

Geología Estructural y su Influencia en la Estimación de Recursos Minerales de la mina Chapi

Ing. Fidel Mamani Yana
Empresa Minera Milpo S.A.

fmamani@milpo.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es demostrar la importancia que tiene la Geología Estructural en la Estimación de Recursos Minerales con la finalidad de aumentar el soporte Geológico y Geoestadístico en el yacimiento de la Mina Chapi.

La mina Chapi Pertenece al Grupo Milpo como una de las cuatro minas operativas. El trabajo responde a un análisis de las características estructurales encontradas en los planos geológicos superficiales que fueron correlacionadas en interior mina mediante secciones secuenciales de la mina.

Estas interpretaciones son llevadas a un plano tridimensional utilizando un software geológico minero con la finalidad buscar el patrón estructural que ayude a conocer la deposición del

mineral que conforma los mantos mineralizados. Estos resultados que están relacionados con los esfuerzos compresionales y tensionales son explicados en forma simple mediante con el método de Elipsoides de Esfuerzo.

Conociendo la alteración, la litología y la mineralización, éste control estructural, ayudó a dar mayor confianza geológica y soporte a los dominios geoestadísticos para fundamentar la clasificación de los recursos minerales bajo los lineamientos y códigos internacionales en la estimación de recursos minerales. Así mismo ayuda a incrementar el soporte geológico en los blancos exploratorios de la mina y en su aplicación en las además unidades del Grupo Milpo.

INTRODUCCIÓN

La Identificación del alineamiento de las estructuras permite caracterizar los dominios estructurales litológicos y por consiguiente dominios geoestadísticos que ubican concentraciones de minerales económicos, constituyendo los objetivos fundamentales para las exploraciones en la mina.

Para lograr tales propósitos se estudio los informes realizados por la anterior empresa y los trabajos estructurales realizado por el área de Exploraciones del Grupo Milpo, estos resultados fueron trabajados en forma tridimensional y analizados mediante un modelo estructural simple de Elipsoide de Esfuerzos.

La Importancia de este análisis se aplico en la estimación de recursos minerales como parámetros necesarios en los análisis variográficos, interpolaciones y soporte geológico en la categorización de recursos.

El presente trabajo permite mostrar las bondades de la información que estructural que identifica los principales dominios geológicos que contribuyen como soporte en una estimación de recursos.

UBICACIÓN

La Unidad Minera Chapi se encuentra ubicada en el Departamento de Moquegua en la Provincia de Sánchez Cerro que pertenece al Distrito de La Capilla muy cerca al límite departamental de Arequipa, se encuentra en la parte alta de la Quebrada de Campanayoc, entre los 2,300 y 2,750 m.s.n.m. En la Figura N° 1-1 se muestra el mapa de ubicación de la Mina Chapi.

El acceso hasta la Mina se realiza desde la ciudad de Arequipa, partiendo del límite urbano de la ciudad mencionada que consiste de un tramo inicial asfaltado de 30 Km. (siguiendo la ruta al Santuario de Chapi), desde este punto al desvío se continua por una carretera afirmada de 15 Km. y finalmente se recorre 12 Km. por una trocha carrozable hasta la Mina.

Figura N 1-1
Mapa de Ubicación' Mina Chapi



GEOLOGÍA REGIONAL

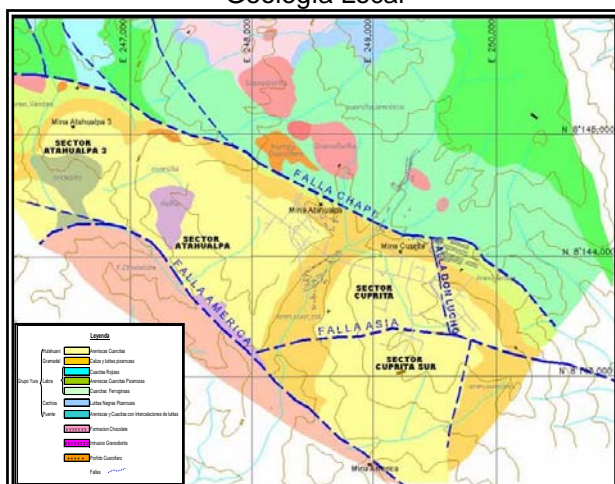
Las rocas más antiguas son volcánicas porfíricas de andesitas, tufos y brecha con intercalaciones de cuarcitas y calizas de la formación Volcánico Chocolate del Jurásico Inferior,

En discordancia erosional sobre la formación Volcánico Chocolate está el grupo Yura compuesto por cuarcitas, pizarras y areniscas depositadas en mares profundos durante el Jurásico Superior al Cretácico Inferior.

