

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**Evaluación geoestadística de recursos con el
modelo de celdas – El Toro 5**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor: Bach. Elvis David QUINTO CURI

Asesor: Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**Evaluación geoestadística de recursos con el
modelo de celdas – El Toro 5**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
PRESIDENTE

Ing. Ramiro Ernesto DE LA CRUZ FERRUZO
MIEMBRO

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Benjamín y Josefina, quienes con amor y comprensión supieron guiarme por el camino del éxito y la superación.

RECONOCIMIENTO

A Dios por ser mi guía y permitirme que mis anhelos se haga realidad, Docentes Universitarios, Emily y mi hijo quienes supieron comprender mis deseos de superación y a toda mi familia que contribuyeron desinteresadamente para desarrollarme profesionalmente.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar los recursos de minerales utilizando la geoestadística en el yacimiento El Toro 5.

Para realizar este proyecto es necesario determinar el comportamiento geológico y geoestadístico de la mineralización del mencionado yacimiento.

El yacimiento está ubicado en la franja metalogénica XX, donde se ubican yacimientos hidrotermales de alta sulfuración de mineralización polimetálica, predominando la mineralización aurífera con asociaciones de plata y cobre. Asimismo es importante el control estructural asociada con la mineralización.

El entendimiento de los procesos geoestadísticos aplicados, nos ayudaran a determinar los recursos del yacimiento El Toro 5.

Palabra clave: Geoestadística, mineralización, yacimiento.

ABSTRACT

This thesis aims to determine mineral resources using geostatistics in the El Toro 5 deposit.

To realize this project is necessary to determine the geological and geostatistical mineralization behavior of the mentioned deposit.

The deposit is located in the XX metallogenic strip, where high-sulfur hydrothermal deposits of polymetallic mineralization are located, with gold mineralization predominating with silver and copper associations. Also important is the structural control associated with mineralization.

The understanding of the applied geostatistical processes will help us determine the resources of the El Toro 5 deposit.

Keywords: Geostatistics, mineralization, Deposit.

INTRODUCCION

El yacimiento minero El Toro, está clasificado como un yacimiento de alta sulfuración con mineralización de Au, Ag y Cu, ubicándose en la franja metalogenica XX.

El yacimiento cubre un sector importante de la franja central del Corredor Chimú (Quirita, 2006), comprende los departamentos de Ancash, La Libertad y Cajamarca; abarca parte occidental de la franja sedimentaria mesozoica y volcánicos terciarios. El marco estructural regional revela actividad tectónica pre sin y post-magmática-hidrotermal. El primer evento registrado es de tendencia SENW (Cordillerano), lineamientos disturbados por Fallas de Transferencia de dirección NE, que favorecieron el emplazamiento de mineralización económica, principalmente Au, Ag, Cu-Mo. Primeros indicios y guías de exploración por este tipo de depósitos lo constituyen las “Geoformas dómicas” generadas por intrusiones hipabisales terciarias (diques/stocks de dacita-andesita), cuerpos de brechas hidrotermales, imbricación tectónica por corrimiento de fallas; constituyen marco favorable para el emplazamiento y la ocurrencia de la mineralización aurífera y polimetálica dentro del “mencionado corredor”, que alberga operaciones mineras con características similares como La Virgen, La Arena, Lagunas Norte, Santa Rosa, Shahuindo, etc. Caracterización geoquímica y petro-mineralógica confirman para El Toro, patrones y ensambles de mineralización aurífera de Alta sulfuración. La columna estratigráfica del sector muestra la secuencia sedimentaria mesozoica, constituida hacia la base por rocas pelíticas (formación Chicama), seguidas por secuencias clásticas limo-arenosas (formación Chimú) y lutáceocalcáreas hacia el techo (formaciones Santa-Carhuaz y Farrat); en

algunas localidades, están cubiertas por tobas, aglomerados intercaladas con sedimentos limo-arenosos (grupo Calipuy) y en otras, cortados por stocks y cuerpos intrusivos menores de edad terciaria, composición andesítica a dacítica.

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del Problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	2
1.3.	Formulación del Problema	2
	1.3.1. Problema general	2
	1.3.2. Problema específicos	2
1.4.	Formulación de objetivos	2
	1.4.1. Objetivo general	2
	1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación	3
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
2.2.	Bases teóricas-científicas	5
2.3.	Definición de términos básicos	29
2.4.	Formulación de hipótesis	31
2.4.1.	Hipótesis General	31
2.4.2.	Hipótesis específicas	31
2.5.	Identificación de Variables	31
2.5.1.	Variables Independientes	31
2.5.2.	Variables Dependientes	32
2.5.3.	Variables Intervinientes	32
2.6.	Definición Operacional de Variables e Indicadores	32
2.6.1.	Variable: La Evaluación geoestadística con el modelo de Celdas. Operadores	32
2.6.2.	Variable: Recursos Económicos de la Mina el Toro 5. Operadores	31

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación	33
3.2.	Métodos de investigación	33
3.3.	Diseño de la Investigación	34
3.4.	Población y Muestra	34
3.4.1.	Población	34
3.4.2.	Muestra	34
3.5.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	34
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	35
3.7.	Tratamiento estadístico	35
3.8.	Selección, Validación y confiabilidad de los instrumentos de Investigación	36
3.9.	Orientación ética	36

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	37
4.1.1.	Ubicación y accesibilidad	37
4.1.2.	Historia	39
4.1.3.	Geomorfología	40
4.1.4.	Geología Regional	41
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	44
4.2.1.	Geología estructural	45

4.2.2- Geología económica	49
4.2.3. Geoestadística	50
4.2.4. Validación de datos	50
4.3. Prueba de hipótesis	51
4.3.1. Compositar los datos	53
4.3.1.1. Definir longitud de composición	53
4.3.1.2. Compositar	54
4.3.2. Variograma experimental	55
4.4. Discusión de resultados	62
4.4.1. Categorización de reservas	64

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del Problema

Es importante para cualquier yacimiento, determinar sus recursos para conocer su interés económico, por lo que la presente tesis tiene como objetivo conocer los recursos de la mina El Toro 5, utilizando la geoestadística con el modelo de celdas y asimismo describir el comportamiento geológico de la mineralización económica.

Este trabajo de tesis, se basa fundamentalmente en la determinación de las reservas y recursos mineral de la Mina El Toro, considerando en primer lugar al análisis e interpretación geoestadístico de las particularidades geológicas que presenta el yacimiento.

Es necesario resolver la problemática sobre el método de evaluar los recursos y estudiar la relación que pueda tener con la génesis del yacimiento.

1.2. Delimitación de la investigación

La delimitación del estudio constituye el yacimiento de la unidad minera El Toro, para la determinación de los recursos y reservas por el método de celdas aplicadas en todas sus estructuras mineralizadas.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1 Problema General

¿La evaluación geoestadística con el modelo de celdas determinará los recursos económicos de la Mina El Toro 5?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿La descripción geológica contribuirá en categorizar los recursos minerales del yacimiento El toro 5?
- ¿El modelo de celdas contribuirá a categorizar los recursos económicos de la mina El toro 5?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar con la geoestadístico de recursos con el modelo de celdas en la mina El Toro.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Categorizar los recursos minerales con el modelo de celdas en la mina El Toro 5
- Describir la geología del yacimiento El Toro 5.
- Conocer el proceso geoestadístico.

1.5. Justificación de la investigación

La justificación del estudio es observar el comportamiento, distribución espacial y distribución geométrica (variografía) de algunas leyes económicas y metálicas relacionando: caracteres de mineralización, franjas metalogénicas, tiempo y espacio geológico donde están ubicados los proyectos mineros.

El presente estudio es importante porque tiene los siguientes alcances.

- Aplica y analiza el modelo de celdas en la evaluación de recursos de la Mina el toro 5.
- Analizar la geología de la Mina.

El Proyecto se justifica por los siguientes aspectos:

- **En cuanto a la ciencia**

Nos dará criterios para entender cómo se aplica la geoestadística con el modelo de celdas en la evaluación de recursos.

- **En cuanto a la técnica**

Constituir un modelo de evaluación de recursos.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones del presente proyecto son características de los estudios geológicos, debido a su naturaleza los resultados son únicos y son validados para la zona de estudio; son únicos porque las rocas, minerales tienen una condición única en cada zona de estudio por su origen y son validados de acuerdo a los principios geológicos establecidos, pero los datos resultados pueden usarse en otras zonas con un margen de error.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Se tiene una información sobre la aplicación de la geoestadística en la ingeniería geológica, estudio realizado por E. Pérez P. con la tesis intitulado “Metodología de modelamiento de variogramas como tema de aplicación de la geoestadística a la ingeniería geológica” ,donde realiza una evaluación de la geoestadística como una técnica de apoyo a la evaluación de recursos de un yacimiento.

2.2. Bases Teóricas - Científicas

CONCEPTOS GEOESTADÍSTICOS

La Geoestadística se basa en la teoría de la Variable Regionalizada desarrollada por el Dr. G. Matheron, (su tesis de Doctorado: Les variables régionalisées et leur estimation: une application de la théorie

des fonctions aléatoires aux sciences de la nature, publicada en 1965), que brinda una base matemática-probabilística al análisis de datos.

CONCEPTO DE LA VARIABLE REGIONALIZADA

La teoría de la variable regionalizada considera al valor observado como una realización de la variable aleatoria, incluyendo su posición de ubicación en una región o espacio, que define una Función Aleatoria. Las realizaciones de dicha Función presentan una distribución que puede ser modelable. Ver figura 1

Representación de la función variable regionalizada

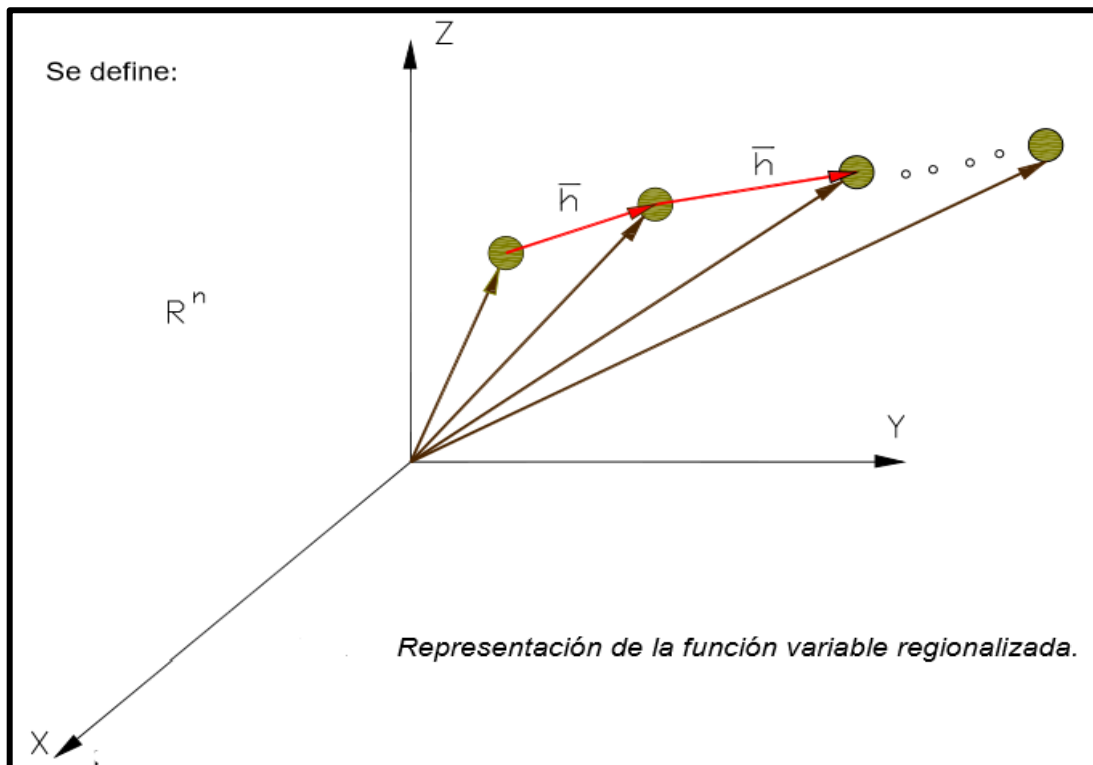


Figura 1. Representación de la función variable regionalizada.
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Variable_estadística

Donde:

X_i = Punto en R^n

$z_{(x)}$ = Realización de una variable aleatoria

$Z_{(x)}$ = Función de la variable

HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

MEDIDAS DE CENTRALIZACIÓN Y DISPERSIÓN

Las medidas de centralización son aquellas que tratan de reflejar el total de muestras. Las medidas usadas en el presente estudio son la media aritmética y la moda.

MEDIA ARITMÉTICA: Promedio de los valores reales del conjunto de datos.

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \dots \dots \dots (3)$$

Siendo: X_i = Valor observado o valor muestra
 n = Total de muestras

MODA: Valor más frecuente del total.

Las medidas de dispersión reflejan el grado de diferencia que hay entre el valor promedio y los valores reales del conjunto de datos. Se utilizaron la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n} \dots \dots \dots (4)$$

$$cv = \frac{\sigma}{\bar{X}} \dots \dots \dots (5)$$

Siendo: σ = Desviación estándar
 \bar{X} = Media aritmética
 X_i = Valor observado o valor muestra
 n = Total de muestras

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

La distribución de frecuencias como concepto estadístico es un arreglo o disposición de los datos según su peso o cantidad de datos, expresado en rangos de valores, en este caso las leyes, que serán definidas como variables regionalizadas.

La importancia de su aplicación en el análisis estadístico de las variables regionalizadas, radica en el proceso de Caracterización de la Distribución de la variable estudiada.

Se cita los trabajos del Dr. Krige G., quien presentó aportes en estudios de la variabilidad de la ley de oro de las minas de Witwatersrand en Sudáfrica, encontrando la lognormalidad del oro en este tipo de ambiente.

MODELOS TEÓRICOS DE DISTRIBUCIÓN NO UNIFORME

Los modelos Lognormal y Normal o también llamado Modelo de Gauss, son dos modelos teóricos. Ver figura 2.

➤ Modelo log normal

Ecuación Log Normal

$$f(x) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi x\beta}} \right) e^{-\frac{1(\ln x - \alpha)^2}{2\beta^2}} \dots (6)$$

Donde:

$$\ln x = y$$

$$\alpha = \mu_y \text{ (Media Aritmética)}$$

$$\beta^2 = \sigma_y^2 \text{ (Varianza)}$$

Representación Gráfica

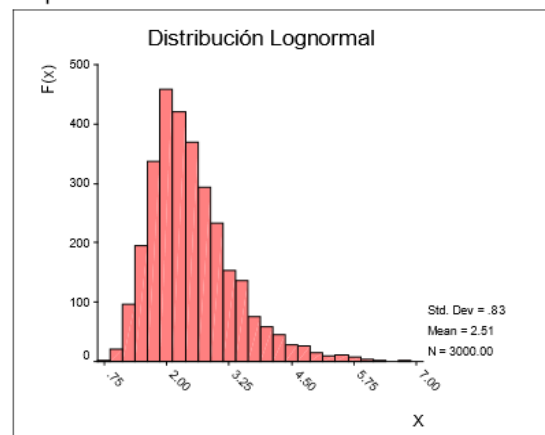


Figura 2. Distribución Lognormal.
Fuente: Propio

➤ **Modelo Normal o de Gauss.** Ver figura 3.

Ecuación Normal o Teórica
(Ecuación de Gauss)

$$f(y) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_y} \right) e^{-\frac{1(y-\mu_y)^2}{2 \sigma_y^2}} \dots (7)$$

Donde:

$$\ln x = y$$

$$\alpha = \mu_y \text{ (Media Aritmética)}$$

$$\beta^2 = \sigma^2_y \text{ (Varianza)}$$

Representación Gráfica

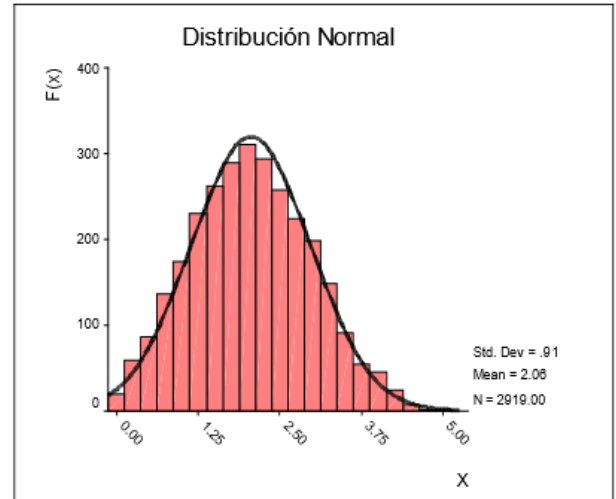


Figura 3. Distribución Normal.
Fuente: Propio

Nota. - Las representaciones gráficas mostradas en el esquema, fueron realizadas mediante métodos numéricos, creando programas pilotos que luego fueron corridos en un software gráfico, todo ello a fin de presentar ilustraciones de los modelos teóricos según su forma matemática.

DIAGRAMA PP-PLOT

El diagrama PP-Plots es una herramienta estadística que relaciona la normalización de los valores observados con la distribución normal o teórica (Gauss) de una manera gráfica en un formato de hoja logarítmica neperiana. Ver figura 4.

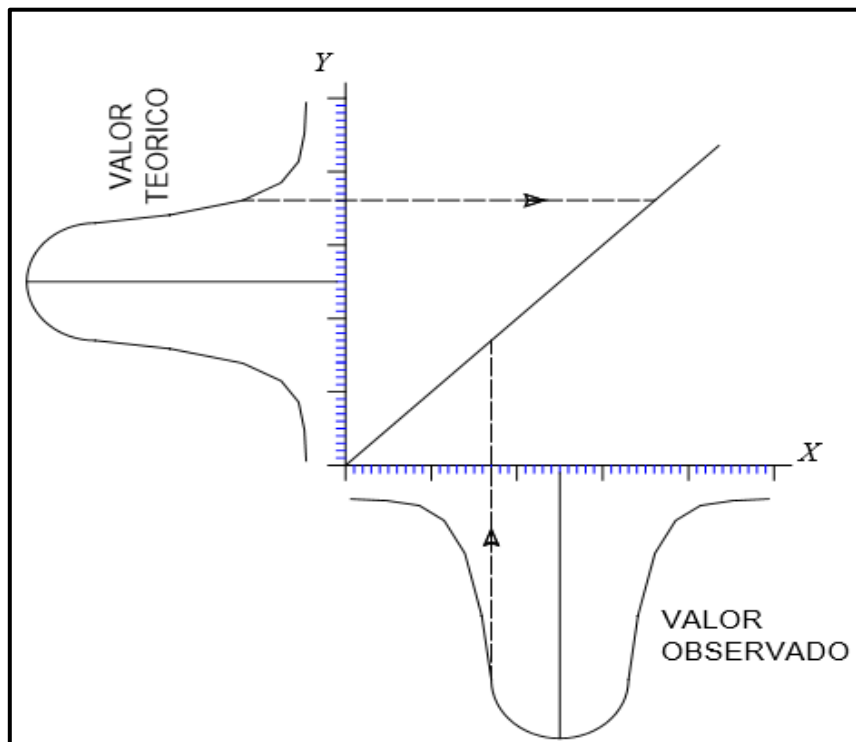


Figura 4. Diagrama pp-plot.
Fuente: Propio

Representación del diagrama PP-Plots, relacionando la normalización de los valores observados y la distribución gaussiana.

Correlación, nube de correlación y coeficiente de correlación La correlación es la relación entre dos o más variables. Por definición la nube de correlación es su presentación gráfica, que puede tener una tendencia de lineal a caótica. El coeficiente de correlación, es un caso particular del correlograma $\rho(h)$ cuando h es igual a cero.

$$r = \rho(h = 0) = \frac{\text{covariograma}(0)}{(S_x)(S_{x+0})} \dots (8)$$

Donde: S_x = Desviación Típica

El parámetro representa los siguientes casos:

- Si la nube de correlación tiende a una relación lineal, el coeficiente de correlación "r" tiende a valores 1 o -1.
- Y si la nube de Correlación tiende a una relación caótica, el coeficiente de correlación "r" tiende a cero. Se recomienda para un mejor análisis, asociar la presentación gráfica (nube de correlación) con su coeficiente de correlación, en el caso de que se tenga que correlacionar más de dos variables se usará matrices de correlación.

HERRAMIENTAS GEOESTADÍSTICAS

VARIOGRAMA Y ELEMENTOS

El variograma es una función estocástica y representa la modelización del comportamiento de la ley, con su grado de discrepancia entre los valores que toma en cada punto del espacio Rn. Expresiones matemáticas:

Probabilística

$$2\gamma(\vec{h}) = \frac{1}{V} \int_V [Z(x) - Z_{(x+\vec{h})}]^2 dx \dots(9)$$

o

$$2\gamma(\vec{h}) = E [Z_{(x)} - Z_{(x+\vec{h})}]^2 \dots (10)$$

➤ Clásica

$$\gamma(\vec{h}) = \frac{\sum_{i=1}^n [z_{(x)} - z_{(x+\vec{h})}]^2}{2np} \dots(11)$$

Donde:

$\gamma(\vec{h})$ = Función Variograma

X_i = Punto en R^n

$z_{(x)}$ = Realización de una variable aleatoria

$Z_{(x)}$ = Función de la variable

\vec{h} = Vector interdistancia (en el espacio R^n)

np = Número de pares

MODELADO DEL VARIOGRAMA EXPERIMENTAL

Consiste en ajustar una función matemática con parámetros tales como: Efecto Pepita, Meseta, Radio de influencia, los cuales pueden definir al elipsoide de influencia.

