

RESOURCE EVALUATION SYSTEM – MINA CERRO CORONA

Luis Armas, Charles Muller

luis.armas@goldfieldsperu.com.pe ; charles@minxcon.co.za

INTRODUCCIÓN

Resource Evaluation System (R.E.S.) es el sistema (Minxcon - software) que se usa en Goldfields – La Cima para realizar el trabajo diario del área de Grade Control.

La geoestadística con varias décadas de evolución ya no tiene que estar excluida para la evaluación cotidiana del mineral a explotar (Grade Control), en este camino de buscar ser más certeros con las estimaciones se han logrado desarrollar metodologías de trabajo importantes que llevan los destinos de algunas empresas mineras.

De igual forma como se piensa que cada yacimiento mineral es diferente a otro yacimiento, no importando la proximidad o lejanía de las mismas, también las metodologías de trabajo y las optimizaciones de los recursos son diferentes. Gold Fields – Minxcon presentamos a ustedes nuestra metodología de trabajo cotidiano.

UBICACIÓN DE LA MINA

- El proyecto Cerro Corona esta ubicado a 80 Km. al NNO de la ciudad de Cajamarca, al norte del Perú, exactamente en el Distrito y Provincia de Hualgayoc a una altitud desde 3,300 hasta 3,900 m.s.n.m.
- Es accesible por una carretera afirmada que va desde Cajamarca-Hualgayoc-Chota, de donde se bifurca hacia el campamento a la altura del Km. 77 en el sector de Coymolache por una trocha carrozable con dirección al paraje El Tingo

Departamento : Cajamarca
Provincia : Hualgayoc
Distrito : Hualgayoc
Latitud : 06°45'45"N
Longitud : 78°37'22"E

RESUMEN DE LA GEOLOGÍA DE CERRO CORONA ¹

Estructural

- Sistema de fallas NE-SO

Determinado principalmente por las fallas Olga de rumbo N 66°E, buzamiento de 80° SO y potencia promedio de 0.90 m. Falla Mariella de rumbo N 255° E, buzamiento de 80° SO y potencia promedio de 2.0 m. La falla Carmen de rumbo N 245° E, buzamiento de 75° SO y potencia promedio de 0.60 m.

- Sistema de fallas NO-SE

Caracterizado por la falla Diana de rumbo N 140° E, buzamiento 85°? y potencia promedio de 0.60 m. La falla Pamela con rumbo de N 330° E, buzamiento de 75° SO y potencia promedio de 0.10 m.

Alteraciones

- Propilítica

La alteración propilítica de la diorita porfírica esta caracterizada por el desarrollo de clorita y epidota desde la alteración de los minerales ferromagnesianos y el desarrollo de calcita de los feldespatos. Piritita color latón diseminada y calcopirita ocurre en cantidades de trazas a 1%.

¹ Ángel Uzategui Obando 2007 “Geología Cerro Corona 2007” 28 Pág.

Pirita, calcopirita y hematina puede ocurrir a lo largo de fracturas, pero solamente a un menor grado.

- Potásica

La alteración potásica en Cerro Corona está dominada por biotita mejor que la ortoclasa. La biotita ocurre como marrón suave, pequeñas biotitas destruidas en la matriz de grano fino y está ubicada en el centro del stock o cerca de los márgenes. La calcopirita ocurre en porcentajes de 1% en ambas rocas alteradas propilítica y potásicamente indicando la presencia de cobre en el magma.

- Fílica

La alteración cuarzo-sericita-pirita sobre impresa a la potásica y propilítica. Texturalmente es una alteración muy destructiva, reemplazando la roca con cuarzo y sericita. La pirita es generalmente de grano fino y gris oscura, ocurriendo como diseminaciones y como finas venillas. En las rocas alteradas a cuarzo-sericita, la pirita puede llegar a 6% del volumen de la roca. Sin embargo concentración de calcopirita es muy baja.

- Argílica

La alteración argílica es el tipo más común, sobre impresa a ambos eventos propilíticos y potásicos. La argilización selectiva de los feldespatos está ubicada en la roca mineralizada. Fuerte alteración argílica pervasiva puede destruir más mineral constituyente dejando la matriz de la roca preservada. Biotita primaria puede sufrir de débil destrucción en las bordes, pero remanentes al centro claramente bien preservadas.

- Silíceo

Esta alteración si bien es cierto no debe de constituirse como tal por la manifestación de venillas de cuarzo entrecruzadas (stockwork) y que en profundidad se observa en forma digital o ramaleada; en la parte superior y en superficie toma más cuerpo a manera de un hongo erosionado parcialmente. Esta manifestación se observa en la zona estéril SO donde existe la mayor concentración de afloramientos metasedimentarios, a manera de relictos colgados.