GEOLOGÍA LOCAL

La geología local fue configurada por el resultado de la conciliación de los diferentes reportes generados por la anterior empresa y otros anteriores, incluyendo la interpretación actual de los mantos, en la Figura N° 1-2, se muestra la Geología consolidada por el Área de Geología y Exploraciones de la Unidad Minera Chapi.

Figura N 1-2
Geología Local



Fuente: Área Geología - Mina Chapi

MINERALIZACION

En el yacimiento Chapi se distingue cuatro tipos de mineralización:

- La mineralización tipo **Manto**, donde la mineralización fue aprovechada por los planos de fisibilidad (láminas) de las lutitas y areniscas feldespáticas, que presentan una inclinación de 25° a 50° al SO. Los mantos presentan una fuerte oxidación en superficie, lo que le da una tonalidad rojiza. Estos se encuentran en forma concordante con las secuencias sedimentarias de la formación Labra, constituyendo los mantos en Chapi.
- Enriquecimiento secundario, la mineralización se presenta rellenando el sistema de fracturamiento en las cuarcitas. Destacan por la presencia de cuarcitas en estratos medianos a gruesos muy fracturados, en los cuales se acumulan minerales como la crisocola, malaquita y menor proporción la cuprita, que corresponden a la zona de **óxidos**.
- Desarrollo del **Stockwork** en las cuarcitas y en el cuarzo diorita, se presentan el intrusivo del tipo cuarzo diorita con un vetilleo poldireccional de cuarzo más óxidos.

El **sistema de fallas** tuvo influencia en la mineralización y cerca de ellas hay un mayor contenido metálico de cobre. El buzamiento de los mantos esta en un promedio de 10° a 15° al Sur-SurOeste, cerca de las fallas el buzamiento es mayor entre 30° a 45° Sur-SurOeste.

METALOGENIA

El yacimiento de Chapi se encuentra en el lineamiento de los pórfidos de cobre del sur del Perú (Cerro Verde – Cuajote – Toquepala – Quellaveco - San José - Tía María) pertenecientes al batolito costanero.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Para determinar el marco estructural que comprende las estructuras de la mina Chapi, se han utilizados imágenes satelitales que fueron apoyados por controles de campo. Estas imágenes tienen como finalidad de buscar indicadores superficiales de estructuras (lineamientos), concluyendo la existencia de tres tendencias de estructuras principales.

Lineamientos de primer orden NO-SE

Este sistema de lineamientos presenta los rasgos mas prominentes en las imágenes satelitales, tienen una orientación NO-SE (tendencia andina). Presenta longitudes plurikilométricas, controlando el área a manera de franjas o trenes estructurales.

Los sistemas Chapi y América, presentan fallamientos del tipo normal con transcurrencia dextral, esto fue determinado en los espejos de fallas mediante las estrías que forman por el rozamiento de los bloques cuando se desplazan.

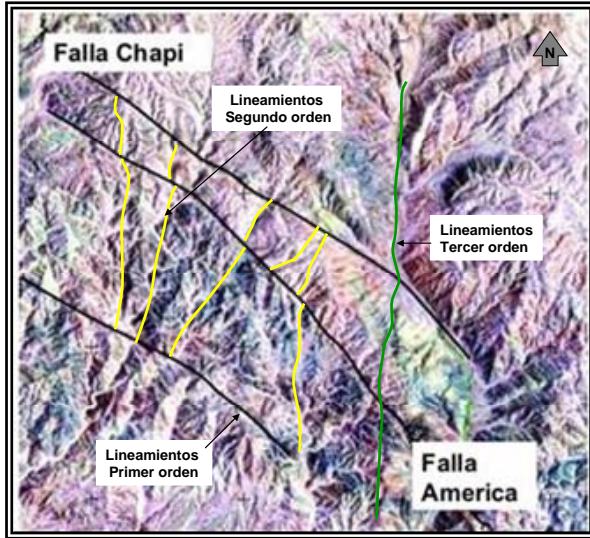
Lineamientos de segundo orden NE-SO

Estos rasgos estructurales pertenecen a los lineamientos del tipo transversal a los del primer orden. Corresponden los esfuerzos compensatorios (tensionales). Presentes en las zonas de Cuprita y Atahualpa (Fig. N° 1-3), originando plegamientos locales con rumbo **NE-SO**.