ELEMENTOS GRÁFICOS DEL VARIOGRAMA:

Efecto Pepita, es el grado de erraticidad de la variable y está determinado en la intersección con el eje Y.

Meseta, es la ordenada donde la Función deja de ser creciente. La función variograma no siempre tendrá meseta.

Radio de Influencia o Alcance del Variograma, es la proyección en el eje de las abscisas del punto en donde deja de ser creciente la función.

Teniéndose la relación: **$C1 = C - C0$** . Ver figura 5

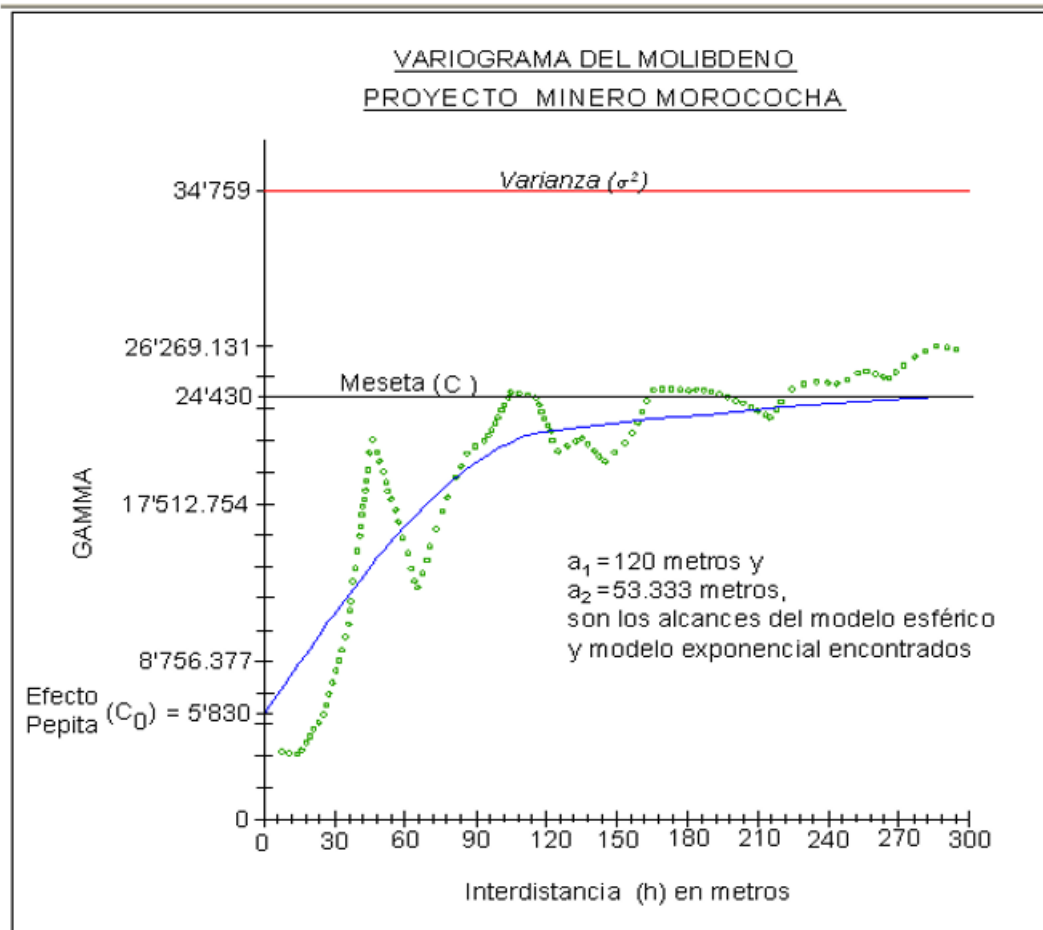


Figura 5. Variograma del Molibdeno.
Fuente: Proyecto minero Morococha

Representación del comportamiento típico de un semivariograma acotado con una representación de los parámetros básicos encontrado en el proyecto minero Toromocho, para el Molibdeno.

Algunos Modelos Teóricos de Variogramas

➤ **Función Variograma de Matheron o Esférico.** Ver figura 6.

$$\gamma(\bar{h}) = \begin{cases} C_1 \left[\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right] + C_0 & \forall h \in [0, a] \dots (12) \\ C_1 + C_0 & \forall h \in]a, \infty[\end{cases}$$

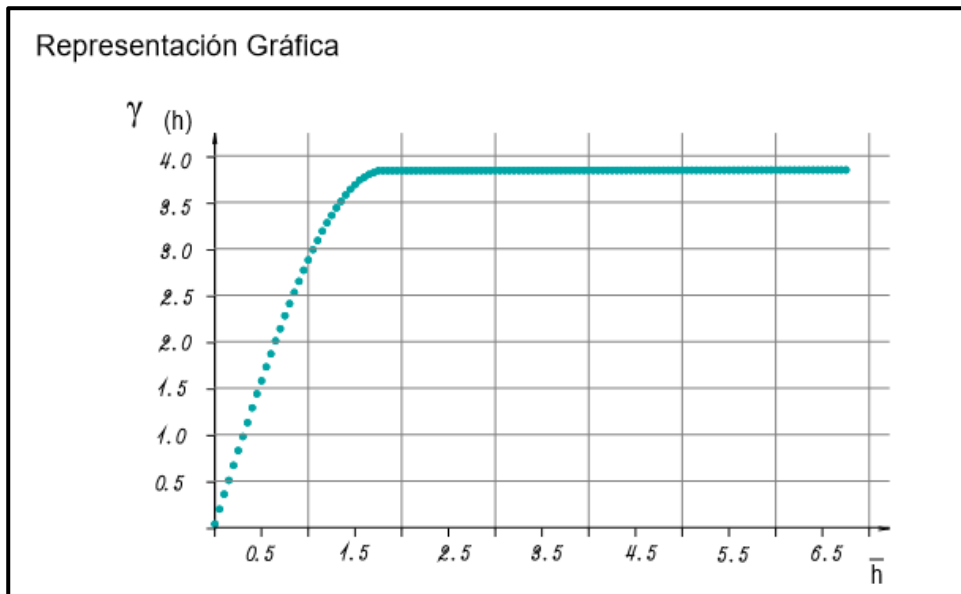


Figura 6. Función Variograma de Matheron.
Fuente: Propio

➤ **Función Variograma de Efecto Pepita.** Ver figura 7.

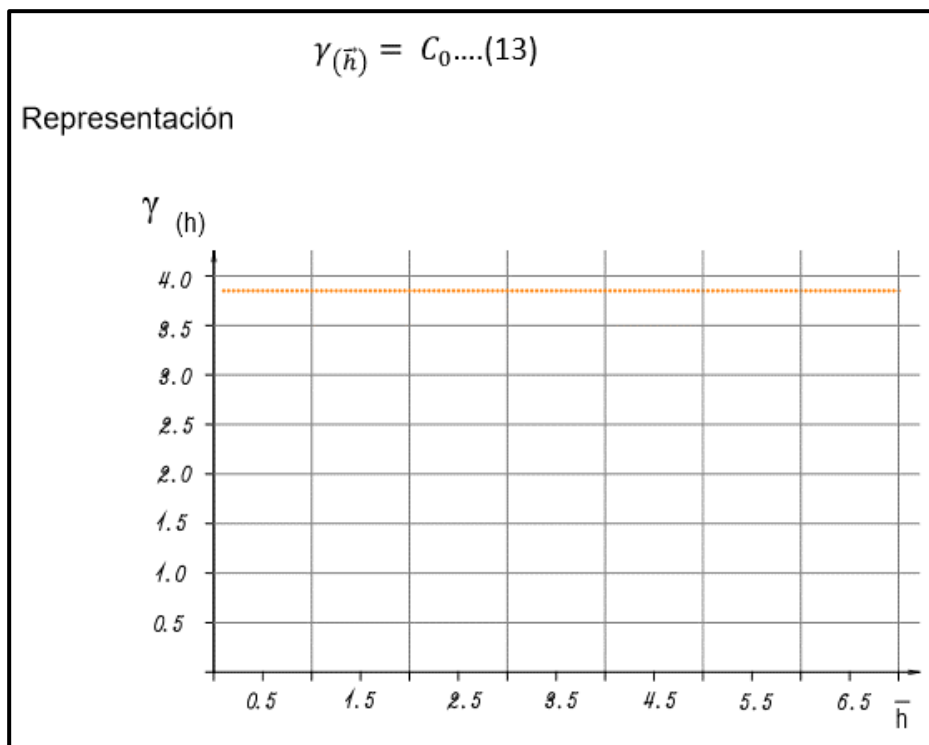


Figura 7. Función Variograma de Efecto Pepita.
Fuente: Propio

➤ **Función Variograma de Formery o Exponencial.** Ver figura 8.

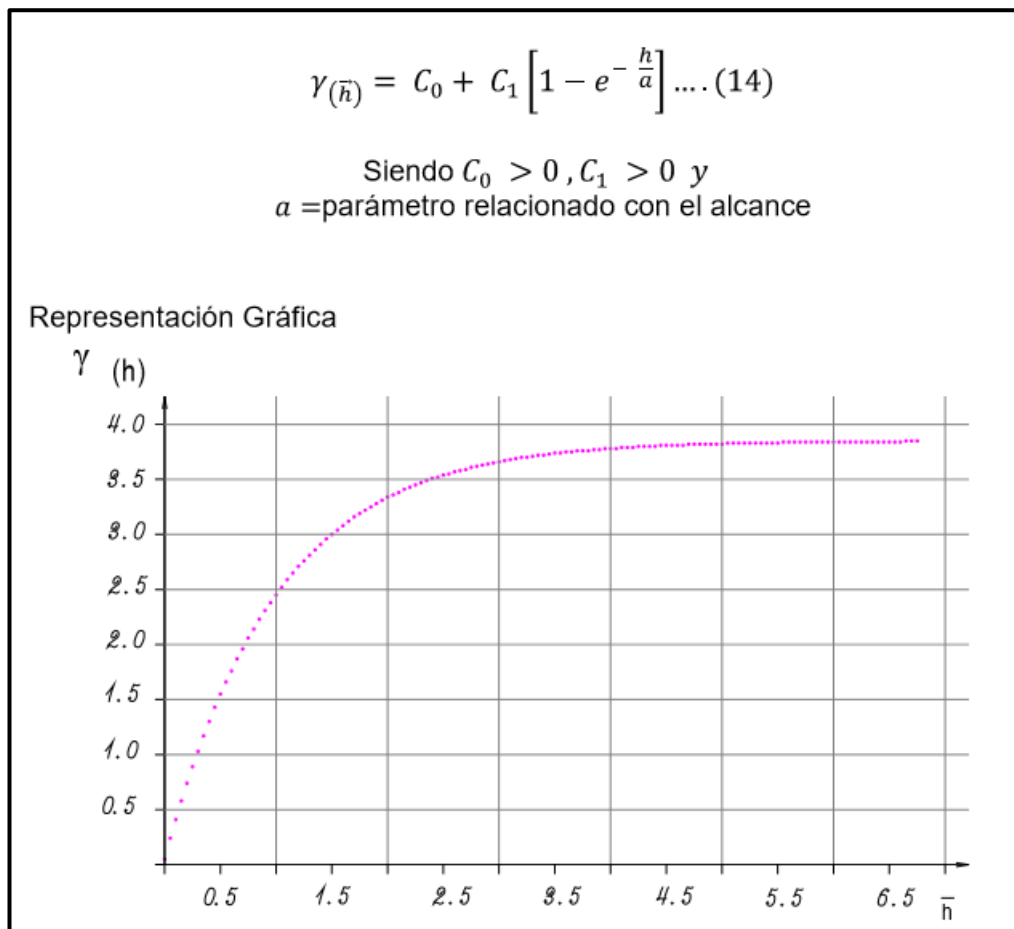


Figura 8. Función Exponencial.
Fuente: Propio

MÉTODO DEL KRIGING DE MATHERON

A continuación se presenta brevemente un algoritmo de la técnica de estimación, Krigeage o Kriging de Matheron, solamente para visualizar la trascendencia e importancia de una cuidadosa modelación de los variogramas de las variables. Es importante señalar que la estimación corresponde a una etapa posterior a este trabajo.

La ley verdadera ($Z_{V(x)}$) de cada bloque de un yacimiento está dada por la siguiente expresión definida en R^3 .

$$Z_{V(x)} = \frac{1}{V} \int_V Z(x) dx \dots(15)$$

Donde: $Z(x)$ =Función aleatoria que modela la variable regionalizada.

Representación del elipsoide de influencia con anisotropía, construido a partir de los alcances de los variogramas. Ver figura 9.

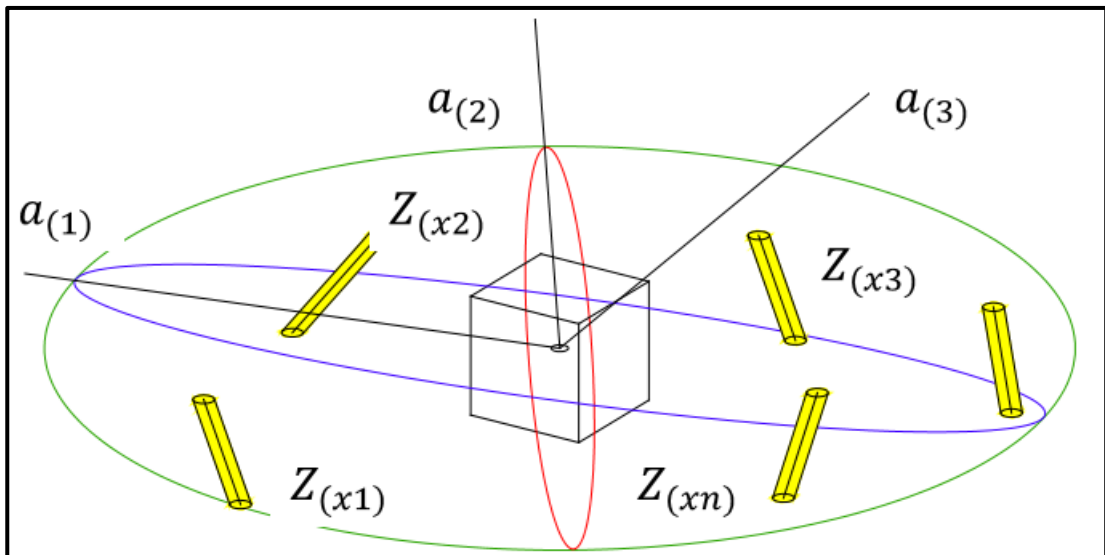


Figura 9. Representación del elipsoide de influencia con anisotropía.
Fuente: Propio

Representación del elipsoide de influencia de un bloque de volumen “V” con grado de anisotropía de alcances $a_{(1)}$, $a_{(2)}$ y $a_{(3)}$

Donde:

$$Z_{(x1)} , Z_{(x2)} , Z_{(x3)} , \dots , Z_{(xn)}$$

son las realizaciones de la función aleatoria que representa a la ley, ubicados en el espacio muestral o espacio de probabilidades.

El sistema de Kriging se deduce a partir de la varianza de estimación.

La varianza de estimación σ_E^2 se expresa matemáticamente como:

$$\sigma_E^2 = E[Z_{(X)} - Z_{(X)}^*]^2 \dots (16)$$

$$\sigma_E^2 = E \left\{ Z_{V(X)}^2 - 2Z_{V(X)} \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_{(Xi)} + \left[\sum_{i=1}^n \lambda_i Z_{(Xi)} \right]^2 \right\} \quad (17)$$

Donde:

σ_E^2 = Varianza de Estimación o Error de Muestreo

$Z_{(X)}$ = Valor real de la Estimación

$Z_{(X)}^*$ = Estimador

Minimizando la varianza de estimación con el método de Lagrange se tiene:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_E^2}{\partial \lambda_1} = 0 \\ \frac{\partial \sigma_E^2}{\partial \lambda_2} = 0 \\ \vdots \\ \frac{\partial \sigma_E^2}{\partial \lambda_n} = 0 \end{cases}$$

$$\frac{\partial [\sigma_E^2 - 2\mu(\sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} - 1)]}{\partial \lambda_{\alpha}} = 0, \forall \alpha = 1 \text{ a } n \dots\dots(18)$$

$$\frac{\partial [\sigma_E^2 - 2\mu(\sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} - 1)]}{\partial \mu} = 0 \dots\dots\dots(19)$$

Donde, hay n+1 ecuaciones para n variables.

Resolviendo el sistema de ecuaciones por el método de Gauss Seidel se tiene:

μ = Parámetro de Lagrange y λ_y = Son los ponderadores de Lagrange.

TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOLÓGICA.

El tratamiento de la información geológica es de vital importancia para la validación de los estudios a posteriori. Recae usualmente en la organización, gestión de una base de datos y conocimientos informáticos de lenguajes de programación.

ESTRUCTURA DE LAS TABLAS DE LEYES Y VARIABLES GEOLÓGICAS.

La metodología de trabajo consistió en obtener 3 tablas denominadas ASSAY, HEADER Y SURVEY, las cuales tiene la siguiente estructura.

TABLAS	ESTRUCTURA	
ASSAY	HOLE-ID	Identificación de las muestras
	FROM	Inicio de la corrida según análisis de leyes
	TO	Fin de la corrida según análisis de leyes
	LENGHT	Longitud de la muestra
	VALUES	Leyes, (Potencia x Ley) , Cocientes metálicos , etc
HEADER	HOLE-ID	Identificación de las muestras
	LOCATION	Coordenadas Este , Norte y Cota
	LENGHT	Longitud de la muestra
SURVEY	HOLE-ID	Identificación de las muestras
	FROM	Inicio de la corrida para cada cambio de dirección de taladro
	TO	Fin de la corrida para cada cambio de dirección de taladro
	AZIMUT	Dirección de Rumbo del Taladro
	DIP	Dirección de Buzamiento del Taladro

MODELAMIENTO GEOLÓGICO

GENERALIDADES

El modelo geológico en la minería actual está definido por diversos controles geológicos, dependiendo el uso que se le dé, así se tiene modelos geológicos orientados a la exploración de nuevas zonas

mineralizadas, interpretación de flujo de mineralización, estimación de recursos, estimación de reservas, y planeamiento de minado a largo, mediano y corto plazo. Estos modelos se construyen mediante el contorno de las zonas de mineralización, en las secciones geológicas obtenidas de la interpretación del “logueo” de los “cores”, del mapeo geológico de superficie y/o mapeo geológico en el interior de la mina, informaciones geofísicas, geoquímicas, y otros controles geológicos.

De la experiencia de la autora, en modelación geológica encontró los siguientes casos:

- El modelamiento geológico supeditado a los precios del mercado de valores de los metales
- Un modelamiento geológico en base a la litología, alteraciones, estructuras geológicas.
- Un modelamiento geológico en base a zonaciones mineralógicas.
- Un modelo geológico en base a herramientas geoestadísticas sobre inferencias de las leyes o inferencia de leyes sumado a los controles geológicos.

Hay diversos criterios para la interpretación del contorno de las zonas de mineralización, y este trabajo es realizado algunas veces solo por el operador de software, que en la mayoría de los casos no conoce de los controles de la mineralización, teniéndose como consecuencia un vacío en el proceso de modelamiento geológico.

Se propone también en este trabajo metodológico, que el geólogo asuma su papel de ingeniero y use las herramientas que le brinda la geoestadística que trabaja con variables probabilísticas, que ha

resultado ser la mejor representación de la ocurrencia de los elementos metálicos en la naturaleza.

Los radios de influencia obtenidos en el modelamiento del variograma deben ser usados para los contorneos geológicos e interpretaciones de las secciones.

Dos casos de aplicación del alcance del variograma en la elaboración del modelo geológico.

A continuación se presentan 2 casos de la experiencia profesional de la autora, donde se aplicó un modelo geológico en base a herramientas geoestadísticas.

La primera aplicación fue en el proyecto minero Morococha. El modelo geológico del yacimiento del proyecto minero Morococha, fue desarrollado en base a las leyes de sus variables económicas, mediante cálculos de inferencias de las leyes a partir de los alcances de los variogramas y de la simulación condicional multivariable de las leyes (MARIN,1978), sumado a los controles geológicos es decir delimitados por controles estructurales, litológicos, zoneamiento de una brecha y ensambles mineralógicos. Ver figura 10.

