{0}) + \sum_{\alpha=1}^n \sum_{\beta=1}^n \lambda_{\alpha} \lambda_{\beta} C(\mathbf{x}_{\alpha} - \mathbf{x}_{\beta}) - 2 \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} C(\mathbf{x}_{\alpha} - \mathbf{x}_0) + 2\mu \underbrace{\left(\sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} - 1 \right)}_{=0} \end{aligned}$$

y se minimiza la función de las $n+1$ variables $\lambda_1, \dots, \lambda_n, \mu$. Calculando las $n+1$ derivadas parciales de esta función y luego anulándolas, se obtiene el sistema:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial \lambda_\alpha} = 0 : \sum_{\beta=1}^n \lambda_\beta C(\mathbf{x}_\alpha - \mathbf{x}_\beta) + \mu = C(\mathbf{x}_\alpha - \mathbf{x}_0) \quad \forall \alpha = 1 \dots n \\ \frac{\partial}{\partial \mu} = 0 : \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha = 1 \quad (\text{condición de insesgo}) \end{cases} \quad \lambda_1, \dots, \lambda_n, \mu$$

Este sistema contiene una incógnita y una ecuación más que el sistema de kriging simple. Se puede escribir en notación matricial:

$$\begin{pmatrix} C(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_1) & \cdots & C(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_n) & 1 \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ C(\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_1) & \cdots & C(\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_n) & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_0) \\ \vdots \\ C(\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_0) \\ 1 \end{pmatrix}$$

Este kriging se denomina “Kriging Ordinario”. Siendo el variograma una herramienta equivalente a la covarianza, a partir de la relación $g(h) = C(0) - C(h)$, se puede elegir utilizarlo en lugar de la función de covarianza. Las ecuaciones de Kriging pasan a ser:

$$\begin{cases} \sum_{\beta=1}^n \lambda_\beta \gamma(\mathbf{x}_\alpha - \mathbf{x}_\beta) - \mu = \gamma(\mathbf{x}_\alpha - \mathbf{x}_0) \quad \forall \alpha = 1 \dots n \\ \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha = 1 \end{cases}$$

Esto es:

$$\begin{pmatrix} \gamma(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_1) & \cdots & \gamma(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_n) & 1 \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ \gamma(\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_1) & \cdots & \gamma(\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_n) & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ -\mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_0) \\ \vdots \\ \gamma(\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_0) \\ 1 \end{pmatrix}$$

4.2.3.6.2. Proceso de interpolación

Para las zonas de Cayhua y Cayhua Norte se realizó la interpolación de leyes en los modelos de bloques por el método del Kriging Ordinario, utilizando los parámetros de interpolación

determinados en el estudio geoestadístico, así mismo se realizó la interpolación de leyes por el método de inverso de la distancia al cubo y por el método del vecino más cercano. Estos 2 últimos para poder comparar la calidad de la estimación (Ver figuras 47, 48 y 49).

La interpolación del Kriging Ordinario se realizó en base a 3 pasadas para cada zona.

Para la primera pasada se utilizó el doble de las distancias de la segunda estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados (alcance global), con un total de 12 muestras como máximo y un mínimo de 2, y con un máximo de 2 muestras por sondaje. Con lo cual nos aseguramos de interpolar dentro de los dominios para las zonas inferidas.

Para la segunda pasada se utilizó las distancias y direcciones de la 2da estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados, con un total de 6 muestras como máximo y un mínimo de 2, y con un máximo de 1 muestra por sondaje. Con lo cual nos aseguramos de interpolar dentro de las zonas medido e indicado.

Para la tercera pasada se utilizó la distancia y direcciones de la 1ra estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados, con un total de 3 muestras como máximo y un mínimo de 2, y un máximo de 1 muestra por sondaje. Con lo cual nos aseguramos de reproducir los valores en el punto para los blocks medidos.

4.2.4. Validación de recursos

Para validar las leyes de oro interpoladas en el modelo de bloques, se hicieron comparaciones entre los modelos de Kriging Ordinario, Inverso de la Distancia al Cubo y Vecino Más Cercano. Este paso es un aspecto extremadamente importante del control de calidad que hace posible la evaluación de la aplicabilidad del modelo para un planeamiento de corto, mediano y largo plazo.

4.2.4.1. Comparación visual de los modelos de bloques por métodos de interpolación

Se comparó visualmente los modelos de Kriging Ordinario, inverso de la Distancia al Cubo y Vecino Más Cercano; para esto se revisaron secciones NS, EW, transversales, longitudinales y de planta, en los cuales se observa bastante semejanza en la distribución de las leyes entre los 3 modelos (Ver Figuras 47, 48, y 49).

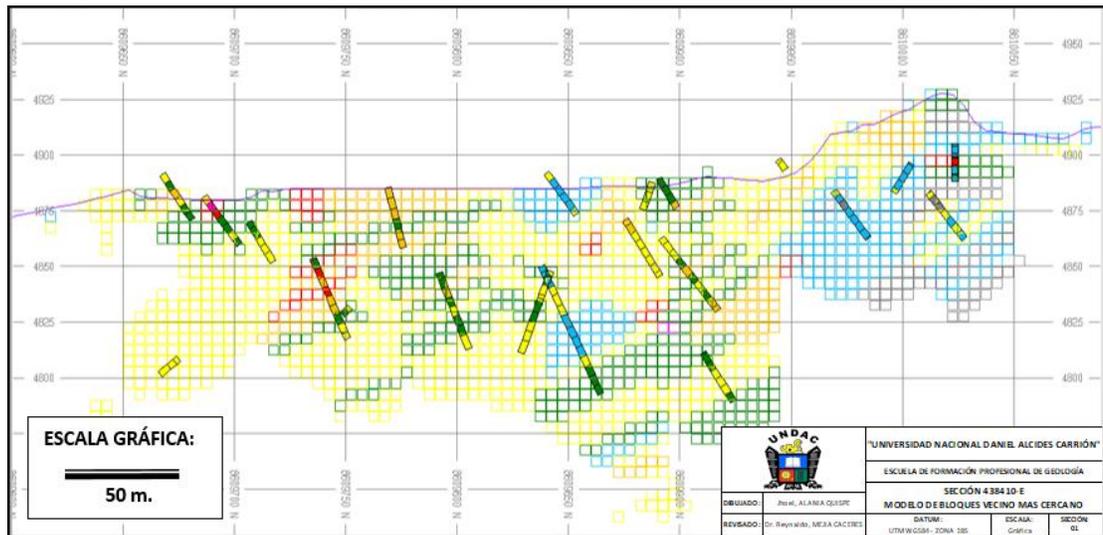


Figura 47: Modelo de bloques con leyes interpolados por Vecino Más Cercano – Cayhua (Sec.438410-E).