Litología.

- Intrusivos

La principal roca intrusiva es la diorita porfirítica, conformada por la presencia de fenocristales de plagioclasas subhedrales alteradas a arcillas (montmorillonita-smectita), en tamaños de 2 mm hasta 5mm y en algunos casos hasta 9 mm. constituyendo un 20% del total de la roca. Biotita euhedral comúnmente de 2 mm hasta 8 mm en diámetro, comprenden el 8% de la roca. En sectores se aprecia fenocristales de biotita negra, exfoliable, totalmente fresca sin alteración, de un 3% hasta 5%. Horblendas alargadas al parecer secundarias desde un 1 mm hasta 4 mm comprenden 5% hasta 8% de la roca. La horblenda primaria es extremadamente rara. Cuarzo se aprecia en cristales subhedrales de 2 mm hasta 5 mm en 1% hasta 3% en el mejor de los casos.

La matriz afanítica está compuesta por cuarzo-feldespato que constituye un 50% del total de la roca.

Esta roca está afectada principalmente por el stockwork de venillas de cuarzo.

En la parte central NE de este stock porfirítico se emplaza un intrusivo argílico en superficie, el cual corta (intruye) al anterior en un área de 250 m² en forma irregular, cuya manifestación principal es no presentar venillas de cuarzo, las que constituyen el stockwork descrito anteriormente. Caracterizado por presentar fenocristales de plagioclasas subhedrales de 2 mm hasta 1 cm, alteradas a arcillas, (montmorillonita - smectita),

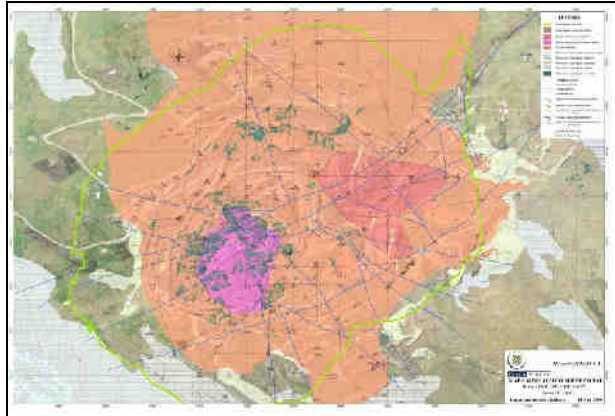


Figura 1. Plano geológico mina Cerro Corona

METODOLOGÍA DE TRABAJO GRADE CONTROL²

1. Trabajo de campo
 - Muestreo de blast holes
 - Logueo y mapeo geológico
2. Trabajo en gabinete base de datos (data sheet)
 - Ingreso de información a la base de datos
3. Trabajo de gabinete
 - Interpretación y actualización del modelo de zonas minerales (interpretación del intemperismo) distribución vertical.
 - Uso de los controles geológicos de mineralización
4. Trabajos en gabinete con software RES (ver Fig. 2)
 - Estadísticas para la selección y creación de los dominios (Interpretación horizontal) para cada zona mineral (Geozonas)
 - Estadísticas finales para las variables que se desea (3 elementos que controlamos)
 - Cálculo de NSR (Retorno neto después de la fundición) por taladro
 - Formulas para cada zona mineral
 - Uso del primer cut off Geológico.
 - Evaluación por taladro con respecto al Cut Off geológico
 - Creación del modelo vacío de desmonte
 - Creación de modelos vacíos para cada zona mineral
 - Creación del modelo geológico
 - Creación del modelo proporcional
 - Variografía para cada elemento , separados por dominio y por zona mineral
 - Definición de parámetros para el kriging ordinario.
 - Herramientas indicativas de performance del kriging
 - Comparativo kriging ordinario, kriging simple, inverso de la distancia cuadrada
 - Combinación final de los modelos geológicos con los del kriging por zona mineral
 - Calculo final del NSR para el modelo de bloques.
 - Creación de Grade Control Polygons para ser usado en el minado.
 - Replanteo y control en campo de los polígonos de minado

² Departamento geología Gold Field – La Cima 2007 “Grade Control Procedimientos SOX”