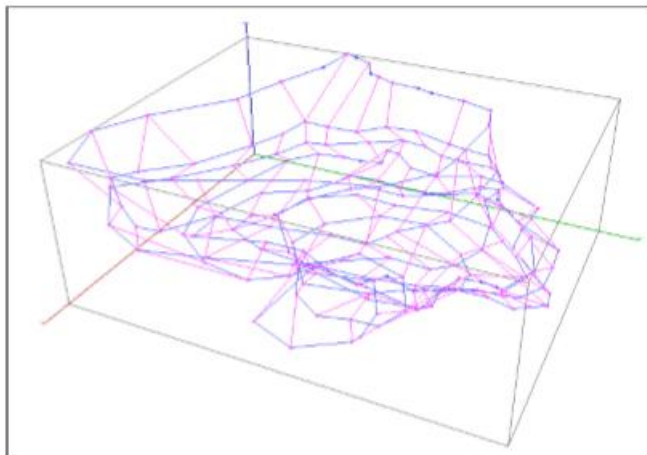


Figura 10: Modelamiento Geológico.
Fuente: Propio

Vista de las “Polylines” y “Ties” usados para la formación del modelo geológico de la primera campaña de perforación del proyecto minero Morococha.

Vista lateral y vista superior del modelo geológico formado para la primera campaña de exploración del proyecto minero Morococha. Ver figuras 11 y 12

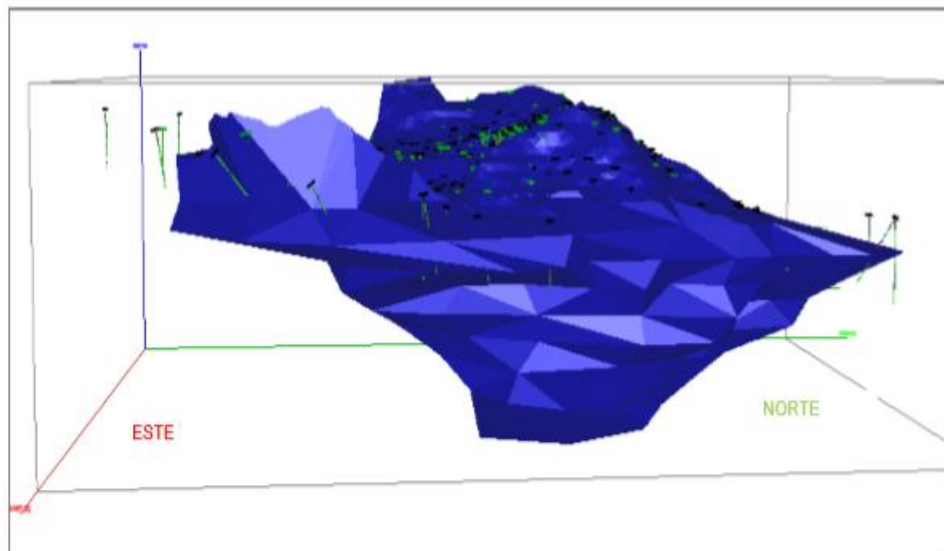


Figura 11: Modelamiento geológico primera campaña.
Fuente: Proyecto minero Morococha

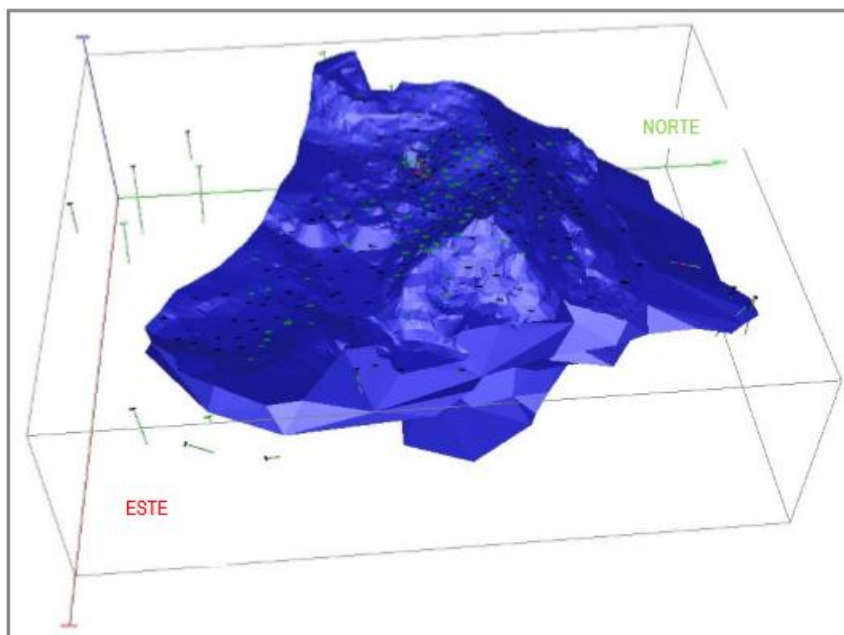


Figura 12. Modelamiento geológico primera campaña.
Fuente: Proyecto minero Morococha

RECURSOS MINERALES

La empresa Corpofación centro, ha adoptado como norma para los Informes de Recursos y Reservas Minerales los principios internacionales referidos por el *Joint Ore Reserves Committee (JORC)*, *Australasian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM)*, y *Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia*

Estos Principios fundamentalmente son: la transparencia, total entrega de la información pertinente, e idoneidad del personal evaluador. Para adecuarnos a las normas se están adoptando las acciones necesarias para otorgar la confianza en los estimados mediante la definición de la metodología de cada proceso y hacerlos sustentables, de igual manera se aplican técnicas de verificación y validación para confirmar los resultados.

En la Fig.11 se muestra la relación secuencial que existe entre la Información de Exploración, Recursos y Reservas. La clasificación de los estimados debe tomar este marco de referencia, de modo tal que reflejen los diferentes niveles de confianza geológica y los diferentes grados de evaluación técnica y económica. Conforme aumenta el conocimiento geológico, es posible que la Información de la Exploración llegue a ser la suficiente como para estimar un Recurso Mineral. Conforme aumenta la información económica, es posible que parte del total de un Recurso Mineral se convierta en una Reserva Mineral. Las flechas de doble sentido entre Reservas y Recursos que se incluyen en la Fig.12 indican que los cambios en algunos factores podrían hacer que el material estimado se desplace de una categoría a otra.

La importancia relativa de los criterios sugeridos variará en cada yacimiento, dependiendo del ambiente geológico, restricciones técnicas, condiciones legales y normas existentes al momento de la evaluación.

Ver figura 13.

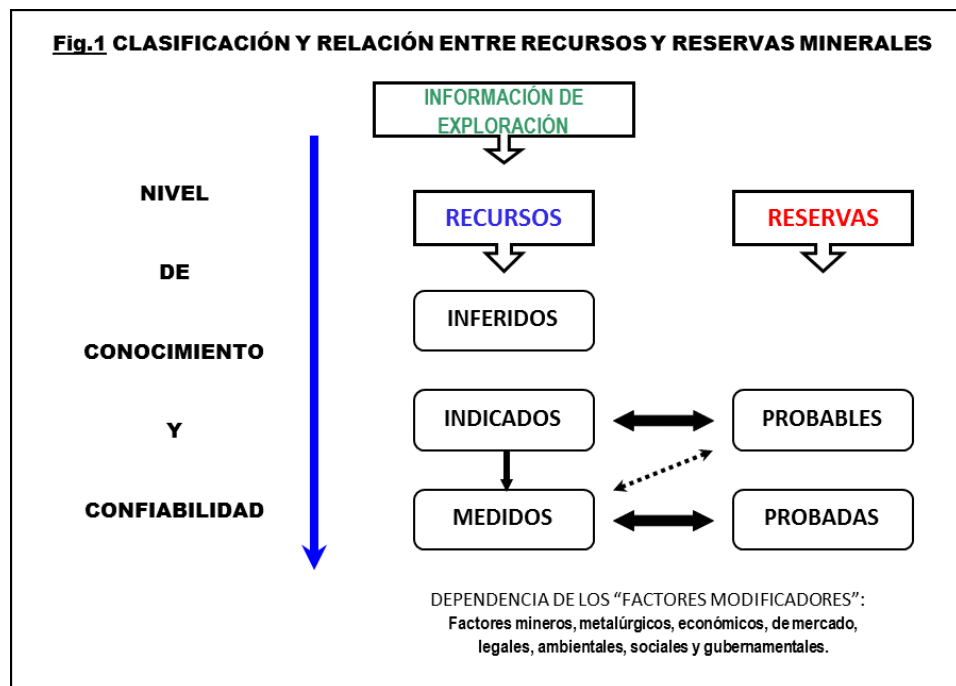


Figura 13. Código de Jorc. Recursos reservas minerales
Fuente: Propio

RECURSOS MINERALES

Son concentraciones de minerales que existen de manera natural en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad tales que la extracción económica de un producto, a partir de la concentración, sea actual o potencialmente factible. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral se conocen o estiman o interpretan a partir de información, evidencias y conocimiento geológicos específicos, con alguna contribución de otras disciplinas.

Las declaraciones de Recursos Minerales, generalmente son documentos dinámicos y cambiantes que se ven afectados por la tecnología, la infraestructura, los precios de metales y otros factores. Según cambien estos diversos factores, el material puede entrar o salir de la estimación de Recursos.

Las partes de un yacimiento que no tengan perspectivas razonables de extracción económica eventual, no deben incluirse en un Recurso Mineral.

Los Recursos Minerales se subdividen, en orden de confianza geológica creciente en las categorías de Inferido, Indicado y Medido.

RECURSO MINERAL INFERIDO

Parte de un Recurso Mineral cuyos tonelaje, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un bajo nivel de confianza. Se le infiere o asume de evidencia geológica y/o de leyes asumidas pero no verificadas. El estimado se basa en información reunida con técnicas adecuadas en lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros, la cual puede ser limitada o de calidad - fiabilidad incierta.

Se asume la continuidad geológica y puede o no estar respaldada por muestras representativas o evidencia geológica.

La confianza en el estimado es insuficiente como para aplicar parámetros técnicos y económicos, o realizar una evaluación económica de pre-factibilidad que merezca darse a conocer al público.

RECURSO MINERAL INDICADO

Parte de un Recurso Mineral cuyos tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un nivel de confianza razonable. El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros. Los lugares están demasiado o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes, pero sí lo suficientemente cercanos como para asumirlas.

Se asume la continuidad geológica con muestras inadecuadamente espaciadas y que no permiten confirmar totalmente.

La confianza en el estimado pese a ser menor que en el caso de los Recursos Medidos, es suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de pre-factibilidad económica.

El estimado se basa en información de la exploración, muestreo e información reunida mediante técnicas apropiadas sobre afloramientos, trincheras, pozos, taladros y pruebas de beneficio.

RECURSO MINERAL MEDIDO

Parte de un Recurso Mineral cuyos tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un alto nivel de confianza. El estimado se basa en información confiable y detallada de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas adecuadas de lugares tales como los afloramientos, trincheras, piques,

beneficios y taladros. Los lugares están espaciados con proximidad suficiente para confirmar la continuidad geológica y/o la de leyes.

Se confirma la continuidad geológica mediante muestreo adecuadamente espaciado.

La confianza en el grado de conocimiento de la geología y controles del yacimiento mineral, es suficiente como para permitir la aplicación adecuada de los parámetros técnicos y económicos como para posibilitar una evaluación de viabilidad económica.

RESERVAS MINERALES

Es la parte económica y legalmente extraíble de un Recurso Mineral Medido o Indicado y que incluye materiales de dilución y descuentos por las mermas que pueden ocurrir durante el minado. Requiere haber efectuado evaluaciones que pueden incluir estudios de pre-factibilidad o factibilidad considerando los factores de minado, procesamiento, metalurgia, economía, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales asumidos en forma realista.

El término *económico* implica que se ha podido establecer o demostrar analíticamente que es posible una extracción o producción rentable, bajo hipótesis definidas de inversión. Las hipótesis deberán ser razonables, incluyendo los supuestos relacionados con los precios y costos que prevalecerán durante la vida del proyecto. La evaluación dinámica de las operaciones implica que un cálculo válido efectuado en un momento dado, puede cambiar significativamente cuando se dispone de nueva información.

El término legalmente implica que no debería haber incertidumbre en lo que respecta a los permisos necesarios para el minado y el procesamiento de los minerales, ni tampoco con la resolución de asuntos legales que estuvieran pendientes.

Se reconoce que las estimaciones de reservas, siendo éstas predicciones de lo que ocurrirá en el futuro tendrán cierto grado de inexactitud. Se reconoce también que diferentes técnicos que pudieran analizar los mismos datos, pueden llegar a interpretaciones y conclusiones discrepantes. El hecho de que se demuestre, en una fecha posterior, que la estimación de una reserva fue inexacta debido a que no se contó con información suficiente o a que cambiaron las condiciones económicas, no significa necesariamente que la estimación se hizo de manera incompetente o fraudulenta. La información relacionada con la estimación de reservas debe tener una base sustentable y debe hacerse de buena fe.

En ciertas circunstancias, las Reservas Minerales previamente reportadas podrían revertir a Recursos Minerales. Su reclasificación no debe aplicarse cuando se prevé que los cambios serán temporales, de corta duración o cuando la Gerencia decide operar a corto plazo en forma no económica. Ejemplos de estas situaciones son la caída del precio del producto que se espera sea de corta duración, emergencia temporal en la mina, huelga de transportes, etc. Se subdividen en orden de confianza creciente en Reservas Probables y Reservas Probadas.

RESERVA MINERAL PROBABLE

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias de un Recurso Mineral Medido. Esta Reserva incluye los materiales de dilución y los materiales por mermas que puedan ocurrir durante la explotación. Implica evaluaciones a nivel de un estudio de pre factibilidad o factibilidad con las consideraciones respecto a los factores económicos modificadores; estas evaluaciones demuestran que la extracción podría justificarse razonablemente en el momento del informe.

Una Reserva Mineral Probable tiene menos confianza que una Reserva Mineral Probada y su estimado debe tener la calidad suficiente como para servir de base a decisiones sobre compromisos mayores de capital y al desarrollo final del yacimiento. Sin embargo, requiere mayor información para demostrar la continuidad geológica y su ley.

En ciertas circunstancias un Recurso Mineral Medido puede convertirse en Reserva Mineral Probable, debido a la incertidumbre asociada con los factores modificadores tomados en cuenta. Esta relación es indicada con línea punteada en la Fig.1 (en este caso no implica una reducción en el nivel de confianza o conocimiento geológico); en una situación así, los factores modificadores deberán explicarse fehacientemente.

RESERVAS MINERALES PROBADA

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Medido e incluye los materiales de dilución y descuentos por mermas durante la explotación. La aplicación de la categoría de Reserva Mineral Probada

implica el más alto grado de confianza en el estimado y se asume que existe suficiente información disponible para demostrar razonablemente la continuidad geológica y la ley.

Involucra efectuar evaluaciones de pre-factibilidad o factibilidad en las que se consideran las modificaciones por factores realistas de minado, metalúrgicos, económicos, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran que la extracción es viable al momento del informe. Normalmente involucra al material que se está minando y para el cual hay un plan de mina detallado.

En ningún caso los Recursos Minerales Indicados podrían convertirse directamente en Reservas Minerales Probadas.

2.3. Definición de términos básicos

Método geológico

Es un método directo de prospección o exploración respectivamente (levantamiento geológico y estructural en el terreno) y la base para todos los demás métodos. Este método se constituye del levantamiento geológico y estructural de la superficie, de los afloramientos y como posible del subsuelo (sondeos) en el área de interés.

Por medio del método geológico se logra el reconocimiento de un depósito mineral, en lo que concierne su estructura, su petrografía y mineralogía y los procesos de formación del mismo (Thompson, J.F.1993). Por medio de un muestreo profundo de calicatas y trincheras

se puede comprobar si existe una relación geoquímica entre el suelo y el cuerpo mineralizado subyacente o no.

Muestreo de rocas

El muestreo de rocas está enfocado en la detección de anomalías de corrosión o difusión. Las anomalías de corrosión se pueden encontrar en las rocas de caja y en el suelo residual, que cubren el cuerpo mineralizado. Las rocas de cajas caracterizadas por una anomalía de difusión se obtienen por ejemplo a través de la perforación. Otros rasgos también son indicativos, por ejemplo los gossan, los afloramientos lixiviados y las anomalías geoquímicas secundarias que resultan del intemperismo y de la dispersión de los componentes primarios del yacimiento.

- **Guía litológica**

Las rocas juegan un papel importante durante la exploración de yacimientos; ya que cada tipo de roca hospeda diferente tipo de yacimiento. Se debe entender un aspecto principal que existe una conexión entre el tipo de litología y el tipo de yacimiento.

- **Ordinary Kriging (OK)**

Método que consiste en asignar a un punto un valor estimado donde cada compósito contribuye a este valor estimado, con un peso y sumado a los otros compósitos que también tienen su respectivo ponderador. La condición es que la suma de estos ponderadores es igual a uno. La ventaja de este método es que se obtienen varianzas mínimas.

➤ **Recursos Minerales**

Es la cantidad de material en toneladas métricas, que tiene asignado un valor estimado de ley, o leyes si es un polimetálico, como lo es el yacimiento Raura. La continuidad de la mineralización es importante que se refleja en la variografía de cada metal en estudio. Dependiendo de la cantidad de compósitos que intervienen en el cálculo de los bloques y su distancia los Recursos Minerales pueden ser Clasificados: Medidos con mayor precisión, Indicados con menor precisión. Los Inferidos son zonas potenciales donde aún hay que explorar.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La evaluación geoestadística con el modelo de celdas determinará los recursos económicos de la Mina El Toro 5.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- La descripción geológica contribuirá en categorizar los recurso minerales del yacimiento El Toro 5
- El modelo de celdas contribuirá a categorizar los recursos económicos de la Mina El Toro 5

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable Independiente

La evaluación geoestadística con el modelo de celdas.

2.5.2. Variable Dependiente

Recursos económicos de la mina el Toro 5.

2.5.3. Variable Interviniente

- Muestreo

- Leyes de muestreo

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

2.6.1. Variable: La evaluación geoestadística con el modelo de celdas. Operadores:

Media Aritmética: Se calculan las medias de las muestras mineralizadas.

Desviación Estándar: Se calculan la desviación en las muestras mineralizadas.

Krigeage: Se evalúa los resultados de una zona mineralizada.

2.6.2. Variable: Recursos económicos de la Mina El Toro 5.

Operadores:

Medición de recursos: de acuerdo a su posición Geométrica.

Medidos: cuentan con variables medidas.

Indicados: cuentan con variables pronosticadas

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El proyecto está basado en tres tipos: exploratorio, descriptivo y explicativo, para poder realizar el objetivo de estudio.

3.2. Métodos de investigación

El proyecto utiliza el método inductivo y analítico, que consta en analizar lo observado y en la recolección de datos ordenados en variables en busca de regularidades.

3.3. Diseño de la investigación

- Exploratorio.- Se toman los datos en la secuencia exploratoria de la investigación.
- Descriptivo.- Se describirá las características geológicas y estructurales con las respectivas posibilidades económicas que ofrece el Yacimiento.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población en el estudio son las leyes de muestras de la mina El Toro.

3.4.2. Muestra

Las muestras son tomadas en la zona donde se realizará el estudio geoestadístico.

3.5. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para el presente trabajo de investigación se ha requerido básicamente del análisis muy detallado de la base teórica y antecedentes del depósito, los cuales ayudaron en el entendimiento de la mineralización, la parte más importante consistió en aplicar los conocimientos y técnicas modernas que nos ayudaron a entender las características del yacimiento.

Se toman datos y de muestras in situ, revisión y recopilación de estudios geológicos existentes del distrito Minero.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

De acuerdo a la información histórica y actual, donde se realizó la compilación y agruparlos por dominios, donde independientemente presentaban altos erráticos que fueron tratados por el método de los cuantiles, mostrando un histograma sin outliers.

Los datos de muestreo tanto superficiales, DDH y de blast hole recibieron un tratamiento diferente ya que los alcances de búsqueda para los datos no fueron relativamente sistemáticos

3.7. Tratamiento estadístico

Se realizará el procesamiento de datos geológicos correlacionándolos con las secciones geológicas sistemáticas, procesando los datos (dispersos, desordenados, individuales) para generar como resultado (datos agrupados y ordenados, a partir de los cuales se realizará el análisis según los objetivos de hipótesis de la investigación, las técnicas que se emplearán para el acopio de la información serán: 3 Toma de muestras in situ. Consiste en la recolección de muestras representativas tomadas en campo mediante calicatas y perforaciones para su análisis. Cartografiado temático. Localización y cartografiado en campo de los parámetros geológicos condicionantes en la zona, ejemplo: geológicos, geotécnicos, hidrológicos. Análisis geotécnicos en laboratorio. Por medio de la recolección de muestras se determinarán las características de los materiales. Documentación por medio de tablas. Recopilación de la información geotécnica de las unidades geológicas a través de estaciones de muestreo

3.8. Selección, Validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Los instrumentos de investigación en este estudio son los resultados de laboratorio de las muestras de mineralización que nos proporcionan leyes de los metales.

La validación y confiabilidad de los instrumentos, son validados por empresas que demuestran su especialidad y calidad de resultados, que son contratados por la empresa minera ya que detrás de todo el proceso de estimación existe un análisis variográfico y estadístico sustentado, auditable y defendible ante cualquier auditoría de carácter internacional.

3.9. Orientación ética

El estudio como antecedente tiene un avance secuencial de diferentes análisis plasmados en muchos artículos que apoyan la mejora continua de la geoestadística y la libre información que se tiene en la geología por lo que se hace mención lo siguiente:

Autoría del artículo: Sugerido a autores que se identificaron con el estudio geoestadístico y apoyaron el avance de esta rama muy importante de la geología.