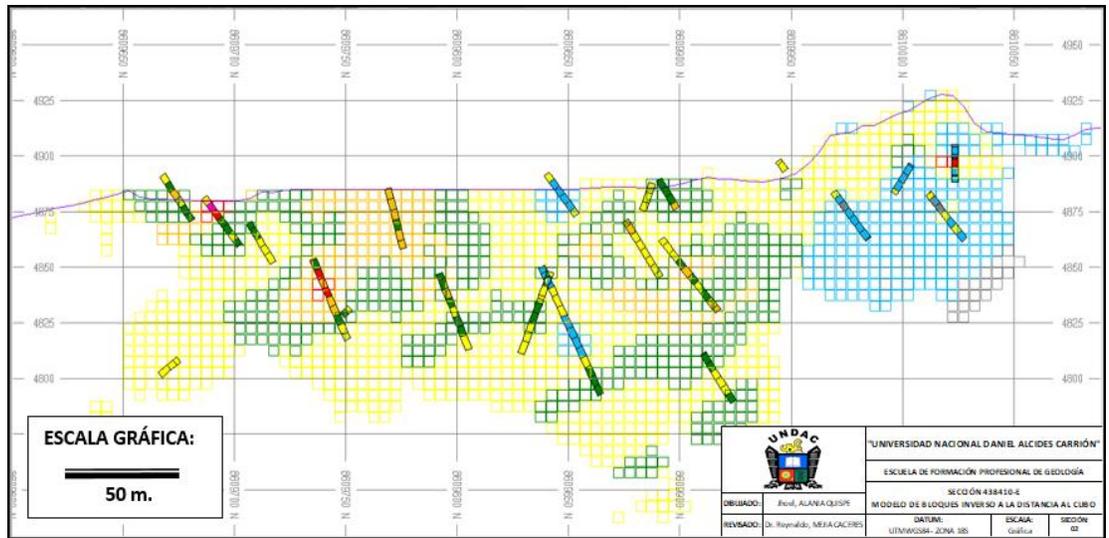


Figura 48: Modelo de bloques con leyes interpolados por Inverso a la Distancia al Cubo – Cayhua (Sec.438410-E).

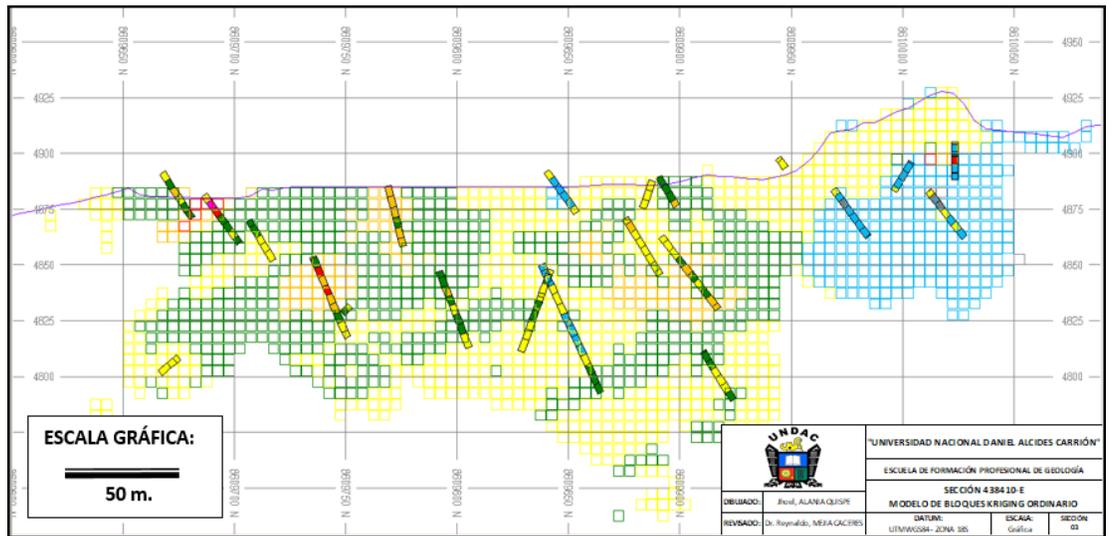


Figura 49: Modelo de bloques con leyes interpolados por Kriging Ordinario – Cayhua (Sec.438410-E).

4.2.4.2. Generación de gráficas estadísticas de comparación

Se construyeron gráficas estadísticas comparativas entre los modelos de Kriging Ordinario, Inverso de la Distancia al Cubo y Vecino Más Cercano, observándose bastante similitud entre ellos (Ver figuras 50 y 51).

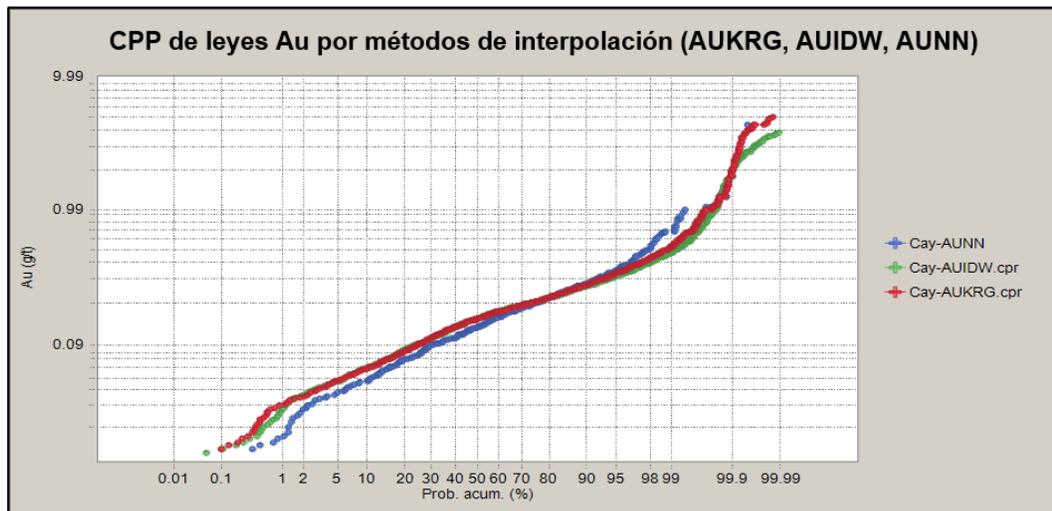


Figura 50: Comparación de curvas de probabilidad acumulada de leyes de oro entre poblaciones de modelos AUKRG (Kriging), AUNN y AUIDW.