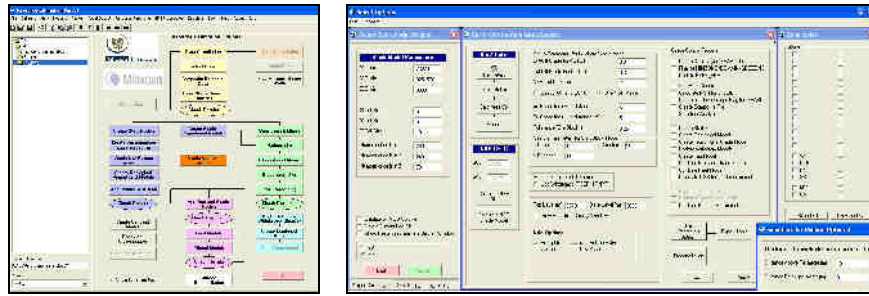
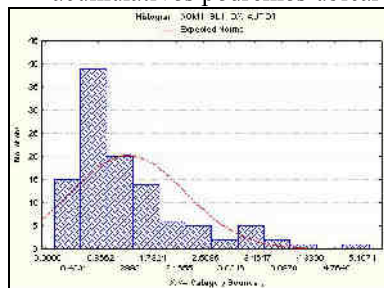


Figura 2. Pantalla principal del software RES y pantalla de comandos

ASPECTOS MÁS IMPORTANTES EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

1. Trabajo de campo muestreo
 - El muestreo se realiza para cada blast hole, diseñada en malla de 6m x 6m
 - Para el muestreo se utiliza bandejas de 50kg aprox.
 - Para el logueo de conos de detritus usamos una PDA con el software Arc Pad utilitario de ArcGIS para PDA esto nos permite tener los logueos actualizados en forma oportuna
2. Trabajo en gabinete base de datos (data sheet)
 - El trabajo de base de datos se trabaja con la ayuda del software Datashed que nos ayuda a coleccionar todo el tipo de información
 - El software te permite el control de los certificados mediante el utilitario QAQR que sirve para controlar la información del laboratorio analítico
3. Trabajo de gabinete interpretación
 - El trabajo de la interpretación se realiza en conjunto con el área de geología que entregan los planos por bancos de las zonas minerales y el área de grade control ajusta estos contornos con los logueos y los análisis del laboratorio. En la interpretación se modela la geometría del depósito después de la cual se determinará los dominios (conjunto de data medianamente uniforme),
4. Trabajos en gabinete con software RES
 - La estadística simple por dominio que se realiza nos servirá para tener una idea de la población que nosotros intentamos agrupar, para ello será necesario que evaluemos los parámetros de dispersión como la desviación estándar y varianza, con los diagramas acumulativos podremos ubicar que valores debemos cortar para que mejore la varianza



Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet)							
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev	Skewness	Kurtosis
DOM1_BLI_OX_AUTOT	746	1.3988	0.2880	6.2000	0.71903	0.84795	1.2459	1.479
DOM1_BLI_OX_CUTOT	746	0.0349	0.0010	0.3100	0.00095	0.03090	4.8208	33.601
DOM1_BLI_OX_STOT	746	0.1538	0.0050	7.2300	0.27832	0.52694	7.8588	73.322
DOM1_BLI_OX_AUCN	552	1.0214	0.1200	3.5500	0.36816	0.60676	1.4135	1.890
DOM1_BLI_OX_CUCN	552	0.0030	0.0010	0.1780	0.00020	0.01439	10.232	112.724
Ln_DOM1_BLI_OX_AUTOT	746	0.1674	-1.2447	1.9582	0.33303	0.57709	0.1822	-0.832
Ln_DOM1_BLI_OX_CUTOT	746	-3.5958	-8.9071	-1.1711	0.45858	0.67726	-0.2317	-1.670
Ln_DOM1_BLI_OX_STOT	746	-3.9578	-5.2983	1.9782	1.14234	1.06880	1.8889	6.221
Ln_DOM1_BLI_OX_AUCN	552	-0.1246	-2.1202	1.2689	0.30894	0.55672	0.0697	-0.051
Ln_DOM1_BLI_OX_CUCN	552	-6.8387	-8.9071	-1.7260	0.50087	0.70778	4.2072	21.213

Figura 3. Distribución estadística del dominio 1 y parámetros estadísticos

- Modelo de desmonte³ es creado en función a la evaluación de cada uno de los taladros con respecto al **cut off geológico** con el valor asignado de la comparación 1 si es mayor y o si es menor, se procede con el kriging de indicadores para indicar que celdas (blocks) necesitan ser considerados como desmonte por lo que estas celdas deben ser removidas hacia el modelo de desmonte, el trabajar con modelos de desmonte ayuda cuando se tiene valores altos dentro de una población de valores bajos (altos erráticos)

³ Charles Muller Oct. 2007 "Reporte Interno Gold Fields"