Originalidad y plagio: El trabajo es original y comprende un estudio y compilación de informaciones que fueron expuestas en diferentes congresos geológicos.

Errores fundamentales en trabajos publicados: Existe la obligación de mejora cuando se encuentre errores dentro de la investigación corrigiendo tramos editoriales

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación y accesibilidad

Ubicación

Se ubica en el Cerro el Toro, en el Distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, Región La Libertad, se encuentra en el cuadrángulo de Cajabamba 16-G.

4,La propiedad consiste de 09 concesiones mineras que cubren una superficie de 4 500 Has. Operada por una empresa de pequeña minería como estrategia para consolidar la propiedad.

Accesibilidad

El yacimiento El Toro es accesible por: Ver figura 14, 15 y 16.

RUTA	Km	Acceso	Tiempo (hr)
-------------	-----------	---------------	--------------------

Lima- Trujillo	545	Asfaltado	8,00
Trujillo - Huamachuco	140	Asfaltado	4,30
Huamachuco – El Toro	4	Afirmado	0,20
Lima- Trujillo		Avión	1,00
Trujillo- Huamachuco		Avión	0,20

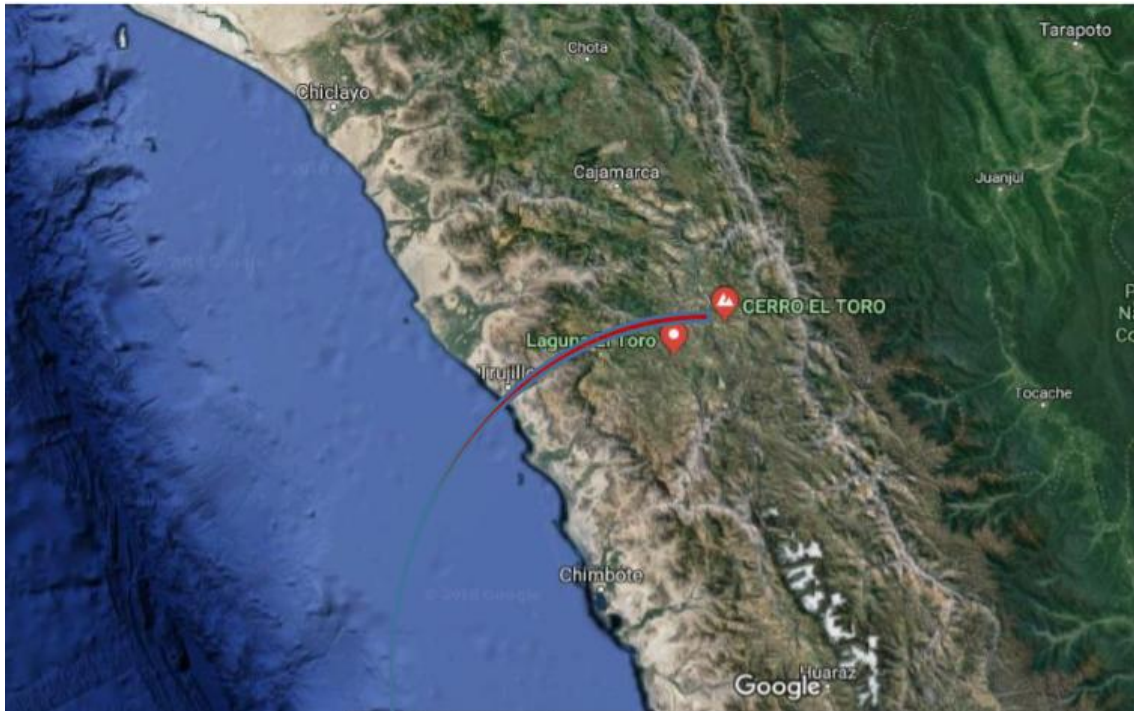


Figura 14. Vías de acceso Yacimiento Minero El Toro.
Fuente: Propio



Figura 15. Vías de acceso Yacimiento Minero El Toro.
Fuente: Propio

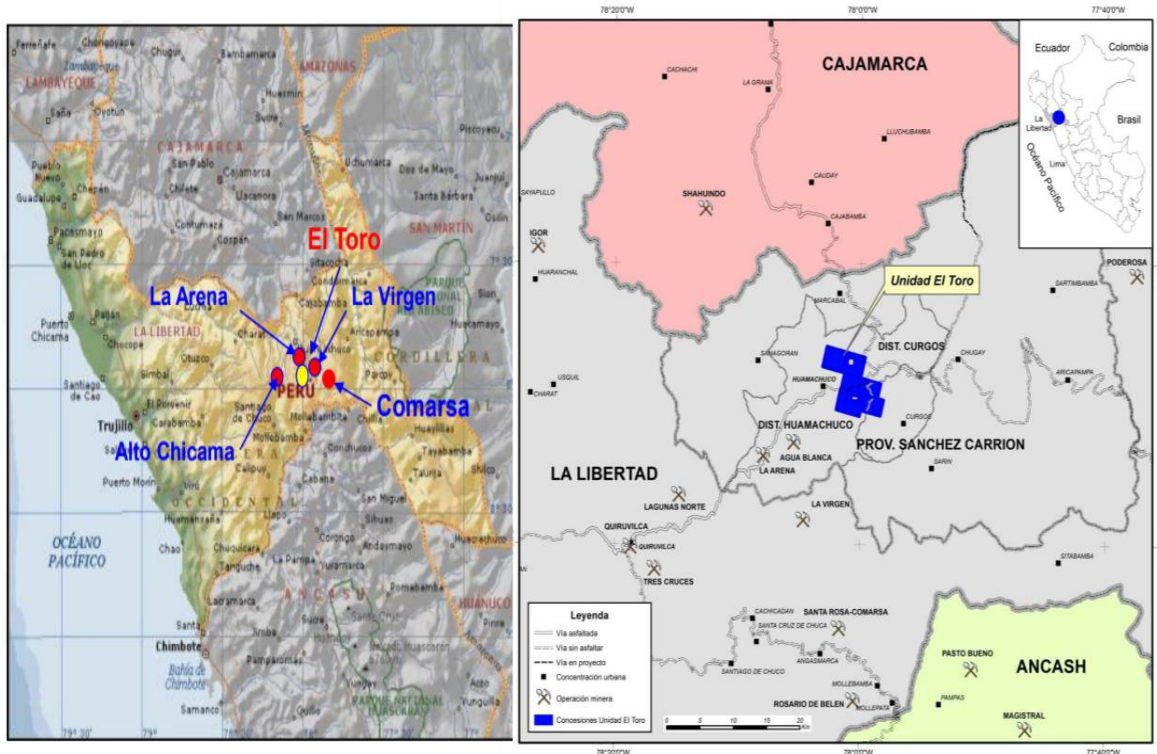


Figura 16. Vías de acceso Yacimiento Minero El Toro
Fuente: Propio

4.1.2. Historia

El Toro es un yacimiento aurífero conocido desde la antigüedad. La Empresa Minera San Antonio SRL., en 1995 firman un contrato de opción con las empresas Oromin y Barrick Gold Corporation, quienes durante los años 1995 y 1996 exploran el depósito. Posteriormente se acuerda transferir la propiedad a North Compañía Minera SA., quienes ejecutan trabajos de exploración durante los años 1998 y 1999 pensando en una explotación. En octubre del 2003 el proyecto fue opcionado por CAMBIOR, quienes durante los siguientes dos años desarrollan trabajos de exploración. Actualmente Corporación del Centro S.A.C. es propietario de las 07 concesiones mineras con un área de 4,406 has, que abarcan el yacimiento de El Toro

4.1.3. Geomorfología

Las características geomorfológicas que se observan en el área de estudio son el resultado de los procesos tectónicos y plutónicos, sobre impuesto por los procesos de la geodinámica interna y externa, que han modelado el rasgo morfo estructural de la región.

Valles

En los alrededores de Huamachuco se han desarrollado valles de origen glacial, de sección transversal en “U”, que actualmente están originando valles de origen fluvial cuya sección transversal en “V” se observa en el Río Chamish y en el río Shiracmaca. Sobre la base de los rasgos geomorfológicos descritos se ha determinado que el drenaje conformado por las siguientes quebradas estarían relacionados directamente con el yacimiento: Qda. Coigobamba y Qda. Suro.

Superficies de Erosión

Actualmente, las superficies superiores del área de estudio están siendo erosionadas por la meteorización y la acción eólica. Estas superficies de mayor altitud se caracterizan por presentar un relieve suave con restos de pequeños valles maduros. En la actualidad el levantamiento de los Andes continúa y los agentes erosivos están en plena actividad, destruyendo y modificando la topografía.

En el área del Proyecto se presentan alineamiento de colinas que van desde empinada hasta moderadamente inclinada de rumbo NNO-SSE, en cuyos flancos se ubican el Pad lixiviación y pozas proyectadas.

Las cumbres están conformadas por una intercalación de areniscas, cuarcitas, y lutitas, que en conjunto siguen el sistema de estratificación NO-SE. Presencia de Laderas Moderadas a Fuerte Pendiente, esta morfología se observa en el flanco oriental del área de estudio, donde se ubica el Pad y pozas proyectadas.

Está constituida por laderas uniformes, suavemente disectadas, labradas en areniscas y lutitas muy alteradas y fracturadas, y cubiertas en parte por depósitos coluviales y aluviales.

4.1.4. GEOLOGÍA REGIONAL

La morfología regional se caracteriza por una superficie fuertemente disectada, con valles fluviales de flancos suaves a encañonados, cerros de cimas angulosas, y extensos conos aluviales.

La estratigrafía está representada de la unidad más antigua a la más reciente, por una potente secuencia de lutitas carbonosas y areniscas, asignadas a la Formación Chicama del Jurásico. Le siguen una alternancia de cuarcitas y lutitas, correspondientes a las formaciones Chimú, Santa-Carhuaz, y Farrat, del Cretácico inferior; y luego lutitas y calizas de las formaciones Inca, Chuléc y Pariatambo, del Cretácico medio a superior. Sobreyaciendo se tienen depósitos coluviales y aluviales. Las secuencias Jurasico-Cretácicas han sido afectadas por intrusivos terciarios dacíticos y andesíticos-dioríticos, relacionados probablemente a la mineralización del yacimiento.

Los principales rasgos estructurales están constituidos por fallas y pliegues de orientación NO-SE y extensión kilométrica que afectan al basamento Jurasico Cretácico (INGEMMET, 1980); así como fallas más locales de rumbo predominante E-O.

Formaciones del Cuaternario

- Depósitos Aluviales; bajo este denominativo, se extiende una serie de conos y terrazas altas, formados por conglomerados calcáreos de consolidación variable a la franja oeste del río Cajamarca.
- Pleistoceno Depósitos Lagunares y Glaciares, constituida por el material localizado en lo que fue áreas lagunares.
- Formaciones de Terciario

Formación Condebamba, está compuesta por niveles de terrazas muy altas, frecuentes en San Marcos y zonas aledañas al sur de la Región Cajamarca, se encuentra también en un pequeño afloramiento al Norte de Matara y consta de conglomerados y arenas de diversas composiciones.

Formaciones del Cretáceo.

- Cretáceo Superior.

Formación Inca-Chulec-Pariatambo, se encuentra dentro de toda el área estudiada bordeada generalmente la formación Farrat, litológicamente consiste de lutitas calcáreas nodulares de color gris claro, calizas oscuras, calizas arenosas de tono pardusco y margas gris oscuras a veces nodulares que contienen fósiles en abundancia. Por intemperismo, el conjunto adopta una coloración gris amarillenta claramente perceptible a la distancia.

- Cretáceo Inferior.

Formación Farrat.

Constituida de areniscas y cuarcitas blanquecinas de grano fino a media con un aspecto sacaroideo. Se presentan en bancos de grosor mediano a delgado, teniendo en algunos lugares areniscas conglomeradica de granos hasta 1 centímetro sub redondeado. Sin embargo las cuarcitas son predominantemente sub horizontales, presentando una estratificación sesgada y marcas de oleaje. A veces se le puede confundir con la Formación Chimú cuando se le encuentra aislada.

Formación Carhuaz

Serie sedimentaria del Valanginiano superior a Aptiano (Cretáceo inferior), consta de lutitas continentales intercaladas con areniscas de estratificación cruzada. Tiene una potencia de 1,300

m. y aflora en el valle del Santa, contiene además dos estratos de yeso y uno de caliza.

Formación Santa.

Serie sedimentaria del Valanginiano superior (Cretáceo inferior), consta de calizas oscuras, calizas dolomíticas y algunas intercalaciones de lutitas. Aflora en el Callejón de Huaylas, entre Carhuás y Pariahuanca. Su potencia es de 284 metros.

Formación Chimú

Es una serie sedimentaria del Valanginiano inferior, consta de areniscas cuarzosas, estratos gruesos y macizos contiene lutitas carbonáceas y mantos de carbón. Tiene una potencia de 685 m. y aflora en los Baños Chimú (parte alta del valle de Chicama) y se extiende desde el valle de Jequetepeque hasta Huaraz. Ver figura 17.

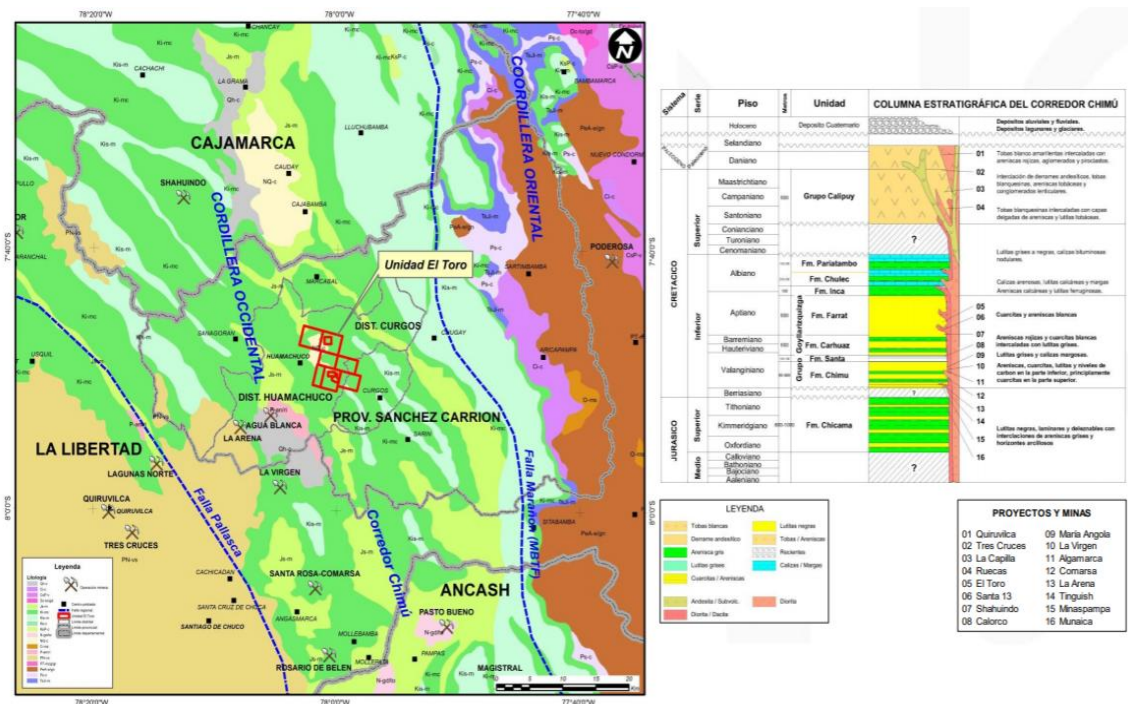


Figura 17. Serie sedimentaria del Valanginiano inferior
Fuente: GEOADMIN

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

El yacimiento es un diseminado de Au. Microscópico emplazado en las areniscas de las formaciones Chimú y Carhuas. Geológicamente se observa hacia el NE Areniscas detríticas muy compactas de grano medio a grueso, los granos sub-redondeados, en algunos tramos presenta fuerte alteración silicificada. Se encuentra limitada por una falla con Rumbo N 47° W con Buzamiento 60° SW. Seguidamente al Este se encuentran rocas pertenecientes a la Formación Santa con presencia de calizas y lutitas. En la parte central del yacimiento el Toro se observa Areniscas y Cuarzitas como matriz con clastos fuertemente argilitizados, seguido de una zona de brecha con clastos angulosos y sub-angulosos; en su conjunto se encuentra una gran cantidad de vetillas de Cuarzo azucarado, craquelado intensamente fracturados con abundante óxidos (jarosita, hematita, goethita), conformada como un anticlinal volcado, lo que cabe mencionar el Rumbo NW, el Buzamiento de estos últimos oscilan desde 45° a 69°, considerando esto como el flanco Este, continuaremos evaluando la zona circundante para determinar exactamente esta hipótesis, sobre todo los niveles inferiores del lado Oeste. Seguidamente más hacia el Oeste se observa una Columna de Pórfido Dacítico presentándose como un intrusivo, las Dacitas son de textura porfirítica con presencia de cuarzo en forma redondeada acompañada de abundante arcilla como el caolín, alunita, sericita. Seguidamente se encuentra nuevamente la secuencia de Areniscas y Cuarzitas como matriz con clastos fuertemente argilitizados, seguido de una zona de brecha con clastos angulosos y sub-angulosos, para finalmente encontrar un contacto no definido de Rocas pertenecientes a

la Formación Chimu con abundante Cuarzita compacta y Rocas de la Formación Santa con contenido de lutitas en algunos tramos carbonosas. Las alteraciones predominantes son la Silicificación y la Argilización Avanzada (Sericita - Alunita Esmectita). Atravesando la parte intermedia del yacimiento se encuentra diques de composición andesítica con potencias muy reducidas de 0.10 m. estos últimos han dado lugar a una leve propilitización. Geomorfológicamente La topografía de la zona circundante al yacimiento es accidentada, presentándose en forma de anticlinales y sinclinales, controlados por grandes fallas regionales de rumbo y también fallas transversales de desplazamiento dextral.

Se continuará con la evaluación geológica, litológica, mineralógica y estructural; a medida que se viene explotando, es posible los cambios en los límites inferidos de falla, contactos litológicos y contenido mineral.

4.2.1. Geología estructural

Las estructuras geológicas a nivel regional están relacionadas directamente con el segundo movimiento del Ciclo Andino, que definió nítidamente una tectónica transicional entre la parte Norte de la Cordillera Occidental del Perú, caracterizado por numerosos fallamientos en bloques mayormente dentro de intrusivos y rocas volcánicas del Mesozoico Superior y Cenozoico y la parte Este caracterizado por Cinturones delgados deformados dentro de los estratos del Miogeo sinclinal del Mesozoico. (Megard, 1984 – Reyes, 1980)

A continuación se describen las fallas activas en el área de influencia del Proyecto. La información de estas fallas está basada en el Estudio de Observaciones Neo-tectónicas del Perú (Sebrier et al. 1982) y el Mapa actualizado Neo-tectónico del Perú (Macharé et al. 1991).

- **Falla Chaquilbamba**

La Falla Chaquilbamba está ubicada en la Cordillera Occidental del norte del Perú, entre Chaquilbamba y Marcabal (en el límite del Departamento de Cajamarca y el Departamento de La Libertad). Esta falla normal se orienta con dirección NNO-SSE y tiene un buzamiento hacia el SO. La falla tiene una longitud total conocida de aproximadamente 1,5 km. La escarpa de la falla genera un desplazamiento máximo de la topografía de 8 a 10 m. El desplazamiento en superficie más reciente de esta falla, puede estar asociado a dos sismos ocurridos en 1937. La distancia de esta falla al Proyecto es de aproximadamente 50 km. (Macharé et al. 1991).

- **Falla Quiches**

La Falla Quiches se extiende con rumbo NNO entre los pueblos de Quiches y Chingalpo, sobre la margen occidental del Río Marañón, al NNE de Huaraz. La falla de 20 km de longitud comprende varias secciones con buzamientos al este

y al oeste. La Falla Quiches se reactivó durante un fuerte sismo ocurrido en 1946, el cual formó una escarpa de falla de unos 3,5 m de desplazamiento vertical. La distancia más corta de esta falla al Proyecto es de aproximadamente 90 km. (Macharé et al. 1991).

- **Sistema de fallas de la Cordillera Blanca**

El Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca es el sistema de fallas activas más grande del Perú. Las fallas están ubicadas entre Chiquián y Corongo (Ancash) a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Blanca. Las fallas presentan rumbos NNE y ENE, con un buzamiento de 45° a 60° hacia el SO y son fallas normales. Las fallas han estado activas por más de 5 millones de años, (es decir, desde las eras Plioceno y Cuaternaria). La Falla de la Cordillera Blanca tiene dos secciones: una sección de fallas continuas de 100 km de largo al norte de Huaraz, y una sección de fallas discontinuas de 77 km de largo ubicada al sur. El desplazamiento vertical de los últimos 50 000 años ha sido de hasta 35 m, estimado en base a la altura de las escarpas. En los últimos 1,6 millones de años (Cuaternario) el desplazamiento vertical ha sido de 1 000 m, siendo el desplazamiento de los últimos 5 millones de años (Plioceno) de 4 500 m. La distancia más corta de este sistema de fallas al Proyecto es de aproximadamente 170 km. (Macharé et al. 1991).