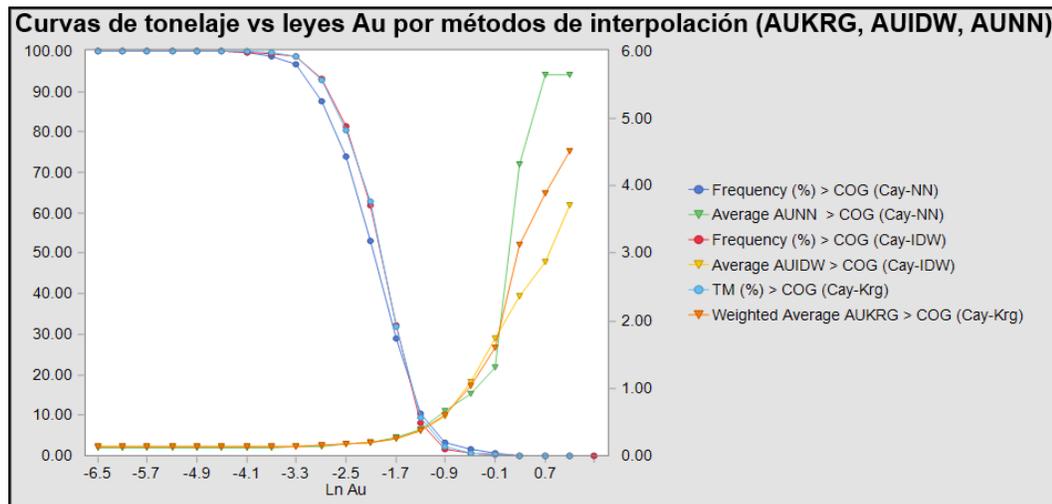


Figura 51: Comparación de curvas de tonelaje y leyes de oro entre poblaciones de modelos AUKRG (Kriging), AUNN y AUIDW.

También se realizaron gráficas Swath-Plot de leyes de oro para comparar sus comportamientos con respecto a su posición, observándose también bastante similitud entre los 3 modelos de leyes de oro (Ver figura 52).

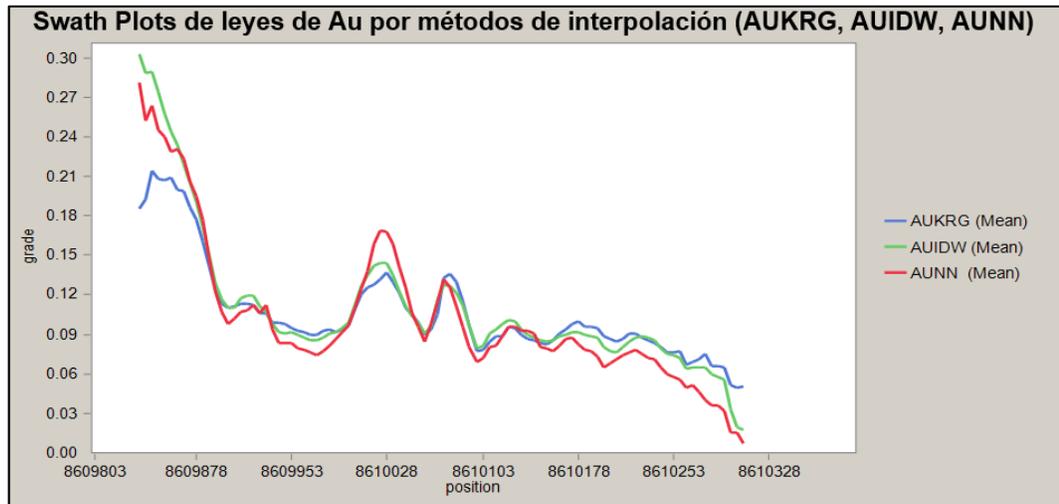


Figura 52: Comparación de Swath Plots de leyes de oro entre poblaciones de modelos AUKRG (Kriging), AUNN y AUIDW en secciones E-W.

También se realizaron comparaciones entre las leyes del modelo de bloques (AUKRG) y las leyes en los sondajes, con la finalidad de verificar si las poblaciones de leyes Au mantienen la misma distribución (Ver figuras 53 y 54).

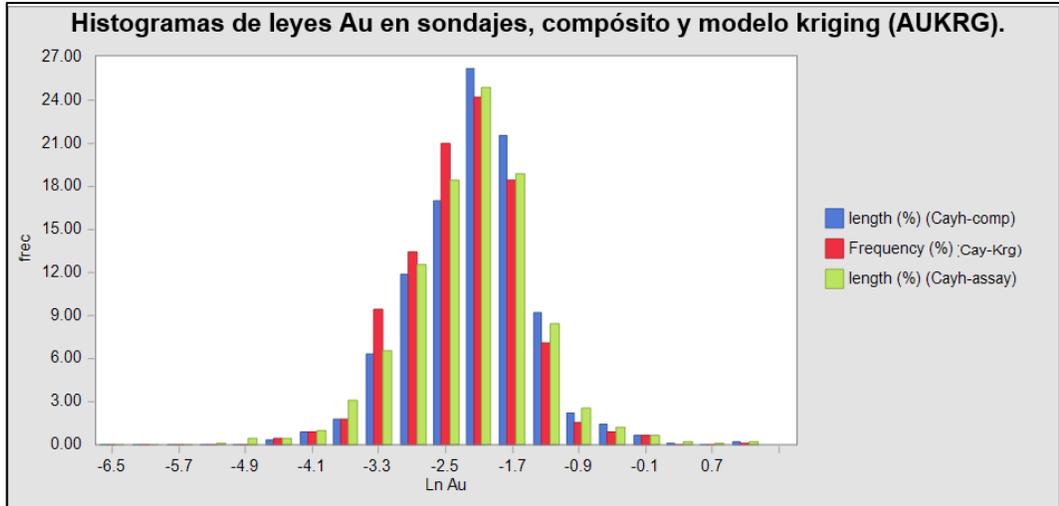


Figura 53: Comparación de histogramas de leyes de oro en sondajes, compósito y modelo kriging (AUKRG).