Lineamientos de tercer orden N-S, NNO-SSE

Estos sistemas cortan a los dos anteriores, presentan mayores longitudes que los lineamientos de segundo orden, y son de tendencia transcurrentes.

Figura N 1-3
Imagen satelital cuadrángulo de Puquina con los
Lineamientos Principales



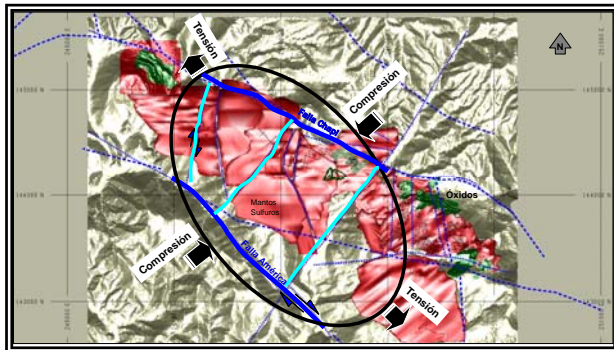
Fuente: Área Exploraciones - Milpo

Modelo Estructural

El Modelo estructural de la mina Chapi se interpreta con el método del Elipsoide de Esfuerzos, donde los componentes de deformación crean fuerzas de compresión y tensión originando dominios estructurales.

Un primer esfuerzo de tipo compresión origina fallas de orientación Andina. Conformados por las fallas America y Chapi, el segundo esfuerzo lo conforman un sistema de fallas compensativas de tipo tensional con rumbo NE SO y el tercer corta a las dos anteriores de rumbo N S. en la Figura N° 1-4 se muestra el modelo de esfuerzos.

Figura N° 1-4
Modelo Estructural Elipsoide de Esfuerzos



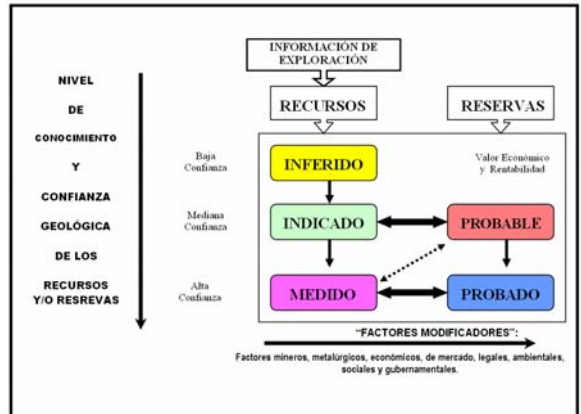
ESTIMACION DE RECURSOS

En MILPO, el "Inventario de Mineral" se han dividido de acuerdo a la aplicación de normas y parámetros establecidos en el Código JORC (*1) y los lineamientos del Estimation Procedures NI 43-101 Canadiense (*2). Estos establecen los estándares mínimos, recomendaciones y normas para la edición de Informes de Dominio Público sobre los resultados de las Exploraciones en Recursos y Reservas de Minerales.

La Figura N° 1-5, muestra la Clasificación y Relación entre Recursos y Reservas Minerales, resume la clasificación y relación entre los recursos y reservas.

A mayor información geológica se incrementa el nivel de conocimiento y confianza geológica tanto de los recursos como de las reservas. Mientras que la variación de los factores modificadores (mineros, metalúrgicos, económicos de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales) hacen que los recursos se conviertan en reservas o viceversa, lo que se grafica con flechas de doble sentido.

Figura N° 1-5
Clasificación de Recursos y Reservas



Fuente: Código JORC

(*1) Australasian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code), prepared by then Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia (JORC), September 1999.

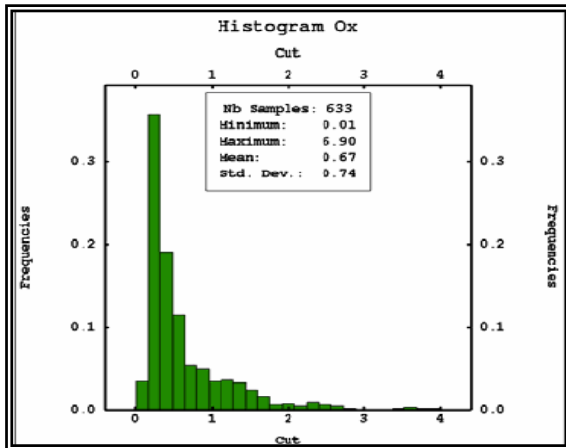
(*2) Estimation Procedures NI43101 Canadiense, determined by Companion Policy 43-101cp to National Instrument 43-101 Standards of Disclosure for Minerals Projects.