- Fallas Rioja-Moyobamba

Las Fallas Rioja-Moyobamba comprenden una serie de fallas relacionadas a movimientos tectónicos del Terciario, las cuales controlan la cuenca cuaternaria Alto Mayo ubicada en el área Sub-Andina del Norte de Perú (6°S, 77°O). Se ha identificado recientemente un potencial de actividad sísmica en algunas fallas, particularmente para la Falla Shitari (o Rioja) y las fallas Moyobamba Norte y Sur. La alta actividad sísmica histórica que caracteriza el área (sismos en 1927, 1968, 1990 y 1991), parece estar estrechamente relacionada con la reactivación de estas estructuras de fallas. La distancia más corta de estas fallas al Proyecto es de aproximadamente 275 Km (Macharé et al. 1991). Ver figura 18

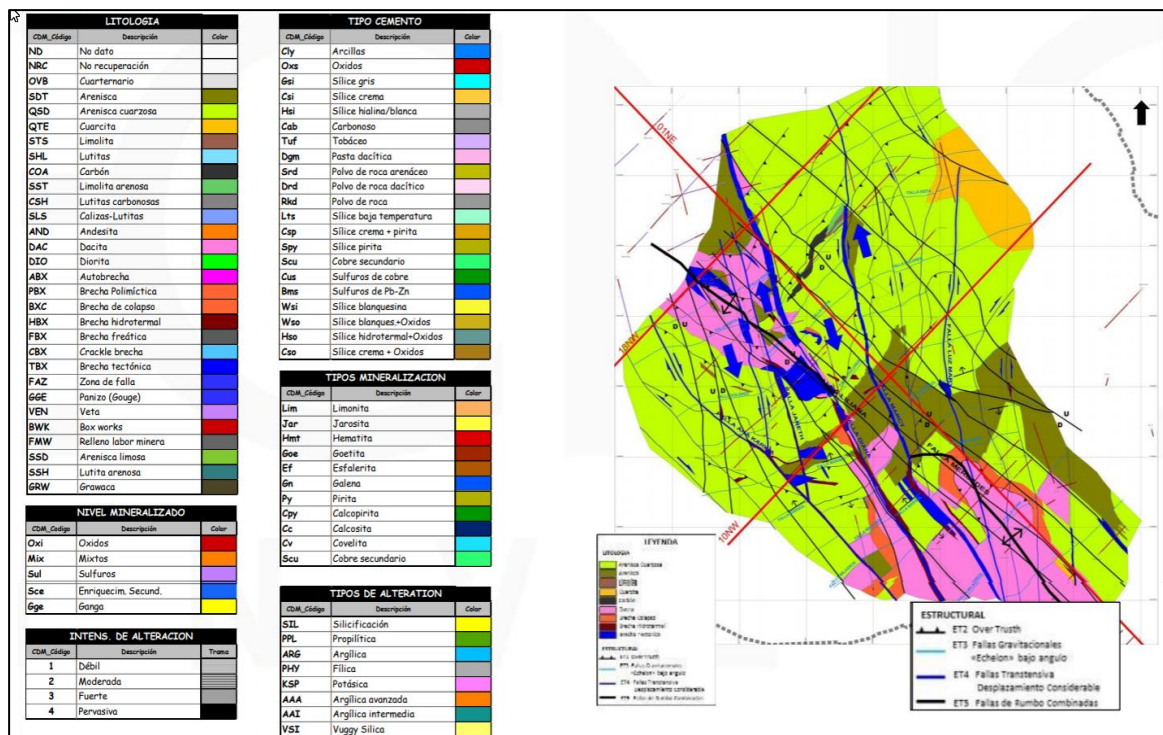


Figura 18. Fallas relacionadas a movimientos tectónicos del Terciario.

Fuente: PERUMIN – Geología del Yacimiento El toro.

GEOLOGIA LOCAL Y ESTRUCTURAL

4.2.2. Geología económica

El yacimiento está comprendido básicamente por su elemento principal que es el Au. Microscópico que se encuentra diseminado en las cuarcitas y areniscas, alcanzando un promedio desde 0.15 hasta 2 o 3 Grs. Au./TM. También dentro de un conjunto de vetillas y micro-vetillas de Potencias muy diferentes y reducidas que oscilan entre 0.05 m. a 0.15 m. con relleno de óxidos en este caso alcanzando de hasta 8 a 15 Grs. Au./TM. En ambos casos se encuentra asociado al Ag En relación 4 a 1 y 6 a 1, aproximadamente. También se observa sulfuros como son la Py, Ccpy, Bornita acompañada al intrusivo pórfido dacítico de ambiente mesotermal, acompañada de una falla, en este último se encuentra el Oro con leyes favorables económicamente alcanzando un promedio de 3 a 6 Grs. Au./TM. Aproximadamente; es muy probable que en profundidad estos sulfuros pesados estén alojando Leyes por encima de 8 Grs. De Au./TM. Y probablemente también la potencia debe ser mayor en relación a la zona superficial. Ver figura 19



Figura 19. Geología Económica.
Fuente: PERUMIN – Geología del Yacimiento El Toro.

4.2.3. GEOESTADÍSTICA

La Estimación de Recursos con Software Estudio RM (Datamine) se realizó al 31 de Diciembre del 2018 del target Toro 5.

La estimación geoestadística con el uso del modelo de bloque o celda garantiza dos aspectos:

- A) Realiza una estimación no sesgada o sea sin error sistemático
- B) Optimiza la estimación al proporcionar la varianza de estimación mínima.

Es importante mencionar que la presente estimación cumple con los protocolos del Código JORC. y se trabajó con el Ore body que estructuró la empresa Cambior, en base a la data siguiente:

- 99 registros (Cambior)
- 1243 puntos de Blast Hole
- 8018 puntos de muestras superficiales

4.2.4. VALIDACIÓN DE DATOS

- Se realizó la validación de datos, revisando la información recopilada hasta el 31 de Marzo del 2019; encontrando algunas inconsistencias, valores de cero y hasta negativos.
- Se reemplazó los valores de cero y los negativos por un valor coherente.
- Se verificó y codificó la correcta pertenencia de muestras de sondajes correspondientes. Ver figura. 20

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1223	1184	0	3	0.80759211	0.60251046	0.31413613	8.1120944	49			2.42277634	2.42277634		
1224	1185	0	6.5	0.28184423	0.17573222	0.2434355	59.7345133	50			1.83198748	1.83198748		
1225	1186	0	6	0.66667	0.52719665	0.20418848	2.94985251	51			4.00002	4.00002		
1226	1187	0	6	0.79133187	0.62761506	0.2513089	56.7846608	52			4.74799122	4.74799122		
1227	1188	0	7	0.81301122	0.67782427	0.33769634	6.63716814	53			5.69108537	5.69108537		
1228	1189	0	7	0.29268439	0.20083682	0.39267016	13.2743363	54			2.04879073	2.04879073		
1229	1010	0	8	0.43103448	0.32773109	0.70474138	302.295918	1			3.44827586	3.44827586		
1230	1011	0	8	0.76436782	0.60504202	2.54741379	453.443878	2			6.11494253	6.11494253		
1231	1012	0	8	0.74712644	0.68067227	2.73491379	342.47449	3			5.9770115	5.9770115		
1232	1013	0	8	0.24712644	0.22689076	0.50431035	132.853061	4			1.9770115	1.9770115		
1233	1014	0	4	0.79885058	0.6302521	1.00862069	147.321429	5			3.1954023	3.1954023		
1234	1014	4	8	0.43678161	0.35294118	0.45905172	100.127551	5			3.49425287	3.49425287		
1235	1016	0	8	0.68390805	0.60504202	0.36853448	34.4387755	6			5.47126437	5.47126437		
1236	1017	0	2	0.94252874	0.75630252	11.799569	367.984694	7			1.88505747	1.88505747		
1237	1017	2	4	4.84	1.3636	1.0862069	1132.01531	7			19.36	19.36		
1238	1019	0	8	0.82758621	0.75630252	0.85344828	248.72449	8			6.62068966	6.62068966		
1239	1020	0	4	1.86781609	0.65546219	2.09482759	908.80102	9			7.47126437	7.47126437		
1240	1020	4	8	0.25862069	0.22689076	0.50431035	318.877551	9			2.06896552	2.06896552		
1241	1022	0	4	0.81998	0.3545	3.36853448	180.484694	10			3.27992	3.27992		
1242	1022	4	8	0.27011494	0.22689076	0.40732759	940.688776	10			2.16091954	2.16091954		
1243	1024	0	4	0.70689655	0.32773109	0.4137931	30.6122449	11			2.82758621	2.82758621		
1244	1024	4	8	0.33908046	0.30252101	1.34482759	102.040816	11			2.71264368	2.71264368		
1245	1026	0	8	0.64367816	0.42857143	3.40732759	526.147959	12			5.14942529	5.14942529		
1246	1027	0	8	1.49425287	1.1092437	5.16594828	876.913265	13			11.954023	11.954023		
1247	1028	0	8	0.23563218	0.17647059	1.84267241	216.836735	14			1.88505747	1.88505747		
1248	1029	0	4	0.51149425	0.45378151	2.8512931	281.887755	15			2.04597701	2.04597701		
1249	1029	4	6	0.63793103	0.45378151	3.4137931	813.137755	15			3.8275862	3.8275862		
1250	1029	6	8	0.77586207	0.68067227	1.62284483	271.683674	15			6.20689655	6.20689655		
1251	1032	0	4	0.74712644	0.60504202	0.65948276	956.632653	16			2.98850575	2.98850575		
1252	1032	4	8	0.09770115	0.07563025	0.45905172	38.9030612	16			0.78160919	0.78160919		

Figura 20. Validación de datos
Fuente: Propio

- Se verificó los datos completos y la ubicación geoespacial correcta de las muestras de superficie, reflejadas en la tabla: DA-15.07

4.3. Prueba de Hipotesis

Histograma del Reporte Estadístico - tabla DA-15.07 : Se observa que el 48% son valores por debajo de 0.18 gr/TM Au y el coeficiente de variación es de 5.475. figuras 21 y 22.

Tratamiento De Altos Erráticos

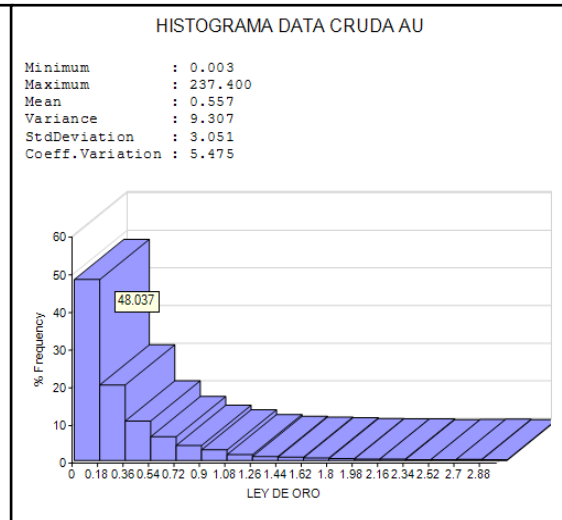
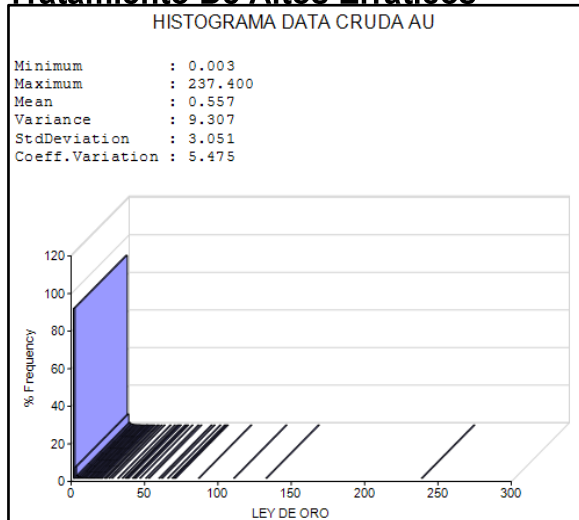


Figura 21. Histograma de reporte estadístico.
Fuente: Propio

Figura 22. histograma de reporte estadístico.
Fuente: Propio

Determinación del alto errático

Cuando se ve algunos valores extremos altos (altos erráticos), estos requieren corregirse. Ver figura 23 y 24.

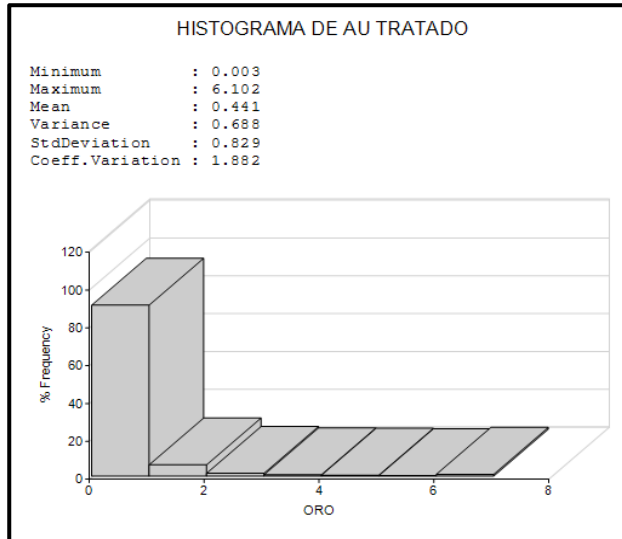


Figura 23. Determinación del alto errático
Fuente: Propio

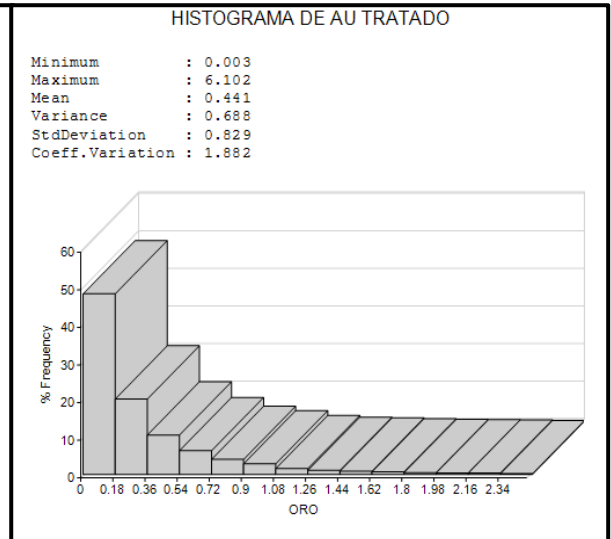


Figura 24. Normalización del alto errático.
Fuente: Propio

De los 17958 ejemplos que es nuestra población total hemos definido que unas 163 se comportan como ALTOS ERRATICOS.

*Es decir el 0.91 % de la población la estamos definiendo como altos erráticos, y también decir que el 99.09% de la población es sólida para su análisis.

Tratado el 0.91 % de nuestra población, se homogenizó la data en su distribución de valores de oro, disminuyendo el Coeficiente de variación a 1.882 de 5.475.

1. Probability post tratamiento de valores de oro. Ver figura 25

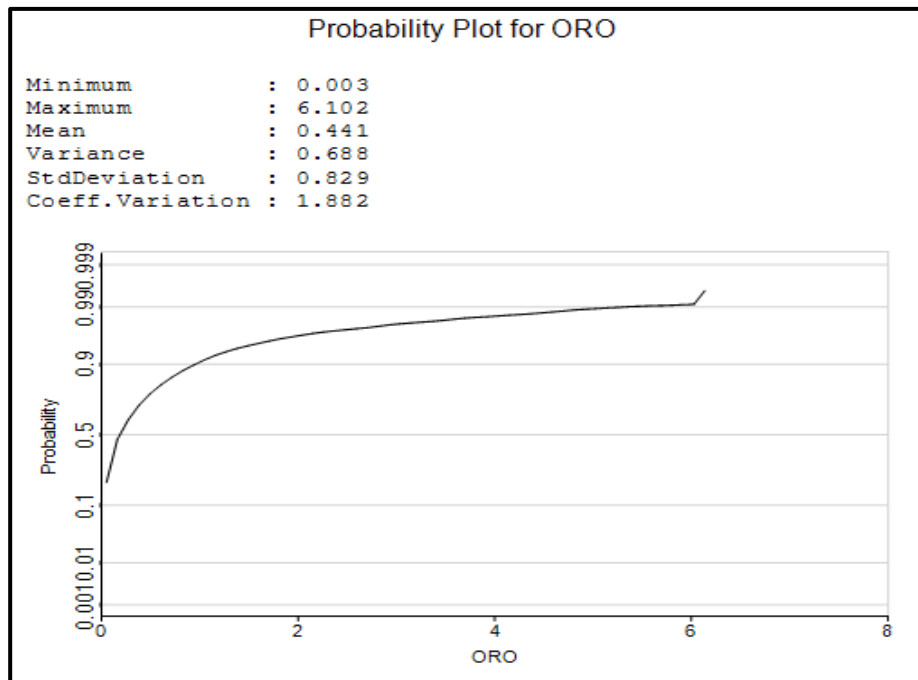


Figura 25. Distribución probabilística del Au
Fuente: Propio

**Se ve una mejor distribución y ascendencia en los valores de oro.*

Por lo tanto se tiene una estimación más robusta y con menos variabilidad.

4.3.1 COMPOSITAR LOS DATOS

4.3.1.1. Definir longitud de composicion

Para un análisis geoestadístico, es importante la evidencia según la longitud de muestreo, para ello modelamos las longitudes para determinar el compósito: Ver figura 26

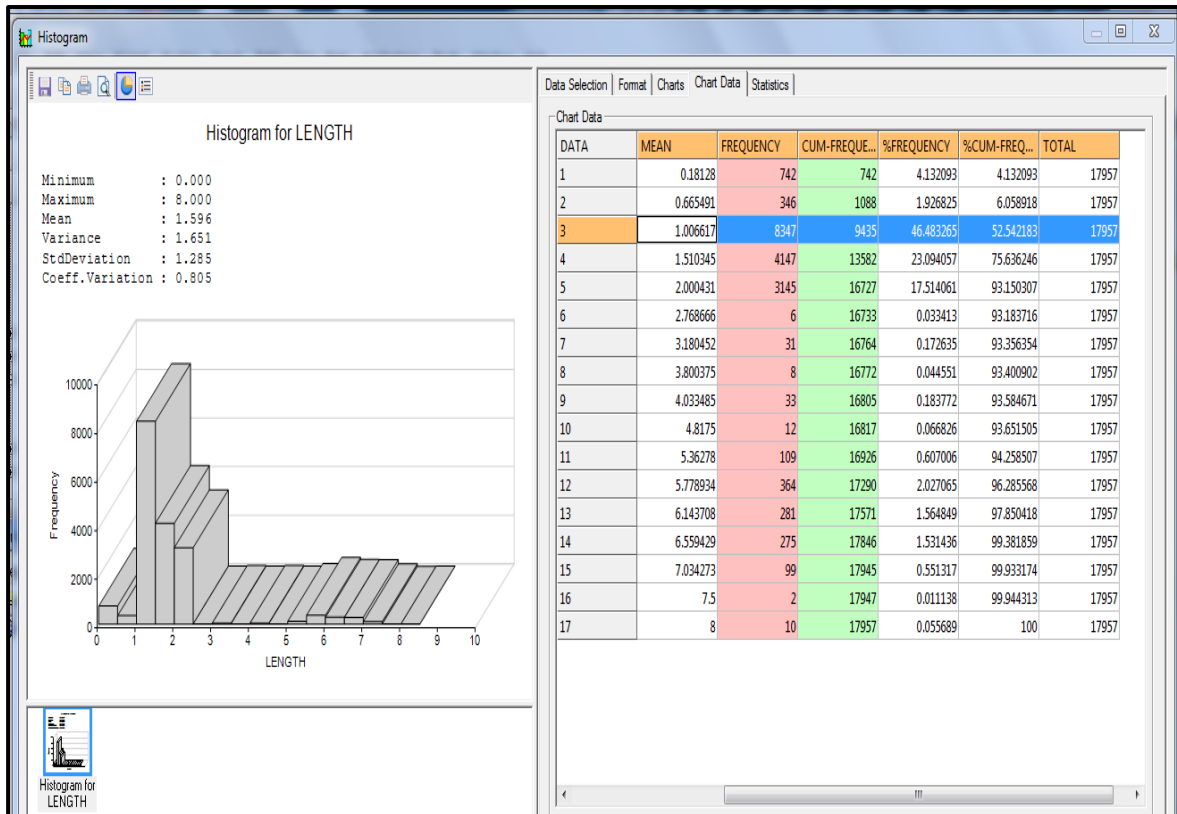


Figura 26. Histograma de longitud
 Fuente: Propio

El 46% de la población esta en 1 m, por lo que definimos que la longitud de composición será de 1.0m

4.3.1.2. COMPOSITAR

A esta tabla se le hace un análisis estadístico con un Histograma tal como se hizo con los otros sondeos anteriores, con el fin de comparar como va mejorando el coeficiente de variación de los datos. Ver figura 27.