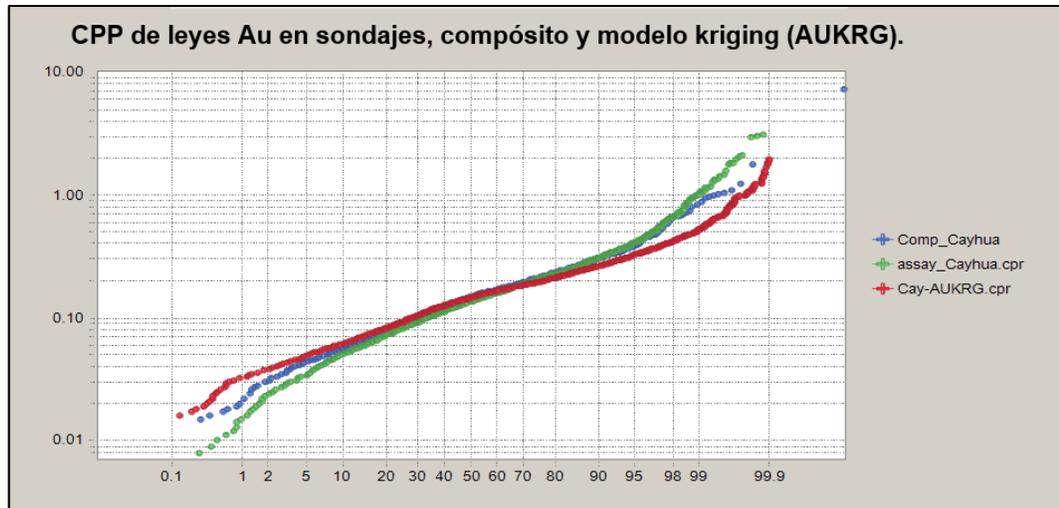


Figura 54: Comparación de curvas de probabilidad acumulada de leyes de oro en sondajes, compósito y modelo kriging (AUKRG).

4.2.5. Clasificación de recursos

4.2.5.1. Introducción a la clasificación de recursos

El Código australiano para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena (el “Código JORC” o “el Código”), establece estándares

mínimos, recomendaciones y normas para la Información Pública de resultados de exploraciones, Recursos Minerales y Reservas de Mena en Australia. Este ha sido redactado por el Comité Conjunto de Reservas de Mena de “The Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists y Minerals Council of Australia”. El Comité Conjunto de Reservas de Mena se constituyó en 1971 y publicó varios informes haciendo recomendaciones sobre la clasificación e Información Pública de Reservas de Mena antes de la primera divulgación del Código JORC en 1989. El Código original se puso en vigor en el mes de Setiembre de 1999 y la traducción al español fue publicada en el mes de mayo del 2001.

Según este código los informes públicos que tratan sobre recursos minerales y/o reservas de mena sólo deben usar los términos que se indican en la Figura 55.

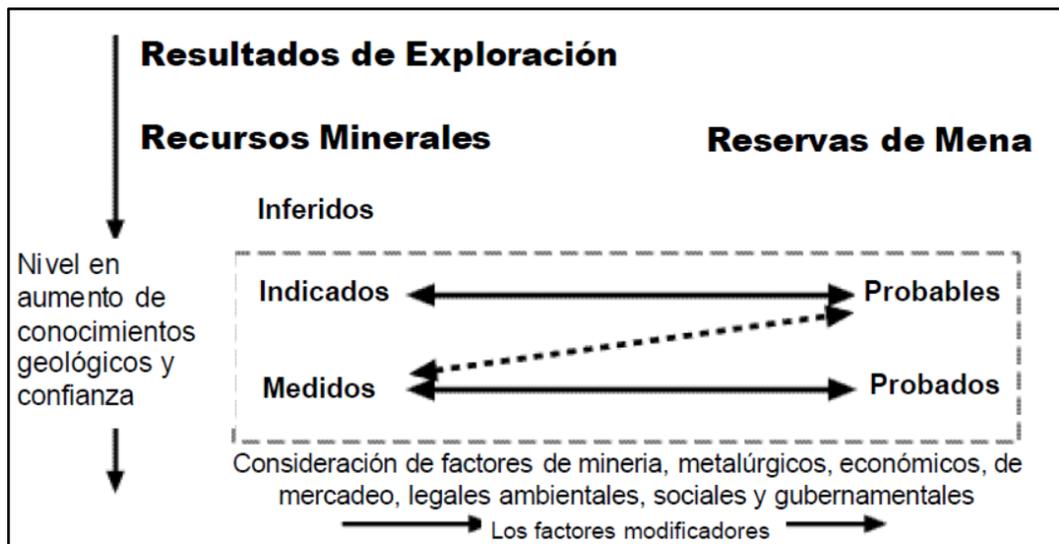


Figura 55: Relación general entre resultados de exploración, recursos y reservas minerales según el Código JORC.

En la figura 55, se indica el marco para clasificar estimaciones de tonelaje y leyes con el fin de reflejar niveles diferentes de confianza geológica y diferentes grados de evaluación técnica y económica. Los Recursos Minerales pueden ser estimados principalmente por un geólogo sobre la base de información geocientífica con algún aporte de otras disciplinas. Las Reservas de Mena que son un sub-conjunto modificado de los Recursos Minerales Indicados y Medidos, requieren la consideración de los factores que afectan la extracción incluyendo factores mineros, metalúrgicos, económicos, de marketing, legales, ambientales, sociales y gubernamentales, y en la mayor parte de los casos deben ser estimados con el aporte de una amplia gama de disciplinas.

En ciertas situaciones, Recursos Minerales Medidos podrían convertirse a Reservas Probables Minerales debido a incertidumbres relacionadas con factores de modificación que se toman en cuenta en la conversión de Recursos Minerales a Reservas de Mena. Esta relación la muestra la flecha quebrada en la Figura 55 (aunque la tendencia de la flecha quebrada incluye un componente vertical, en este caso no implica una reducción en el nivel de conocimiento geológico o confianza). En una situación como esta deben explicarse plenamente los factores modificadores.

Un **“Recurso Mineral Inferido”** es aquella parte de un yacimiento mineral para lo cual se puede estimar el tonelaje y contenido metálico con un bajo nivel de confianza. Se le infiere por la evidencia geológica y se le asume, pero no se verifica la continuidad geológica y/o el contenido metálico. Se basa

en información reunida por medio de técnicas apropiadas de afloramientos, zanjas, cateos, calicatas, taladros de perforación que pueden ser limitados o de incierta calidad y confiabilidad. Un Recurso Mineral Inferido tiene un menor nivel de confianza del que se aplica a un Recurso Mineral Indicado.

Un “**Recurso Mineral Indicado**” es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje, peso específico del mineral, la forma, las características físicas y el contenido metálico con un razonable nivel de confianza. Se basa en información reunida por medio de técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, zanjas, calicatas, trincheras, pozos y taladros de perforación. Los lugares de muestreo y estudio se encuentran muy distanciados el uno del otro o distanciados de manera inapropiada como para confirmar la continuidad geológica y/o del contenido metálico, pero se encuentran lo suficientemente próximos el uno del otro como para asumir dicha continuidad.