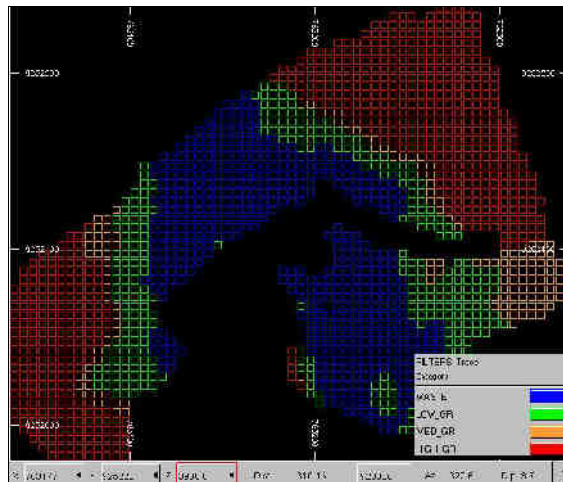


Figura 4. Zona sin blocks tiene valores más bajos que el **cut off geológico**

- Variografía por dominio serán revisados cada 6 meses por que las variaciones no serán mayores

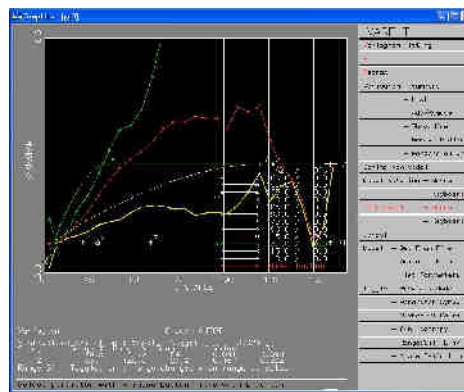


Figura 5. Variograma 2D dominio1 óxidos

- La configuración de los **parámetros de búsqueda** no tiene que ser igual a los que se usan para la evaluación de recursos de todo el yacimiento, por la sencilla razón que ahora tienes un muestreo sistemático con mayor cantidad de información, algunos puntos a tomar en cuenta se puede apreciar en el siguiente cuadro (cuadro 1):

Procesos	Detalle o parámetros	Grade control	Recursos y reservas
Muestreo	Malla de muestreo	6m x 6m	30m x 30m (en el mejor caso)
	Longitud	10 m	2 m
	Diámetro de muestra	7pulgadas	4 pulgadas
	Contaminación en campo	Es posible	No es posible dependiendo del tipo de perforación
Estadística	Población	Mayor	Menor población por dominio
	Parámetros estadísticos	Más confiables	Confiables
	Parámetros de desviación	Más confiables	Confiables
Variogramas	Alcance	Serán menores	Alcances mayores
	Meseta	Tendría más soporte	Es un poco variable
	Efecto pepita	Mayor certeza	Más variable menor certeza
	Estructura	Más ajustado	Ajustado
	Paso (lag)	Menor	Mayor

Kriging	Parámetros de búsqueda	Isométrico debido a malla regular	1.5 el alcance elipse
	Número de muestras	Evaluar los pesos negativos	Es necesario usar mayor número de muestras
	Efecto pantalla	Controlado por máximo número de muestras	La distribución alejada de data podría generar

Tabla 1. Zona sin blocks tiene valores más bajos que el **cut off geológico**

- Con respecto al control de calidad que se tiene que realizar del producto final que es el modelo de **grade control** contamos con lo siguiente:
- kriging efficiency Parámetro calculado en porcentaje (%) para cada celda, la forma de interpretar es como sigue:
Evaluar el modelo de bloques de las zonas trabajadas con la regla principal:
> 70% la eficiencia del kriging es buena
< 70% la eficiencia del kriging es regular, necesita revisar.
- Lower limit confidence la regla en este parámetro es que el límite de confianza debe ser menor a 20%(>20%)
- Slope regression La regla para este parámetro la pendiente de la línea de regresión debe ser próximo a 1.0, mayor a 0.8

5. Trabajos de campo

CONCLUSIONES

- El control geológico más importante del depósito es el estructural, con respecto a la alteración no existe relación con el valor económico.
- La selección de los dominios se realiza en función de valores y separados previamente por zona mineral.
- Los parámetros para el kriging entre cálculo de recursos y reservas (toda la mina) y la evaluación de recursos diaria para cada proyecto no deben ser iguales
- La Variografía no debe ser cambiada por lo menos en 6 meses, pero si se debe realizar los up dates después de añadir nueva información al dominio lo cual altera la varianza de la población (ajustado de la meseta del variograma).
- Los pesos negativos para el efecto pantalla, que se obtiene en el proceso son producto de lo siguiente:
 - Demasiada cantidad de información(muestras),
 - Efecto pepita muy bajo
 - Elipse de búsqueda muy grande.
- R.E.S. genera informes para cada uno de los procesos por lo que puede ser auditable.
- El parámetro más importante para evaluar el kriging es el **kriging efficiency**, pero es necesario recordar que el kriging está basado en el variograma. Lo cual nos indica que si nuestro ajuste variográfico está mal, el kriging estará mal.