Obsérvese una
Desviación
estándar de 3.051

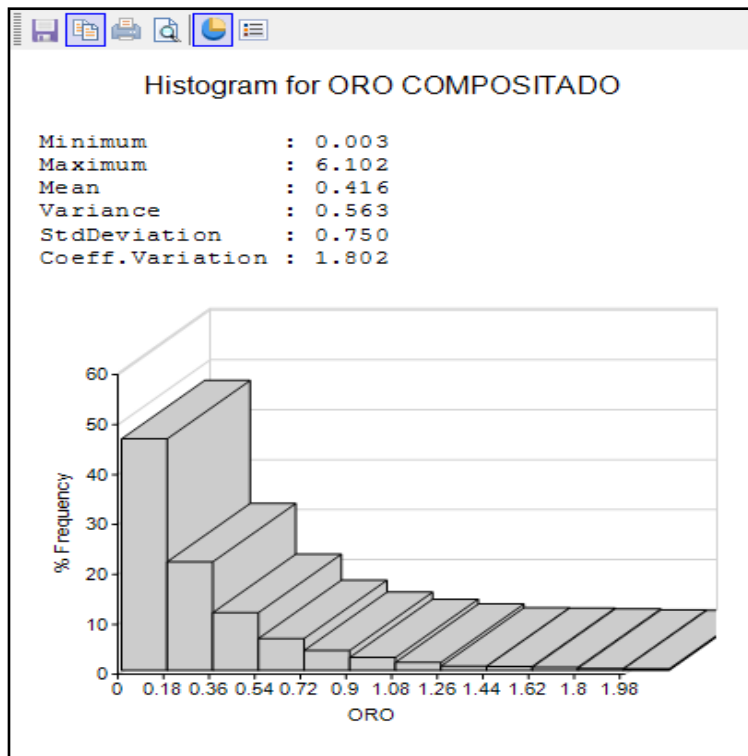


Figura 27. Histograma del oro
Fuente: Propio

4.3.2. Variograma experimental

El variograma es una herramienta que nos muestra la variabilidad de los datos, que nos indica que un valor tiene un parecido con respecto a otro y que está cerca o lejos a este. Ver figura 28

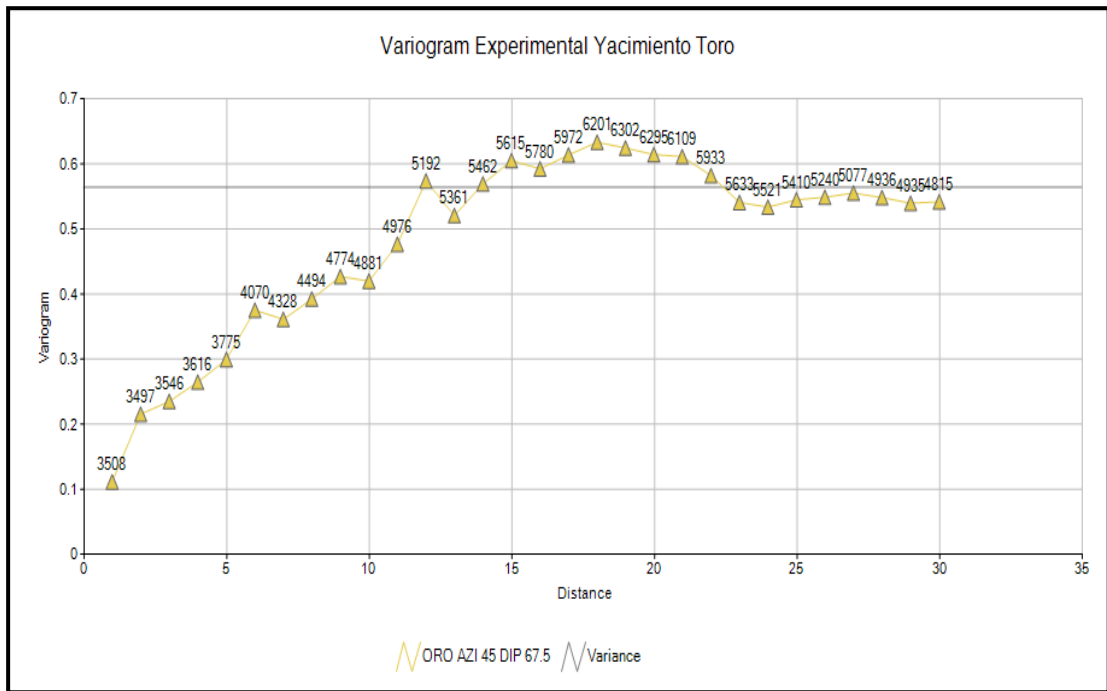


Figura 28. Variograma experimental
Fuente: Propio

Elegimos este con azimut 45 y buzamiento 67.5, por ser de buena forma, alcanza una meseta, y un alcance definido, además que es más estable, y tiene buenos conjugados (perpendiculares).

DEFINIMOS QUE NUESTRO MEJOR VARIOGRAMA EXPERIMENTAL ESTA EN LA DIRECCION 45 CON DIP 67.5

1. Visualización de variogramas experimentales

Dentro de todos estos, probablemente el mejor variograma que sería: ver figura 29 y 30..

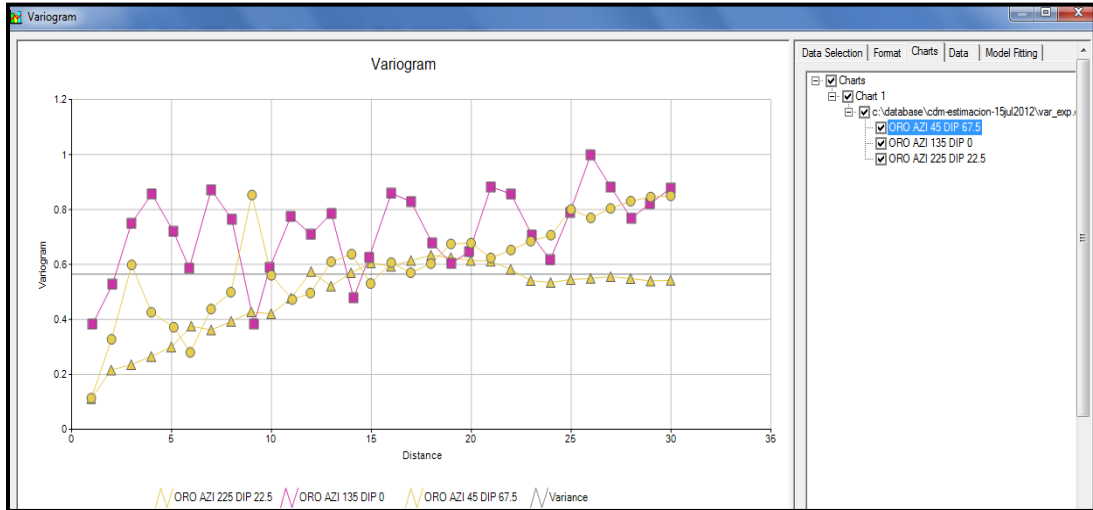


Figura 29. Variogramas experimentales
Fuente: Propio

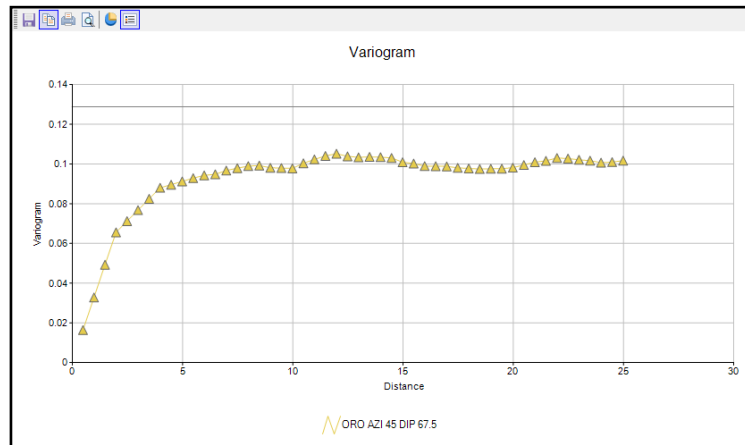


Figura 30. variogramas experimentales
Fuente: Propio

2. Visualización del variograma modelado. Ver figura 31 y 32.

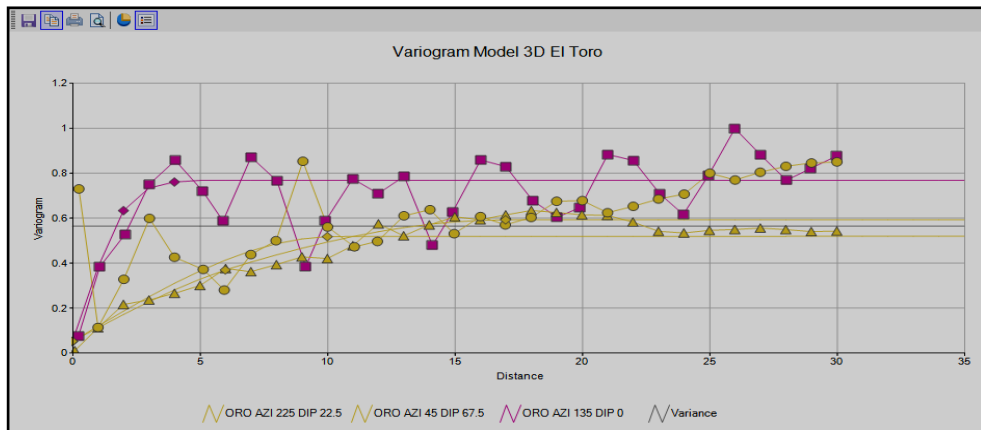


Figura 31. Variograma modelado
Fuente: Propio

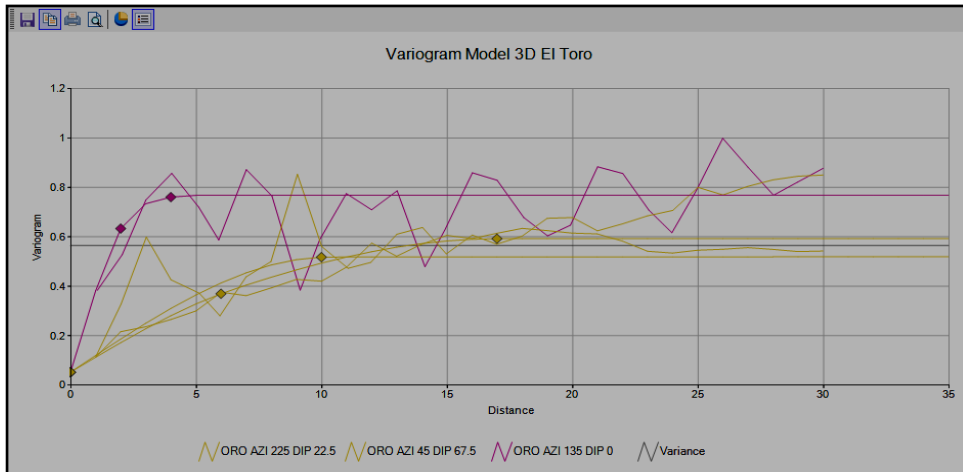


Figura 32. Variograma modelado
Fuente: Propio

3. Visualización del volumen de búsqueda. Ver figura 33.

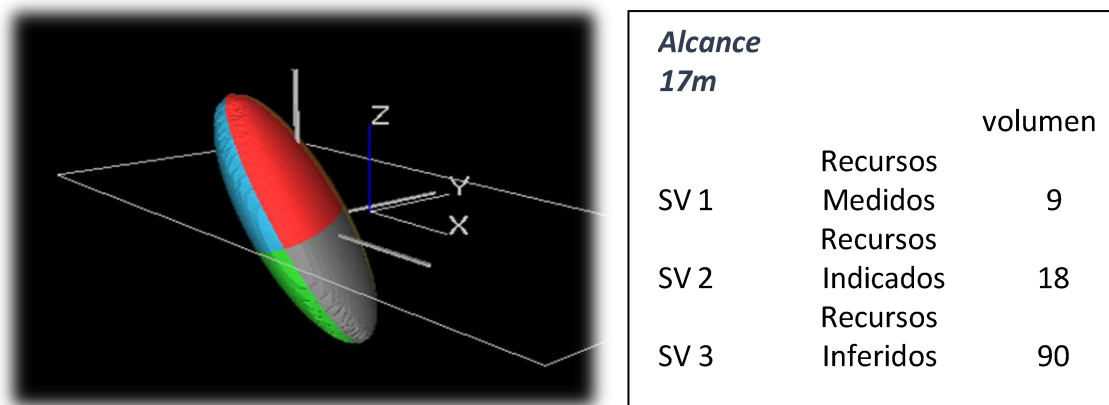


Figura 33. Visualización del volumen de búsqueda
Fuente: Propio

4. MODELADO DEL ORE BODY

Se modelo el envoltente a partir de los registros. Ver figura 34 y35

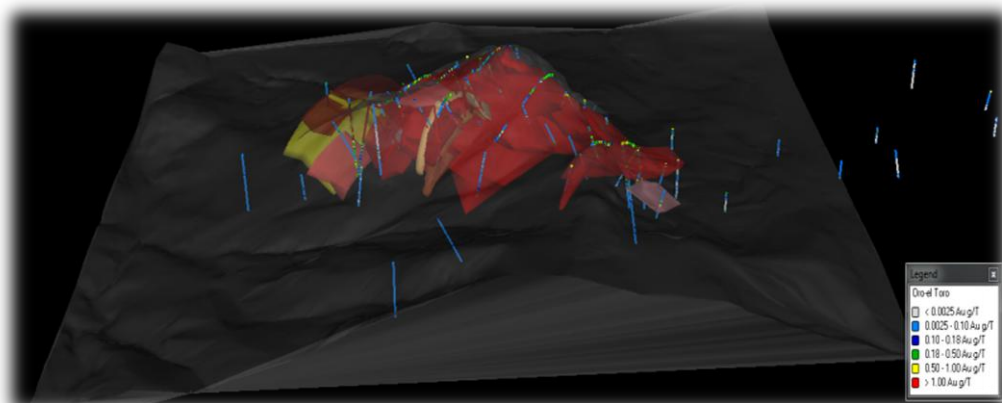


Figura 34. Modelado del Ore body.
Fuente: Propio

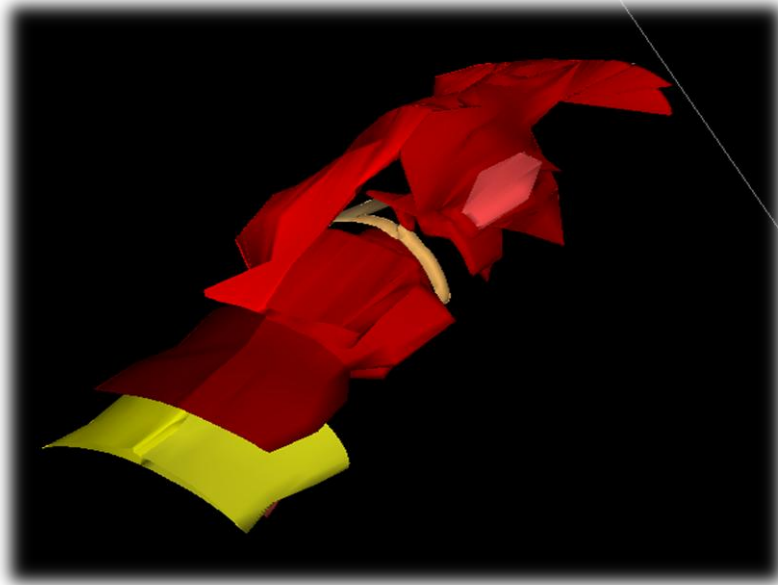


Figura 35. Modelado del Ore body.
Fuente: Propio

Se puede observar que existen áreas de interés sin información.

5. ESTIMACIÓN DE RECURSOS EN MODELO DE BLOQUES

- Se determinó usar celdas es de 6x5x6, ya que los bancos son de 6 m de altura y apoyándonos con sub celdas para representar mejor la forma del ore body. Ver figura 36 y 37.

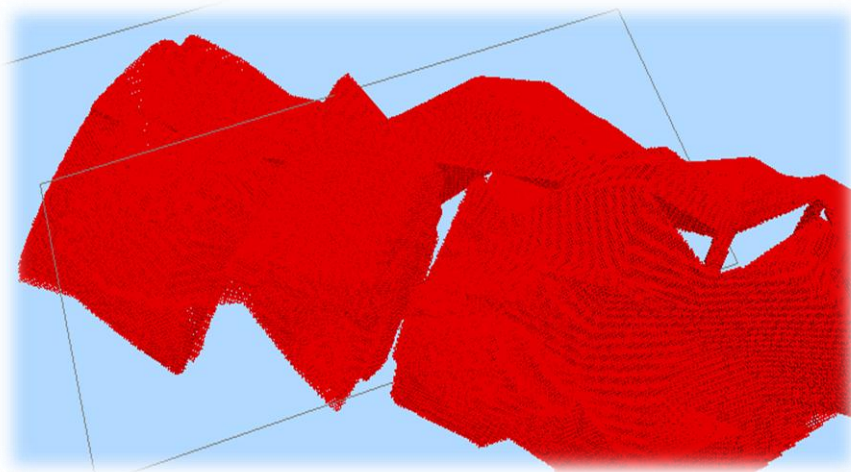


Figura 36. Representación de la forma ore body.
Fuente: Propio

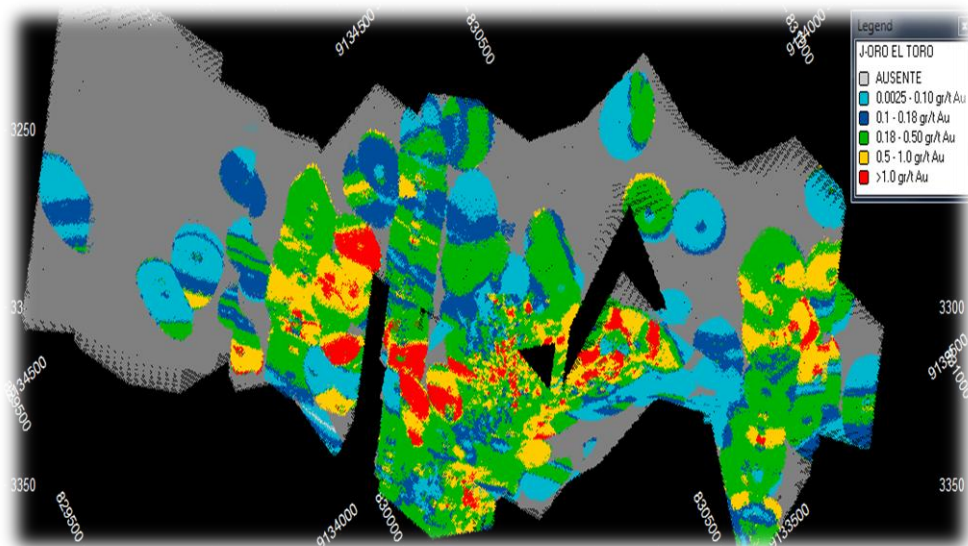


Figura 37. Modelado del Ore body.
Fuente: Propio

6. ESTIMACION DE RECURSOS Y RESERVAS

- Se usó el interpolado del kriging ordinario, donde a partir del análisis variográfico de la estadística, pesos asignados por el kriging, y valores de leyes conocidas de las muestras nos arroja un valor estimado para el modelo de bloques logrando estimar:

Potencial del yacimiento. Ver figura 38, 39 y 40.