Un “**Recurso Mineral Medido**” es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje, el peso específico del mineral, la forma, las características físicas, y el contenido metálico con un alto nivel de confianza. Se basa en una información detallada y confiable de la exploración, del muestreo y evidencias reunidas por medio de técnicas apropiadas en lugares tales como afloramientos, zanjas, calicatas, trincheras, pozos y taladros de perforación. Los lugares de muestreo y estudio se encuentran lo suficientemente próximos el uno del otro como para confirmar una continuidad geológica y/o del contenido metálico.

4.2.5.2. Clasificación de recursos

Para realizar la clasificación de recursos minerales en el presente estudio, se asimiló el marco de clasificación del código JORC, el cual clasifica los recursos y reservas minerales en base a diferentes niveles de confianza geológica y diferentes grados de evaluación técnica y económica. En la actualidad se mantiene el uso el esquema general de clasificación de recursos y reservas minerales del código JORC (The JORC Code, 2012 Edition).

Para realizar la clasificación se usó la data geoestadística de la información del modelo de bloques y se consideró la varianza de kriging y la distancia promedio de los sondajes obtenidos previamente durante el proceso de interpolación por el método de Kriging Ordinario, además se utilizó el número de sondajes utilizados para la interpolación de cada bloque del modelo.

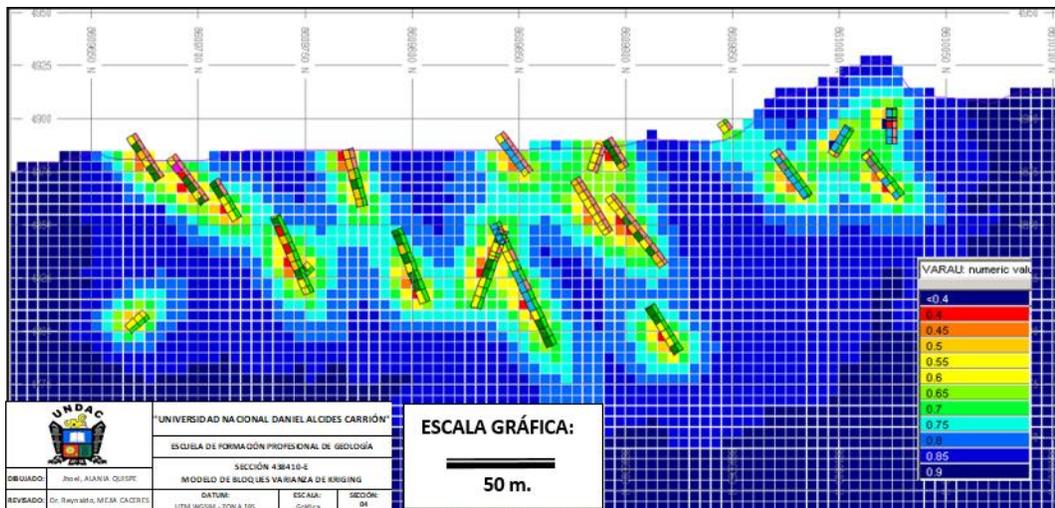


Figura 56: Sección 438410-E mostrando la Varianza de Kriging (VARAU) en Cayhua y Cayhua Norte.

En la figura 56 podemos observar una característica principal, que las varianzas en los bloques son más bajas alrededor de los taladros y son más altas conforme nos alejamos de estos taladros.

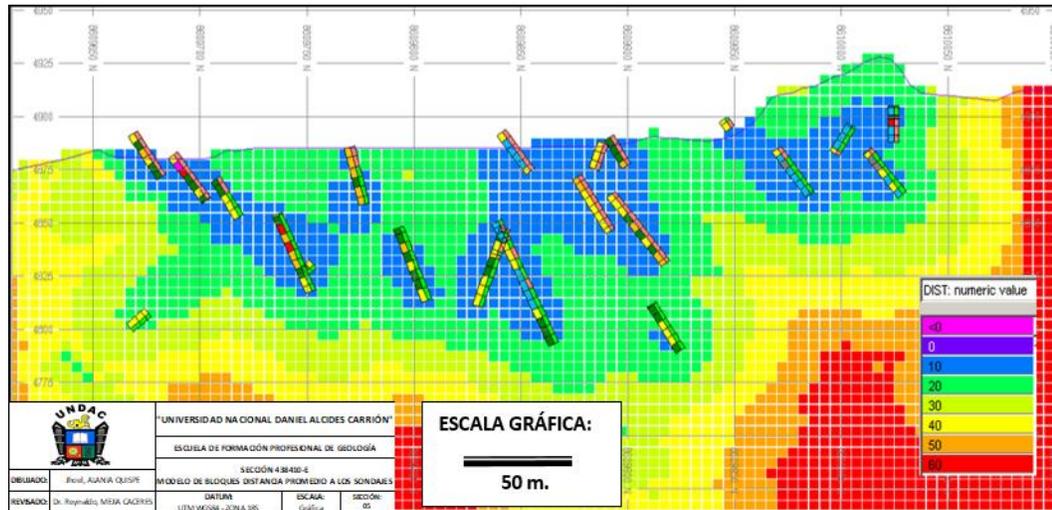


Figura 57: Sección 438410-E mostrando la distancia promedio a los sondajes (DIST) en Cayhua y Cayhua Norte.

En la figura 57 podemos observar que las distancias promedio a los sondajes también aumentan con la distancia.

En el análisis estadístico de la curva de probabilidad acumulada de la varianza de kriging (figura 58a), se observa una distribución homogénea hasta la intersección de la varianza de valor 0.85 con la frecuencia de aproximadamente 50%, a partir del cual se distorsiona, este valor nos determina que los bloques Medidos e Indicados tienen varianza < 0.85 .

Considerando la frecuencia de 50% calculada anteriormente, este se filtra o interseca en la curva de probabilidad acumulada de distancia promedio a los sondajes (figura 59b), determinándose así que los bloques Medidos tomados al 50% tendrían distancia < 28 m, y los bloques Indicados tendrían

distancia ≥ 28 m y < 40 m hasta donde la distribución de la curva se mantiene homogénea y continua.

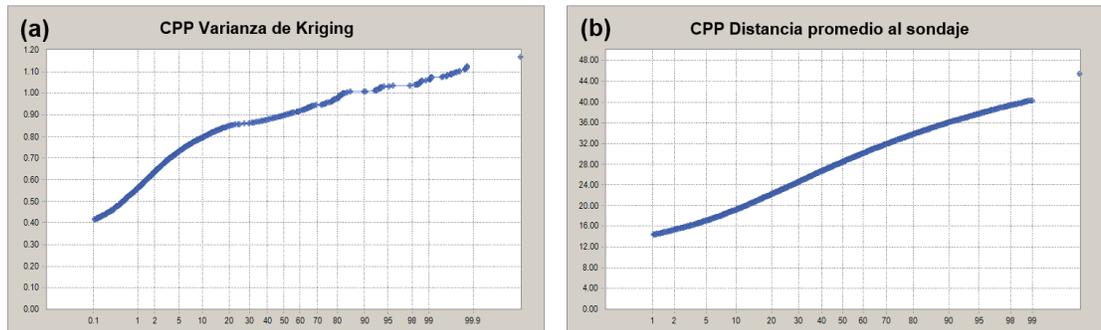


Figura 58: Distribución de la Varianza de Kriging y Distancia promedio en los bloques interpolados.

En base al análisis anterior y con los valores estimados se realizó la clasificación de recursos (Ver tabla 29).

Tabla 29: Parámetros de clasificación de recursos en Cayhua y Cayhua Norte.

Clasificación		Distancia promedio al sondaje		Número de sondajes		Varianza de Kriging	
Item	Código	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Medido	1	1	28	3	12	0	0.85
Indicado	2	28.01	40	2	12	0	0.85
Indicado	2	1	40	1	12	0	0.85
Inferido	3	Por defecto, todos los bloques que no se clasifiquen como Medido o Indicado.					

La clasificación de recursos aplicada se muestra gráficamente bastante consistente con la distribución espacial de los sondajes (Ver figuras 59 y 60).

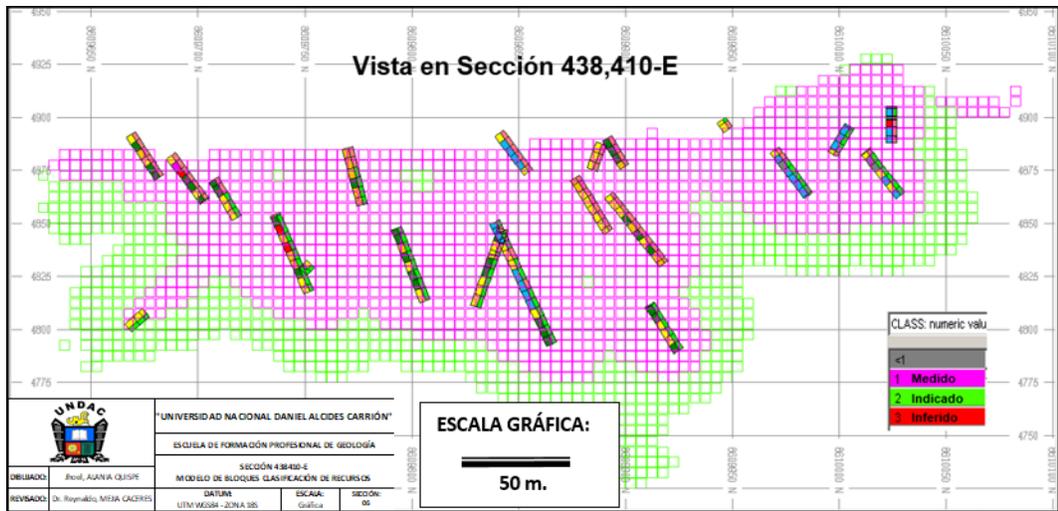


Figura 59: Sección 438410-E mostrando la clasificación de recursos en la zona Cayhua.

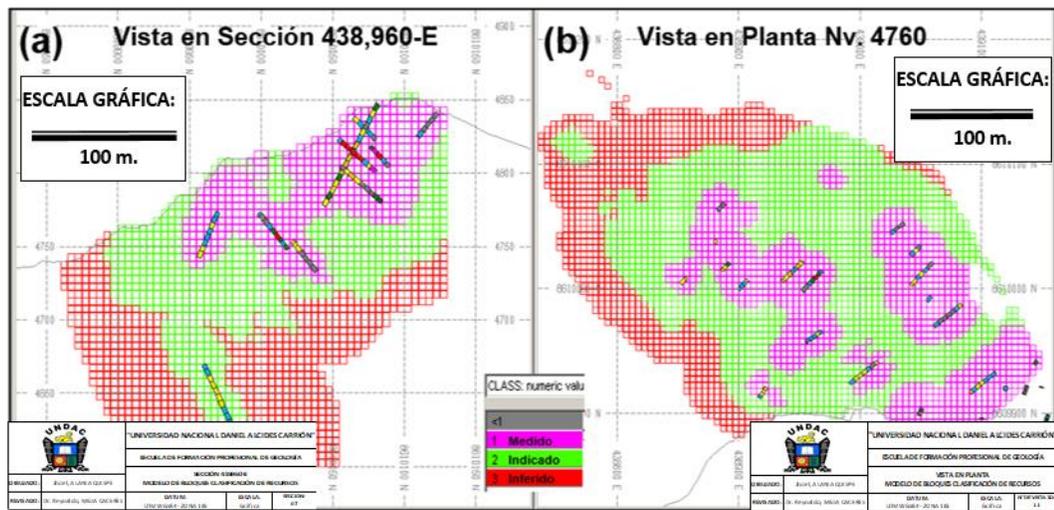


Figura 60: Vistas mostrando la clasificación de recursos en la zona Cayhua Norte.

4.2.5.2.1. Reporte de recursos

El reporte de recursos minerales está agrupado en medidos + indicados y se subdividen en base al tipo de mineralización (óxidos y sulfuros) resumidos en valores de la ley cut off, esto tanto para la zona Cayhua como para la zona Cayhua Norte. Ver tabla 30.

Considerando una ley cut off de 0.13 g/t Au, el programa de exploración 2017 identificó en la zona Cayhua un recurso mineral lixiviable de 3, 078,261 TM con una ley promedio de 0.26 g/t Au y 42,932.31 Oz Au, mientras que en la zona Cayhua Norte se identificó 1, 919,818 TM con una ley promedio de 0.38 g/t Au y 23,591 Oz. Como resultado final se obtuvo 4, 998,079 TM con una ley promedio de 0.31 g/t Au, haciendo un total de 49,083 Oz Au. Ver tabla 30.

Tabla 30: Reporte de Recursos Medido e Indicado - Zonas Cayhua y Cayhua Norte.