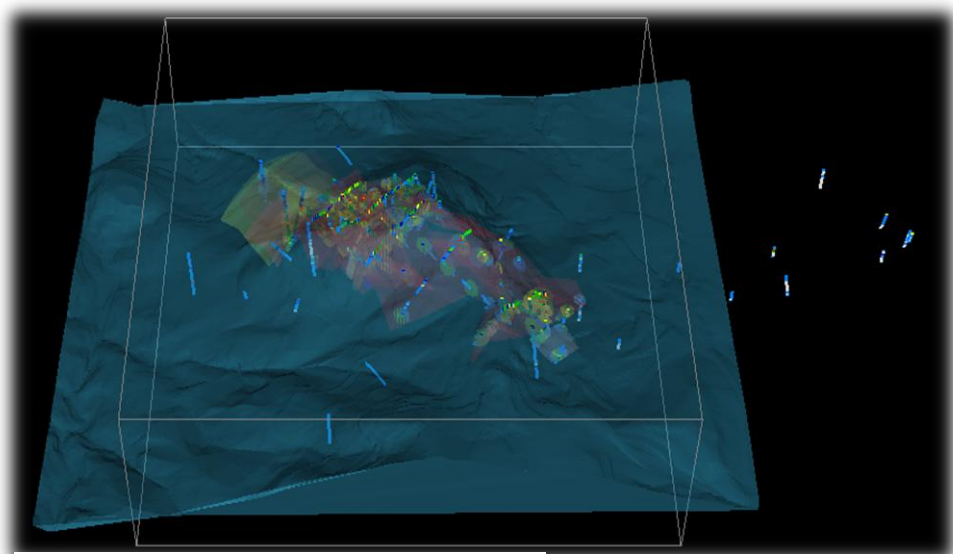


Figura 38. Potencial del yacimiento.
Fuente: Propio

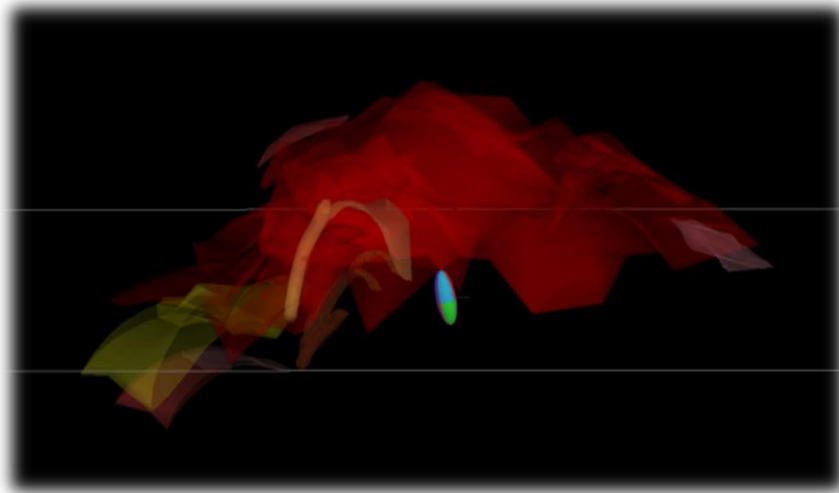


Figura 39. Potencial del yacimiento.
Fuente: Propio

Recurso total

TM	LEY PROMEDIO
→	Entre 0.18 a 0.637 gr/TM Au
73,000,000	

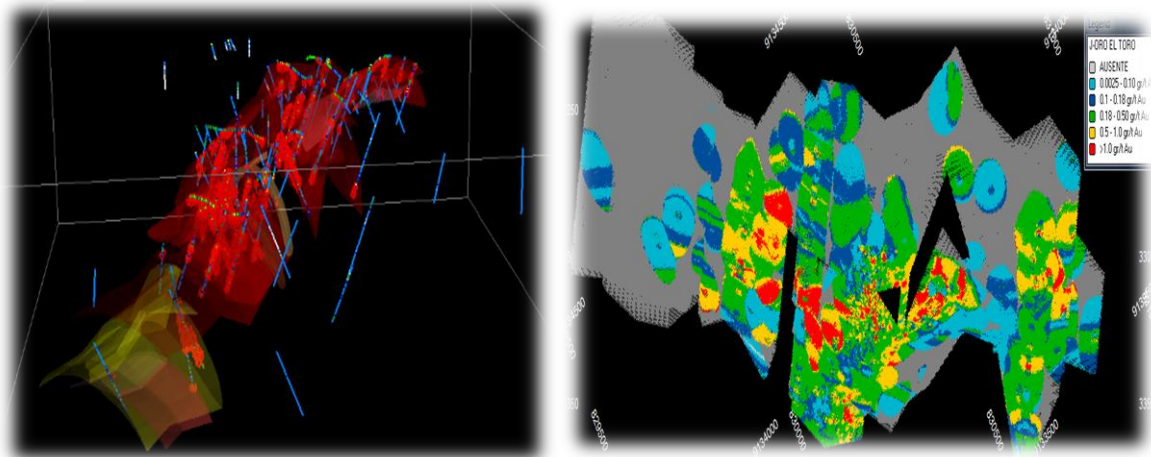


Figura 40. Potencial del yacimiento, recurso estimado.
Fuente: Propio

Recurso Estimado

TM	LEY PROMEDIO
→	0.41 gr/TM Au
49'379,027.90	

4.4. Discusión de Resultados

La estimación se realizó por 3 métodos, Inverso de la distancia, Muestra más cercana y Geoestadístico con Kriging Ordinario, este último es el que se informa y reporta oficialmente, ya que detrás de todo el proceso de estimación existe un análisis variográfico y estadístico sustentado, auditable y defendible ante cualquier auditoria de carácter internacional. Resaltar que se pueden incrementar recursos y reservas con una adecuada interpretación, nótese en la parte superior del grafico al lado izquierdo como el ore body no comprende zona mineralizada que esta muestreada con canales, trincheras y blast hole, por lo que se evidencia que se requería actualizar las secciones junto con un buen mapeo, pero para esta estimación se usó las secciones interpretadas por Cambior. Ver figura 41.

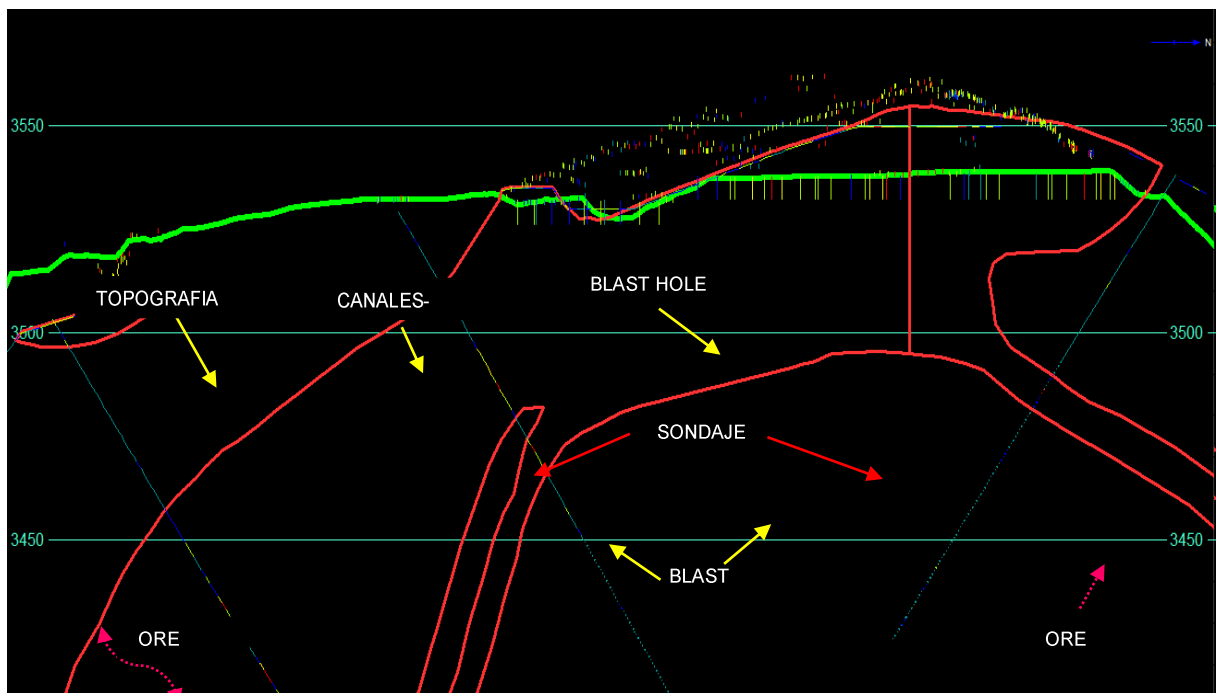


Figura 41. Data a interpretar.
Fuente: Propio.

Sección con vista al Nor Oeste – eje central del ore body

Nótese que las celdas estimadas son las que se originaron dentro del orebody interpretado, teniendo en cuenta la topografía correspondiente a 1 mes de Junio (sin estimar lo ya extraído). Ver figura 42.



Figura 42. Llenado de Celdas y sub celdas
Fuente: Propio

La interpolación se efectúa con el plan de Kriging, el cual define alcances óptimos según los volúmenes de búsqueda usados. Ver figura 43.

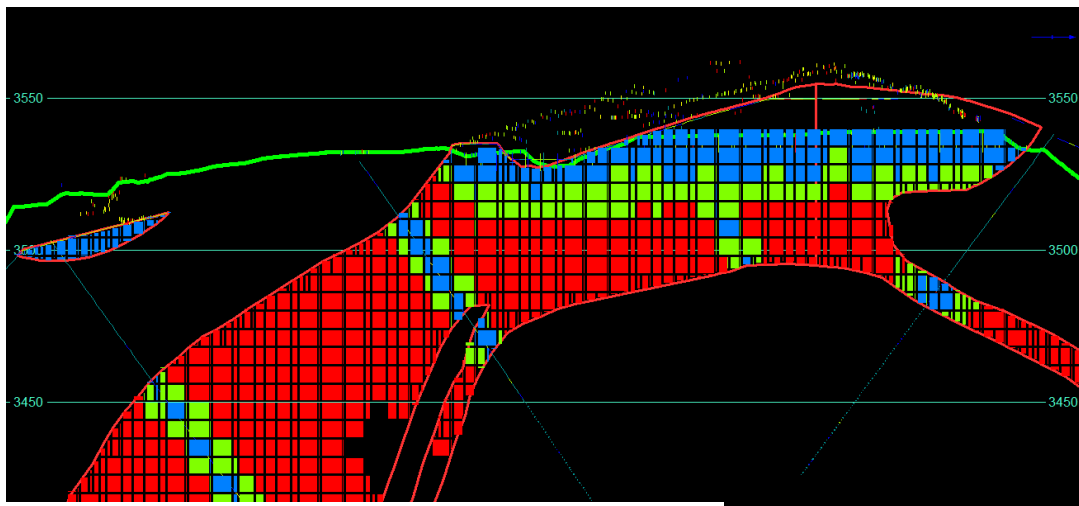





Figura 43. Interpolación con el plan de kriging..
Fuente: Propio

	→	Recursos medidos SV1 (9m)
	→	Recursos indicados SV2 (18m)
	→	Recurso inferido SV3 (90m)

RECURSOS POR CATEGORIA		
CATEGORIA	TM	Ley
MEDIDOS	3,117,541.00	0.511
INDICADOS	5,678,015.00	0.423
INFERIDOS	40,583,471.90	0.397
TOTAL	49,379,027.90	0.407

4.4.1. CATEGORIZACION DE RESERVAS

Del total de recursos estimados, no se pueden categorizar a reservas sin manejar parámetros técnicos y económicos, los cuales son reflejados en leyes, accesibilidad, certeza y otros, recordemos que la reserva es lo explotable actualmente de nada sirve tener 500m de profundidad hallar y no explotar en un corto o mediano plazo, es decir para su extracción inmediato.

El criterio usado para esta estimación es la accesibilidad, a partir de los recursos se logra categorizar las reservas por la accesibilidad de las plataformas, rampas y bancos que se encuentran preparadas, los recursos probados tomaremos de los recursos medidos, los eventualmente accesibles de recursos medidos, y las reservas probables tomamos de los recursos indicados. Basándonos en la certeza de estimación, el volumen de búsqueda y considerando solo los que se encuentren sobre los 0.18 Au Gr/Tm, obtenemos: Ver figura 44

RESERVAS PROBADAS

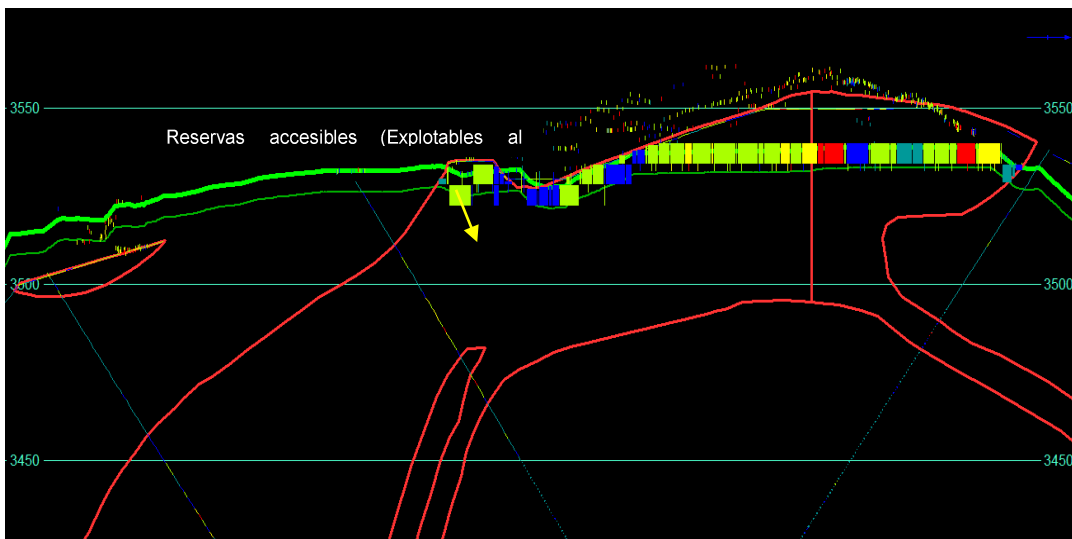


Figura 44. Recursos medios y reservas probadas.
Fuente: Propio

Se observa que hay valores económicos de muestreo que influyen en la estimación, pero que no están siendo incluidos en la estimación por encontrarse fuera del orebody, sin embargo como se mencionó este trabajo reporta según las secciones interpretadas por cambio. Ver figura 45 y 46.

RESERVAS PROBADAS - CASI ACCESIBLES:

Eventualmente accesibles-requiere preparar plataformas y niveles a corto plazo

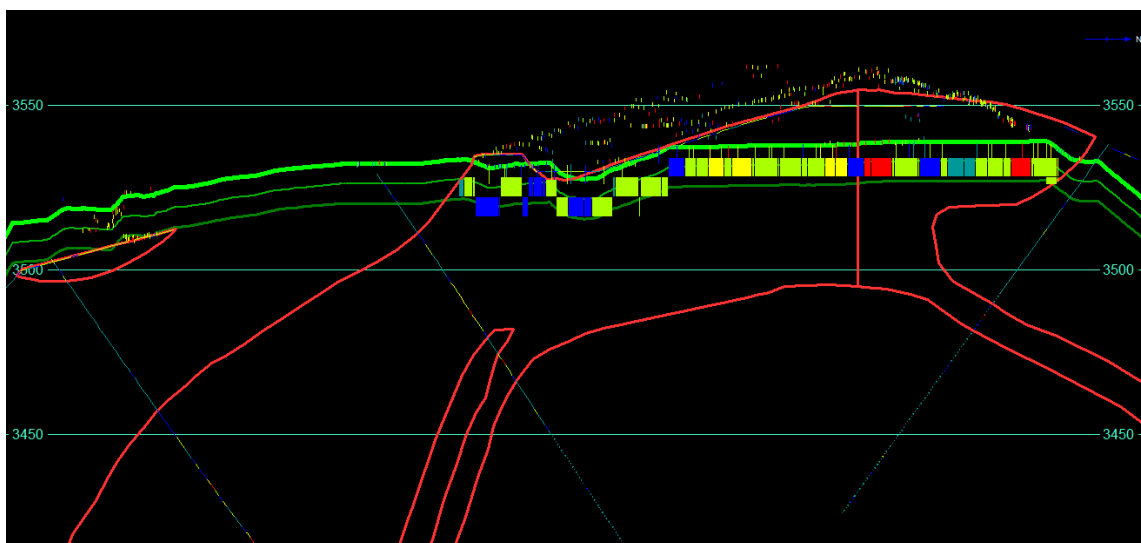


Figura 45. Reservas probadas casi accesibles.
Fuente: Propio

RESERVAS PROBABLES:

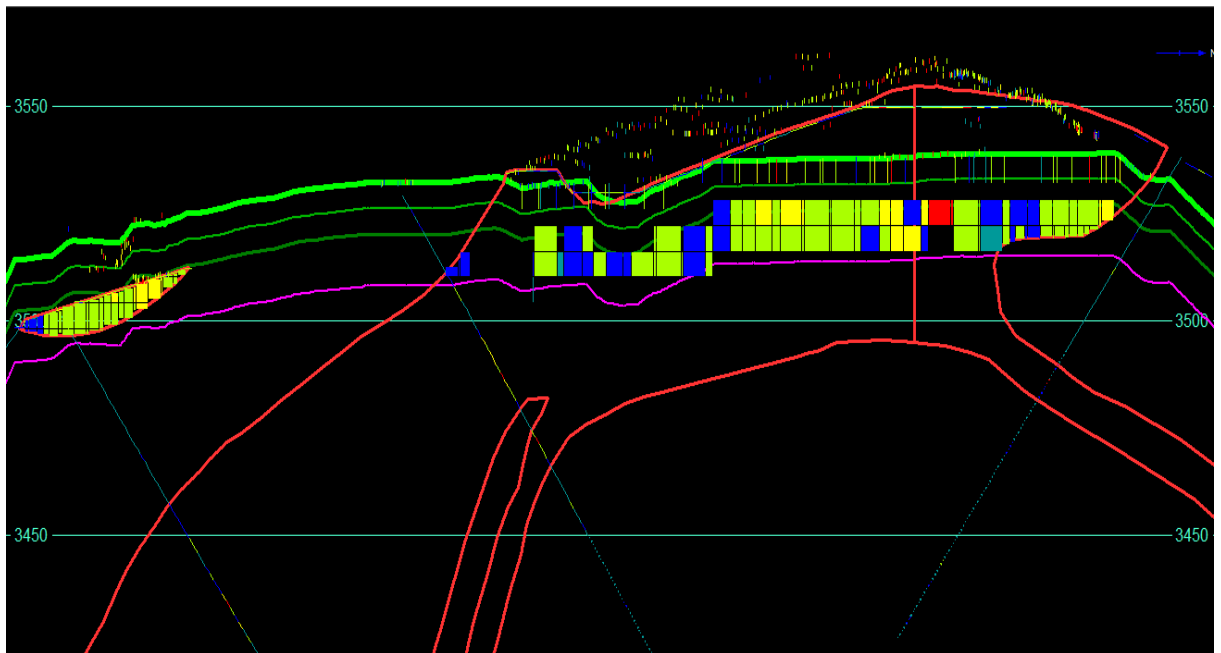


Figura 46. Reservas probables.
Fuente: Propio

RESUMEN DE RESERVAS		
CATEGORIA	TM	LEY
RESERVA PROBADA ACCESIBLE	600,079	0.424
RESERVA PROBADA EVENTUALMENTE ACCESIBLE	998,971	0.401
RESERVA PROBABLE	3,913,703	0.410
TOTAL	5,512,753	0.410

Resumen de recursos y reservas:

RECURSOS POR CATEGORIA				
CATEGORIA	TM	Ley	Oro Contenido	
			Gramos	Onzas
MEDIDOS	3,117,541.00	0.511	1,593,063	51,218.17
INDICADOS	5,678,015.00	0.423	2,401,800	77,219.67
INFERIDOS	40,583,471.90	0.397	16,111,638	518,001.15
TOTAL	49,379,027.90	0.407	20,106,502	646,439

* Del total de recursos se logra categorizar a reservas lo siguiente:

RESUMEN DE RESERVAS				
CATEGORIA	TM	Ley	Oro Contenido	
			GRAMOS	ONZAS
RESERVA PROBADA ACCESIBLE	600,079	0.424	254,507	8,183
RESERVA PROBADA EVENTUALMENTE ACCESIBLE	998,971	0.401	400,125	12,864
RESERVA PROBABLE	3,913,703	0.410	1,605,644	51,623
TOTAL	5,512,753	0.410	2,260,275	72,670

La reserva probada viene de una parte de los recursos medidos, la reserva probable viene de una parte de los recursos indicados, y los recursos inferidos no pasan a reserva, tal como estipula el código Jorc. Ver figura 47

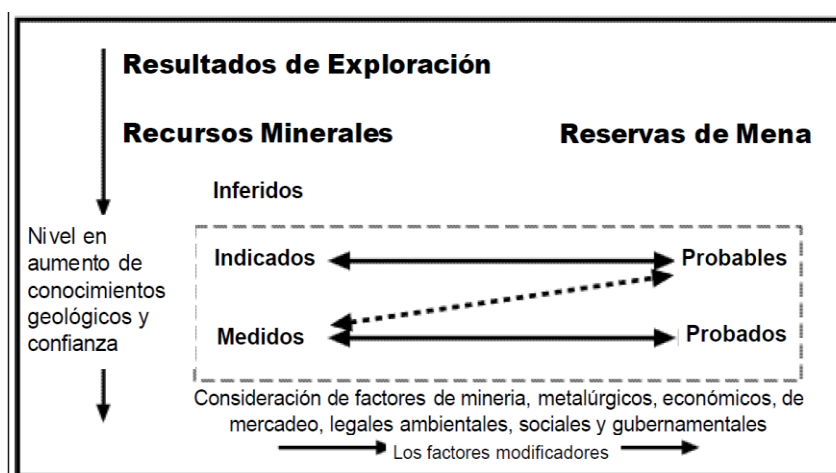


Figura 47. Clasificación de reservas
Fuente: Código de Jorc.

* Nota: Todas las reservas se han categorizado según su accesibilidad, no se han tomado en cuenta los factores de certeza por no tener una plantilla de un pit final óptimo (el cual debe de armarse con el apoyo de planeamiento).

REPORTE DE RECURSOS POR BANCOS

RECURSOS POR BANCO		
BANCO	TM	LEY
3000	2191.55652	0.273197
3006	14131.8109	0.266251
3012	23128.5587	0.239329
3018	24319.4215	0.18931
3024	31835.376	0.158417
3030	46494.3985	0.177965
3036	33682.252	0.196345
3042	13279.5773	0.266913
3048	10555.4247	0.389687
3054	17345.3493	0.39033
3060	26342.1307	0.383456
3066	35831.7295	0.364555
3072	45963.8476	0.35478
3078	68377.9646	0.319817
3084	123665.765	0.253897
3090	195179.013	0.22029
3096	255365.239	0.20058
3102	276798.414	0.205629
3108	273230.371	0.225193
3114	238324.646	0.25266
3120	192695.999	0.293399
3126	176783.328	0.307829
3132	171690.538	0.305254
3138	165311.805	0.294925

3144	160823.355	0.285443
3150	168906.455	0.301094
3156	249180.183	0.384189
3162	304294.726	0.428755
3168	345893.711	0.409855
3174	409080.607	0.379306
3180	479718.278	0.358565
3186	411008.886	0.397574
3192	356645.899	0.435616
3198	343460.106	0.475031
3204	375696.915	0.477442
3210	475067.769	0.421117
3216	547409.46	0.394445
3222	615434.26	0.371724
3228	653611.236	0.366051
3234	614857.923	0.424691
3240	591958.109	0.471436
3246	611364.094	0.492789
3252	680924.575	0.48319
3258	744920.833	0.473771
3264	816526.72	0.455008
3270	866506.515	0.457596
3276	863070.181	0.458507
3282	855307.127	0.465342
3288	851377.79	0.47218
3294	825436.096	0.499606
3300	806065.023	0.505666
3306	823539.749	0.496344
3312	856957.052	0.465343
3318	878405.384	0.441268

3324	894167.555	0.419928
3330	913680.238	0.410651
3336	941796.93	0.423471
3342	1002289.14	0.426898
3348	1014581.34	0.440256
3354	1062815.29	0.458632
3360	1044880.7	0.455458
3366	1018427.88	0.443151
3372	1046361.86	0.410322
3378	1057776.39	0.396051
3384	1056910.87	0.381397
3390	1045879.32	0.376984
3396	997104.933	0.37759
3402	930889.562	0.391405
3408	872668.425	0.406687
3414	849683.452	0.402378
3420	866923.533	0.377222
3426	886817.176	0.342839
3432	879415.889	0.313467
3438	898651.054	0.313372
3444	939598.271	0.324254
3450	925831.211	0.335582
3456	910815.89	0.352319
3462	880806.998	0.36662
3468	854549.418	0.378116
3474	862928.011	0.390221
3480	824314.384	0.395927
3486	758607.366	0.3877
3492	684843.33	0.39671
3498	568529.059	0.4208

3504	440033.66	0.416606
3510	367403.657	0.423813
3516	330310.811	0.425716
3522	278077.683	0.488587
3528	209767.138	0.578596
3534	132395.594	0.63606
3540	63489.2027	0.643518
3546	18378.1599	0.679816
3552	653.001955	0.723184
	49379,027.9	0.41 →

Recurso por Bancos

CONCLUSIONES

1. El modelo de celdas es un método geoestadístico que no proporciona más exactitud en el cálculo de recursos económicos.
2. Los parámetros geoestadísticos para realizar el inventario de recursos nos proporciona información valiosa para determinar la exactitud y precisión de datos.
3. Empleando el método de celdas se ha logrado determinar los siguientes recursos:

RESUMEN DE RESERVAS				
CATEGORIA	TM	Ley	Oro Contenido	
			GRAMOS	ONZAS
RESERVA PROBADA ACCESIBLE	600,079	0.424	254,507	8,183
RESERVA PROBADA EVENTUALMENTE ACCESIBLE	998,971	0.401	400,125	12,864
RESERVA PROBABLE	3,913,703	0.410	1,605,644	51,623
TOTAL	5,512,753	0.410	2,260,275	72,670

4. Así mismo se logró determinar reservas mineralizadas.

RESUMEN DE RESERVAS				
CATEGORIA	TM	Ley	Oro Contenido	
			GRAMOS	ONZAS
RESERVA PROBADA ACCESIBLE	600,079	0.424	254,507	8,183
RESERVA PROBADA EVENTUALMENTE ACCESIBLE	998,971	0.401	400,125	12,864
RESERVA PROBABLE	3,913,703	0.410	1,605,644	51,623
TOTAL	5,512,753	0.410	2,260,275	72,670

5. El Krigeage nos proporciona un valor relacionado con la geología de la zona mineralizada.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar como comprobación los métodos clásicos a pesar de que la Estimación de Recursos mediante Geoestadística sea considerado como el mejor método para estimar recursos.
2. Para tener un buen control de la mineralización económica se recomienda realizar una Modelación geométrica, con datos Estructurales, Modelo Litológico, Modelo de Alteraciones y Modelo Geomecánico.
3. La base de datos topográficos, debe estar siempre implementado con un sistema de manejo y control asociado, con esto se logrará, mejor dinámica, orden y control en el manejo de la información topográfica.
4. Se debe actualizar en forma continua los modelos para mantener siempre vigente el modelo y su información.

BIBLIOGRAFIA

- 1. Almeida, A.S. y Journel, A.G., 1994**, Joint Simulation of Multiple Variables with a Markov-Type. Coregionalization Model, Mathematical Geology, Vol. 26, No. 5, pp. 565-588.
- 2. Annels, A.E., 1991**, Mineral Deposit Evaluation, Practical Approach, Chapman & Hall, 431 p.
- 3. Armstrong, M. y Carignan, J., 1997**, "Géostatistique Linéaire, Application au Domaine Minier.", École de Mines de Paris, 112 p., "Géostatistique Linéaire, Application au Domaine Minier.", École de Mines de Paris, 112 p.
- 4. Armstrong, M. y Roth, C., 1997**, Notas del curso Geoestadística Lineal, en el CFSG "Ciclo de Formación Especializada en Geoestadística", Curso: 1997-98, Centro de Geoestadística de la Escuela Nacional Superior de Minas de Paris, Fontainebleau, Francia.
- 5. ASCE Task, 1990**, Committed on Geostatistics Techniques in Geohydrology of the Ground Water Hydrology Committee of the ASCE Hydraulics Division, Review of Geostatistics in Geohydrology II: Applications, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.116, No. 5, pp. 633-658.
- 6. Carrasco-Castelli, P. y Jara-Salame, E., 1998**, Information Impact in Mining Decisions Case Study Radomiro Tomic, Journees de Geostatistique, Centre de Géostatistique, Ecole des Mines de Paris, Fontainebleau, France, 25 et 26 Mai 1998, 14 p.
- 7. TESIS Estimación de Reservas Aplicando el Software SURPAC VISION**
UNIVERSIDAD DE ATACAMA

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS



FOTOGRAFIA 1: Cucharilla para extracción de muestras



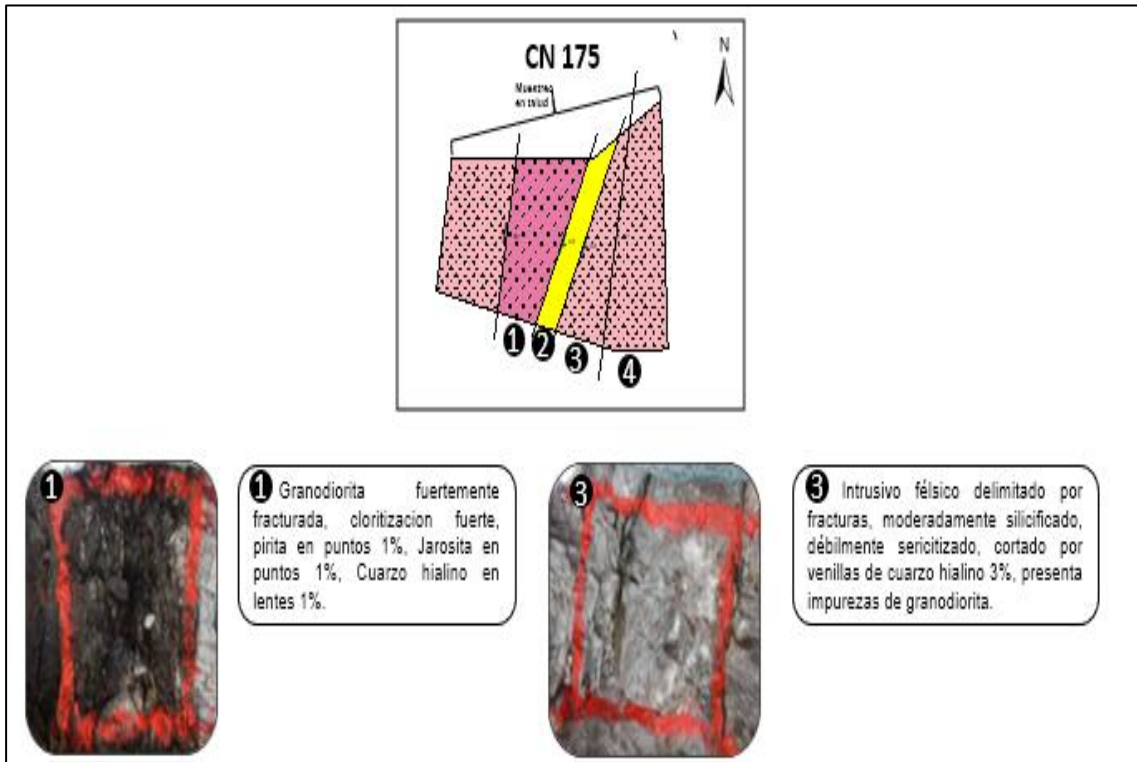
FOTOGRAFIA 2: Extracción de muestras y embolsado



FOTOGRAFÍA 3: registro y etiquetado de muestras



FOTOGRAFIA 4: Perforadora blast hole



FOTOGRAFÍA 5: Toma de muestras en canales.

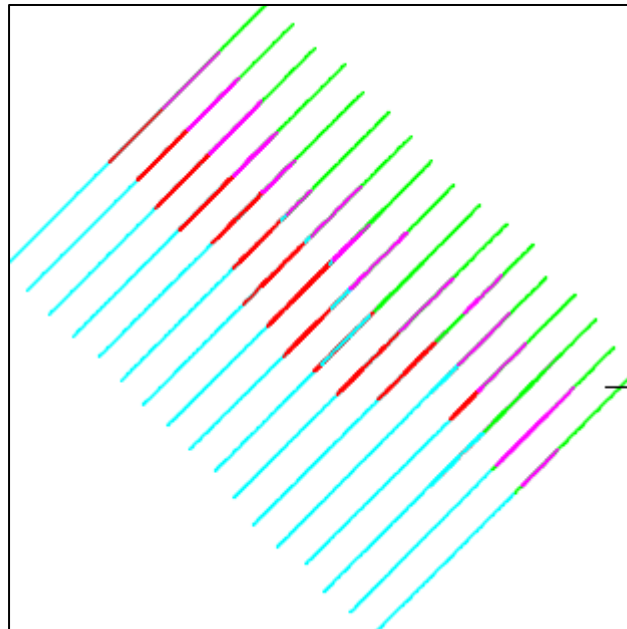


FIGURA 1: Envoltente mineral de Au con la compilación de datos

LOTE	FECHA	CODIGO		MUESTRAS PRIMARIAS	MUESTRAS DE CONTROL							Total de muestras	CANALETA	
		DE	HASTA		Std Medio	Std Bajo	Gemela	Blc Gruesc	Blc Fino	Dpl Gruesc	Dpl Fino			C.E.
L28	SEM 43	126904	126908	4		126905							5	190
L28	SEM 43	126909	126913	3				126912	126911				5	191
L28	SEM 43	126914	126917	3						126916			4	192
L28	SEM 43	126918	126920	3									3	193
L28	SEM 43	126921	126924	3	126923								4	194

Tabla 1: QA/QC, Registro y codificación.

MUESTRAS ESPECIALES				FECHA :					30-nov-12	
N°	N° LAB.	CODIGO MUESTRA	Au Total g/TM	Au Soluble g/TM	Ag Total g/TM	Ag Soluble g/TM	Cu Total g/TM	Oro Soluble %		
1	E-11-14230	BH- 4395	1,017	0,914	0,645	0,283	106,54	89,86%		
2	E-11-14231	BH- 4396	0,874	0,798	2,581	0,349	114,95	91,33%		
3	E-11-14232	BH- 4397	0,580	0,532	0,645	0,183	15,89	91,63%		
4	E-11-14233	BH- 4398	0,366	0,292	1,290	0,307	54,21	79,79%		
5	E-11-14234	BH- 4399	0,466	0,416	1,342	0,283	187,85	89,26%		
6	E-11-14235	BH- 4400	1,414	1,247	1,290	0,307	277,57	88,17%		
7	E-11-14236	BH- 4401	0,420	0,366	2,685	0,266	83,18	87,16%		
8	E-11-14237	BH- 4402	0,839	0,565	0,645	0,224	94,39	67,35%		
9	E-11-14238	BH- 4403	0,377	0,292	3,226	0,283	38,32	77,47%		
10	E-11-14239	BH- 4404	0,787	0,582	0,645	0,316	47,66	73,89%		
11	E-11-14240	BH- 4405	0,305	0,266	2,581	0,283	9,35	87,30%		
12	E-11-14241	BH- 4406	0,299	0,249	2,013	0,291	42,06	83,42%		
13	E-11-14242	BH- 4407	0,374	0,332	0,645	0,407	57,94	88,98%		
14	E-11-14243	BH- 4408	0,385	0,316	0,645	0,133	9,35	82,01%		
15	E-11-14244	BH- 4409	0,351	0,266	0,645	0,141	7,48	75,85%		
16	E-11-14245	BH- 4410	0,500	0,399	0,645	0,150	15,89	79,78%		
17	E-11-14246	BH- 4411	1,333	0,997	0,645	0,150	9,35	74,79%		
18	E-11-14247	BH- 4412	0,828	0,665	0,645	0,158	20,56	80,33%		
19	E-11-14248	BH- 4413	0,287	0,249	0,645	0,241	3,74	86,76%		
20	E-11-14249	BH- 4414	0,511	0,416	0,645	0,191	92,52	81,24%		

Tabla 2: Procedimientos de validación, compilación de datos y clasificación

CODIGO MUESTRA	Au Total g/TM	CODIGO D MUESTRA	X	Y	Z	FECHA	LON.TALADRO	OBSERVACIONES
BH-1339	0.195	1339	830368,656	9134091,35	3538,45	10/05/2012	4	B-3532
BH-1340	0.215	1340	830366,208	9134086,81	3538,753	10/05/2012	7	B-3532
BH-1341	0.113	1341	830363,535	9134091,34	3538,334	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1342	0.108	1342	830358,122	9134090,41	3538,263	10/05/2012	4	B-3532
BH-1343	0.262	1343	830360,983	9134086,69	3538,637	10/05/2012	7	B-3532
BH-1344	0.272	1344	830355,327	9134086,1	3538,244	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1345	0.349	1345	830358,083	9134082,02	3538,32	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1346	0.128	1346	830352,589	9134081,62	3538,089	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1347	0.077	1347	830355,264	9134077,43	3538,127	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1348	0.482	1348	830349,986	9134076,89	3537,958	10/05/2012	4	B-3532
BH-1349	0.097	1349	830347,19	9134072,42	3538,162	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1350	0.195	1350	830371,412	9134086,97	3538,48	10/05/2012	6	B-3532
BH-1351	0.221	1351	830363,985	9134082	3538,288	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1352	0.349	1352	830368,843	9134082,02	3538,025	10/05/2012	4	B-3532
BH-1353	0.487	1353	830367,282	9134076,88	3537,868	10/05/2012	4	B-3532
BH-1354	0.036	1354	830376,652	9134086,45	3538,321	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1355	0.221	1355	830374,092	9134082,19	3538,116	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1356	1.477	1356	830371,439	9134077,35	3538,002	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1357	0.415	1357	830369,018	9134073,25	3537,781	10/05/2012	5	B-3532
BH-1358	0.062	1358	830379,498	9134082,18	3538,089	10/05/2012	5	B-3532
BH-1359	0.395	1359	830376,561	9134077,28	3538,075	10/05/2012	5	B-3532
BH-1360	0.241	1360	830373,882	9134072,82	3537,896	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1361	0.328	1361	830371,49	9134068,03	3537,965	10/05/2012	5	B-3532
BH-1362	0.799	1362	830384,289	9134080,73	3537,937	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1363	0.569	1363	830382,022	9134077,42	3538,083	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1364	1.421	1364	830379,763	9134072,95	3538,035	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1365	0.251	1365	830377,062	9134068,41	3537,888	10/05/2012	4	B-3532
BH-1366	0.277	1366	830374,261	9134063,62	3538,019	10/05/2012	6	B-3532
BH-1367	0.349	1367	830386,643	9134076,29	3538,241	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1368	0.333	1368	830384,919	9134072,64	3538,122	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1369	0.369	1369	830382,094	9134068,1	3538,011	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1370	0.518	1370	830379,807	9134063,37	3537,964	10/05/2012	4	B-3532
BH-1371	0.154	1371	830377,139	9134059,14	3538,163	10/05/2012	4	B-3532
BH-1372	0.056	1372	830374,903	9134054,06	3538,128	10/05/2012	6	B-3532
BH-1373	0.360	1373	830372,449	9134058,75	3538,126	10/05/2012	4	B-3532
BH-1374	0.067	1374	830369,59	9134063,45	3538,125	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1375	0.762	1375	830366,16	9134068,67	3538,13	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1376	0.402	1376	830364,013	9134072,35	3537,961	10/05/2012	5	B-3532
BH-1377	0.118	1377	830360,774	9134068,34	3538,105	10/05/2012	6,5	B-3532
BH-1378	0.036	1378	830354,728	9134067,86	3538,173	10/05/2012	6,5	B-3532
							229,5	

Tabla 3: Análisis de datos por bancos

BHID	FROM	TO	Au	Ag_Total_pp	Cu_ppm	As_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Sb_ppm	Bi_ppm	Hg_ppm	Mo_ppm
04D-ET-001	0	2	1,4142	-0,5	27	55	14	4,5	44	-10	1	-5
04D-ET-001	2	4	0,041	-0,5	20	42	24	2,6	-25	-10	1	-5
04D-ET-001	4	6	0,129	-0,5	78	212	46	5,35	68	-10	2	-5
04D-ET-001	6	8	0,335	0,55	167	439	50	5,85	160	-10	6	-5
04D-ET-001	8	10	0,684	2,2	149	569	76	6,25	527	-10	9	-5
04D-ET-001	10	12	0,047	-0,5	40	66	-5	5	69	-10	0	-5
04D-ET-001	12	14	0,027	-0,5	37	49	8	4	26	-10	0	-5
04D-ET-001	14	16	0,039	-0,5	35	61	-5	3,5	37	-10	0	-5
04D-ET-001	16	18	0,026	-0,5	17	-25	-5	3,6	-25	-10	0	-5
04D-ET-001	18	20	0,039	-0,5	18	36	7	5,1	35	-10	0	-5
04D-ET-001	20	22	0,032	-0,5	23	41	6	10,75	44	-10	0	-5
04D-ET-001	22	24	0,062	-0,5	29	45	27	4,6	55	-10	0	-5
04D-ET-001	24	26	0,071	-0,5	17	47	24	4,25	63	-10	0	-5
04D-ET-001	26	28	0,065	-0,5	68	120	32	5,75	71	-10	1	-5
04D-ET-001	28	30	0,02	-0,5	34	-25	20	6,85	-25	-10	0	-5
04D-ET-001	30	32	0,198	-0,5	137	469	44	6,35	159	-10	4	-5
04D-ET-001	32	34	0,388	1,15	125	536	96	7,85	250	-10	4	-5

Tabla 4: Análisis de asays compilados

BHID	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	LONGITUD	HOLE-PATH
04D-ET-001	830035,66	9134009,73	3463	182,75	CURVED
04D-ET-002	830334,83	9134312,64	3424	232,8	CURVED
04D-ET-003	830168,8	9133866,71	3503	219,6	CURVED
04D-ET-004	830395,87	9134093,7	3538	138,8	CURVED
04D-ET-005	830000,08	9134259,27	3319	200,15	CURVED
04D-ET-006	829783,3	9134052,59	3357	178,65	CURVED
04D-ET-007	830637,82	9133621,81	3506	117,7	CURVED
04D-ET-008	830489,69	9133895,41	3534	100	CURVED
04D-ET-009	830702,18	9134139,09	3336	150	CURVED

Tabla 5: Análisis de collar compilados

BHID	AT	BRG	DIP	MODO
04D-ET-001	0	45	-55	SUP
04D-ET-001	182,75	45	-55	
04D-ET-002	0	225	-55	SUP
04D-ET-002	232,8	225	-55	
04D-ET-003	0	45	-55	SUP
04D-ET-003	10	45,2	-55,24	FLEX
04D-ET-003	60	45,05	-54,53	FLEX
04D-ET-003	110	44,9	-52,96	FLEX
04D-ET-003	160	44,65	-52,72	FLEX
04D-ET-003	210	44,35	-53,79	FLEX
04D-ET-003	219,6	44,35	-53,79	FLEX
04D-ET-004	0	225	-55	SUP
04D-ET-004	20	225	-53,66	FLEX
04D-ET-004	70	226,2	-54,25	FLEX
04D-ET-004	120	227,1	-54,35	FLEX
04D-ET-004	138,8	227,1	-54,35	FLEX
04D-ET-005	0	45	-60	SUP
04D-ET-005	50	44,11	-61,01	FLEX
04D-ET-005	150	43,36	-61,61	FLEX

Tabla 5: Análisis de survey compilados