TIPO DE MINERALIZACIÓN	CUT-OFF G/T	ZONA CAYHUA			ZONA CAYHUA NORTE			TOTAL		
		MINERAL TM	LEY AU G/T	ONZAS AU	MINERAL TM	LEY AU G/T	ONZAS AU	MINERAL TM	LEY AU G/T	ONZAS AU
<i>Óxidos (lixiviable)</i>	>= 0.10	4,197,823	0.22	29,533	2,426,095	0.31	24,180	6,623,918	0.25	53,714
	>= 0.13	3,078,261	0.26	25,493	1,919,818	0.38	23,591	4,998,079	0.31	49,083
	>= 0.15	2,595,301	0.28	23,334	1,667,411	0.43	22,794	4,262,712	0.34	46,128
	>= 0.20	1,587,202	0.35	17,733	1,280,004	0.53	21,947	2,867,206	0.43	39,680
	>= 0.25	945,156	0.43	13,166	1,022,538	0.63	20,669	1,967,694	0.53	33,834
	>= 0.30	587,415	0.53	10,014	841,934	0.71	19,200	1,429,349	0.64	29,214
<i>Sulfuros (no lixiviable) (desmonte)</i>	>= 0.10				827,515	0.16	4,254	827,515	0.16	4,254
	>= 0.13				461,016	0.20	2,929	461,016	0.20	2,929
	>= 0.15				355,960	0.21	2,459	355,960	0.21	2,459
	>= 0.20				144,436	0.29	1,362	144,436	0.29	1,362
	>= 0.25				68,426	0.38	831	68,426	0.38	831
	>= 0.30				47,512	0.42	649	47,512	0.42	649
<i>Total Recursos Económicos Lixiviables</i>	>= 0.10	4,197,823	0.22	29,533	2,426,095	0.31	24,180	6,623,918	0.25	53,714
	>= 0.13	3,078,261	0.26	25,493	1,919,818	0.38	23,591	4,998,079	0.31	49,083
	>= 0.15	2,595,301	0.28	23,334	1,667,411	0.43	22,794	4,262,712	0.34	46,128
	>= 0.20	1,587,202	0.35	17,733	1,280,004	0.53	21,947	2,867,206	0.43	39,680
	>= 0.25	945,156	0.43	13,166	1,022,538	0.63	20,669	1,967,694	0.53	33,834
	>= 0.30	587,415	0.53	10,014	841,934	0.71	19,200	1,429,349	0.64	29,214

CONCLUSIONES

- Se evaluó y clasificó los recursos minerales del proyecto Cayhua – Cayhua Norte en base a los programas de exploración 2000 – 2017, obteniendo como resultado para la zona Cayhua un recurso mineral lixiviable (medido e indicado) de 3, 078,261 TM con una ley promedio de 0.26 g/t Au y 42,932.31 Oz Au, mientras que para la zona Cayhua Norte se obtuvo 1, 919,818 TM con una ley promedio de 0.38 g/t Au y 23,591 Oz, haciendo un total de 4, 998,079 TM con una ley promedio de 0.31 g/t Au y 49,083 Oz Au.
- Se definió los dominios de alteración (silicificación, sílice – alunita, sílice – arcilla – pirita y sílice – alunita - pirita), litología (toba de cristales dacítica) y tipo de mineralización (zona de óxidos, zona de sulfuros, morrenas y top soil) para la construcción del modelo geológico del proyecto Cayhua – Cayhua Norte en base a la interpretación de 136 secciones transversales con orientación N 45° espaciadas cada 20 m.
- Se estableció una metodología para la estimación de recursos minerales dividida en las siguientes etapas:
 - Se construyó una base de datos general para iniciar el proceso de estimación, para esto se usó toda la información histórica del proyecto Cayhua – Cayhua Norte que incluye información geológica y geoquímica de perforación diamantina (122 DDH con 9,920.45m), perforación RCD (3 RCD con 709.05 m), perforación tipo Blast Hole (45,985 BH con 269,332.40m) y muestreo de afloramientos (3,075 muestras).

- Se realizó un análisis estadístico de los datos agrupando las zonas de Cayhua y Cayhua Norte, determinándose que en general las leyes de oro tienen una distribución log-normal. La distribución de los datos globales en escala probabilística mostró que tenemos 3 poblaciones de leyes Au, una con leyes menores a 0.06 g/t, otra de leyes menores entre 0.06 y 0.50 g/t, y otra de leyes mayores de 0.50 g/t hasta los 3.5 g/t con alto errático hasta 13.55 g/t.
- Se usó los 2 dominios de tipo de mineralización (zona de óxidos y zona de sulfuros) para la estimación de recursos. El análisis de “contact plot” entre las leyes de oro en óxidos y sulfuros muestra contactos transicional y duro respectivamente, por esto se interpoló ambos dominios por separado.
- Se realizó la compositación de los tramos originales de leyes de oro por el método “largo fijo” cada 5 m, esto tomando como criterio principal el tamaño de los bloques en el modelo (5 m x 5 m x 5 m).
- Se realizó variogramas direccionados (correlogramas) con Lag de 10m, en direcciones horizontales de 0° a 180° con incrementos de 10° y una ventana de +/-5°, en direcciones verticales de -90° a +90° con incrementos de 30° y una ventana de +/- 15°. En base a los variogramas más representativos se realizó el ajuste del variograma 3D,
- Se realizó la interpolación del modelo de bloques en base al ajuste del variograma 3D, el cual determinó los parámetros del elipsoide de búsqueda para la interpolación de leyes de oro por el método de Kriging Ordinario. La interpolación del Kriging Ordinario se realizó en base a 3 pasadas o corridas de interpolación:

- Para la primera pasada se utilizó el doble de las distancias de la segunda estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados (alcance global), con un total de 12 muestras como máximo y un mínimo de 2, y con un máximo de 2 muestras por sondaje. Con lo cual nos aseguramos de interpolar dentro de los dominios para las zonas inferidas.
 - Para la segunda pasada se utilizó las distancias y direcciones de la 2da estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados, con un total de 6 muestras como máximo y un mínimo de 2, y con un máximo de 1 muestra por sondaje. Con lo cual nos aseguramos de interpolar dentro de las zonas medido e indicado.
 - Para la tercera pasada se utilizó la distancia y direcciones de la 1ra estructura, obtenidas en los variogramas 3D ajustados, con un total de 3 muestras como máximo y un mínimo de 2, y un máximo de 1 muestra por sondaje. Con lo cual nos aseguramos de reproducir los valores en el punto para los blocks medidos.
- Se estableció una metodología para la validación de la estimación de recursos minerales, el cual consiste de las siguientes etapas:
 - Se comparó visualmente los modelos de Kriging Ordinario, Inverso de la Distancia al Cubo Y Vecino Más Cercano en secciones NS, EW, transversales, longitudinales y de planta, en los cuales se observa bastante semejanza en la distribución de las leyes entre los 3 modelos.

- Se comparó gráficas estadísticas (curvas de probabilidad, curvas de tonelaje vs ley, swath plots e histogramas) de los modelos Kriging Ordinario, Inverso de la Distancia al Cubo Y Vecino Más Cercano, observándose bastante similitud entre ellos.
- Se estableció una metodología para la clasificación de recursos minerales medido, indicado e inferido. Se realizó la clasificación considerando la varianza del kriging y la distancia promedio de los sondajes obtenidos previamente durante el proceso de interpolación por el método de Kriging Ordinario, además se utilizó el número de sondajes utilizados para la interpolación de cada bloque del modelo.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas de lixiviación de sulfuros, al parecer el material se comporta como un sulfuro semi-oxidado, el cual podría lixiviarse mezclándolo con los óxidos de otras zonas
- Realizar perforaciones en las zonas circundantes con Recursos Inferidos mayores a 0.2 g/t Au, entre ellas las zonas Laura y Ampliación Diana, esto con el fin de incrementar los recursos de la mina Corihuarmi.
- Debido a que los depósitos mineralizados evaluados no son de mediana y alta ley, es recomendable explotarlos aprovechando la mayor parte de sus recursos, que son las leyes medianamente bajas las más abundantes (70%), por ello el cut-off operativo debería mantenerse lo más bajo posible, y permitir el uso de ciertas partes de los sulfuros que se comporten como material mixto, con bajo contenido de arcillas y tengan leyes mayores a 0.15 g/t.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Diehl, P. y David, M. (1982), Classification of Ore Reserve/Resource based on Geostatistical Methods. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Vol. 75.
- Dimitrakopoulos, Farrelly y Godoy, (2002), Grade uncertainty and risk effects in open-pit design.
- Estévez, E., (s.f). Apuntes sobre estimación de recursos y reservas. Departamento de geología Universidad de Pinar El Río. Recuperado de <https://vsip.info/estimacion-recursos-reservas-pdf-free.html>
- Franco, J. (2009), Informe Perforación Diamantina 2008- 2009, Junio 2009.
- JORC, (1999). Australasian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves. Joint Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia.
- Khosrowshahi, S. y Shaw W. J., (2001), Conditional simulation for resource characterisation and grade control - Principles and practice.
- Kleingeld, W.J., Thurston, M.L., Prins, C.F., y Lantuéjoul, C., (1996), The conditional simulation of a Cox process with application to deposits with discrete particles. Proceedings of the Fifth International Geostatistical Congress, Geostatistics Wollongong 96.
- Kleingeld, W. J. y Nicholas, G. D., (2004), Diamond resources and reserves—Technical uncertainties affecting their estimation, classification and evaluation.
- Krige, D.G., (1996), A practical analysis of the effects of spatial structure and data available and used, on conditional biases in ordinary kriging. 5th International Geostatistics Congress, Wollongong, Australia.

- Limaylla, J. (2011), Reporte de Recursos Medidos e Indicados de la Zona Cayhua.
- Limaylla, J. y Alania, J. (2014). Informe Estimación de Recursos y Reservas Mina Corihuarmi, Noviembre del 2014.
- Limaylla, J. y Quispe, R. (2013), Informe Estimación de Recursos del Proyecto Cayhua, Febrero del 2012.
- McKelvey, V. E. (1972), Mineral Resource Estimates and Public Policy: Better methods for estimating the magnitude of potential mineral resources are needed to provide the knowledge that should guide the design of many key public policies.
- Ramos Z. y Alania J. (2017). Informe de Geología de Producción de la Mina Corihuarmi a diciembre del 2017.
- Soluciones en Evaluación de Recursos, Reservas, Proyectos de Inversión y Operaciones Mineras. (s.f.). Cálculo de Reservas. Consultado el 30 de octubre del 2019. https://www.geoestadistica.com/calculo_reservas.htm.
- Stephenson, P.R., (2001), The JORC Code. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy.
- Stephenson, P.R., y Stoker, P.T., (2001), Classification of Mineral Resources and Ore Reserves. In Mineral Resource and Ore Reserve Estimation - The AusIMM Guide to Good Practice. Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Monograph 23.
- The JORC Code 2012 Edition (2012). Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves.
- Vallée, M., et ál. (1992). Guide to the Evaluation of Gold Deposits. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM), Special Volume 45.

Vélez, G. (2009), Reporte de Recursos Inferidos de las Zonas Laura y Cayhua (alta),
Noviembre del 2009.

Vilca, Y. (2018). Estimación de recursos y reservas del yacimiento aurífero Fidami, Sancos
– Lucanas – Ayacucho. Universidad Nacional Del Altiplano.

ANEXOS

- **Informe de aprobación de la empresa Minera IRL S.A., Unidad Minera Corihuarmi.**



002_01-2023 / GEO

INFORME DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Zenón Luis, Ramos Martínez, identificado con DNI 20651160, en mi calidad de Gerente de Exploraciones de la empresa Minera IRL S.A. con RUC 20505174896, con sede en Av. Santa Cruz 830 – 401, Miraflores, Lima; informo en representación de la empresa lo siguiente:

El Sr. Fernandines Jhoel, Alania Quispe, identificado con DNI 44502860, quien ocupa el cargo de Jefe de Geología de la U.M. Corihuarmi, ha realizado su Informe de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo en base a la información del proyecto de exploración geológica Cayhua – Cayhua Norte (perforación DDH, RCD y Taladros Largos, mapeo geológico, muestreo geológico, QA/QC, entre otros), del cual está a cargo desde marzo del 2012 hasta la actualidad.

En representación de Minera IRL S.A., se aprueba el Informe de Suficiencia Profesional titulado como: “Evaluación y clasificación de recursos minerales del proyecto Cayhua – Cayhua Norte en base a los programas de exploración 2000 – 2017, Mina Corihuarmi”. Además, se autoriza su presentación para los fines de obtención del título profesional.

Lima, 13 de enero del 2023.



Ing. ZENON RAMOS M.
Gerencia de Exploraciones
MINERA IRL S.A.

- **Certificado de trabajo de la empresa Minera IRL S.A., Unidad Minera Corihuarmi.**



Av. Santa Cruz 830 - 401 Miraflores

RUC: 20505174896

CERTIFICADO DE TRABAJO

La empresa que suscribe **CERTIFICA** que el Sr. **FERNANDINES JHOEL ALANIA QUISPE** identificado con DNI **44502860** laboró en nuestra empresa desde el **04/03/2012** al **14/01/2022** dentro de la unidad Minera Corihuarmi desempeñándose como **JEFE DE GEOLOGIA**

Durante su permanencia demostró conocimiento y puntualidad en las labores que se le asignaron.

Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Lima, 16 de Enero del 2022

MINERA IRL S.A.

DORIS RAMOS C.
Gerencia Recursos Humanos