MODELAMIENTO DE RECURSOS MINERALES

Estadística

El tratamiento previo de los datos se ha realizado utilizando gráficos estadísticos, que visualizan el soporte de datos incorporados al estudio. En la Figura N° 1-6 se muestra el gráfico estadístico para los resultados de óxidos.

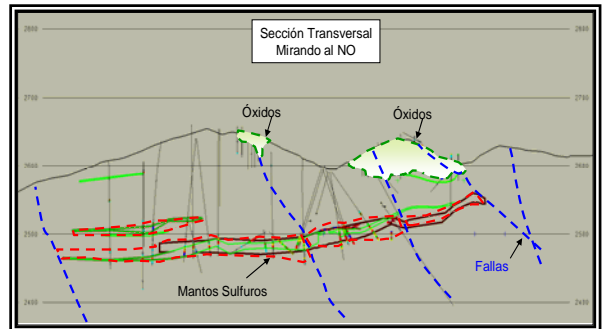
Figura N° 1-6
Resultados Estadísticos - Óxidos



Interpretación y Modelamiento

Para el modelamiento se han realizado secciones transversales interpretándose en forma tridimensional apoyados con un software minero, en la figura 1-7 se visualiza un sección típica, donde se muestra los mantos mineralizados y los óxidos que tienen relación con las fallas principales.

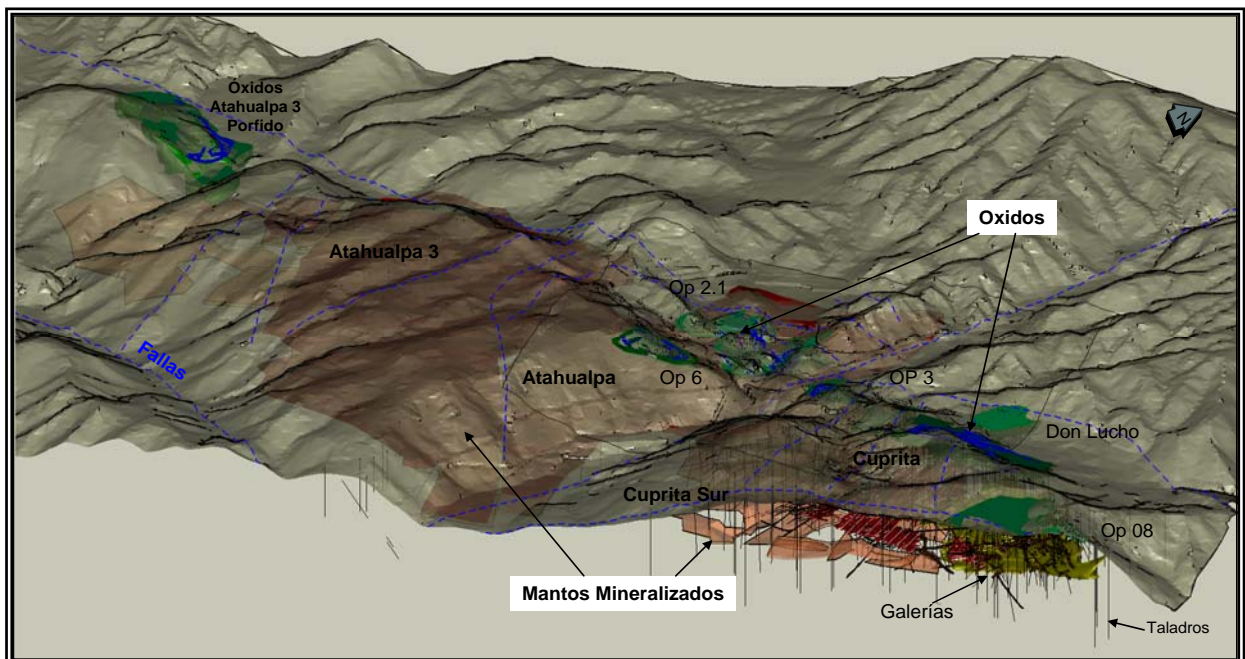
Figura N° 1-7
Sección Transversal de los Mantos Mineralizados



Considerado controles geológicos delimitado por las fallas principales como son: Falla Don Lucho y la Falla Quebrada Campanayoc, los Sectores se dividen de la siguiente manera (Figura N° 1-8)

- Sector Cuprita
- Sector Cuprita Sur
- Sector Atahualpa
- Sector Atahualpa 3 (Pórfidos y Mantos)

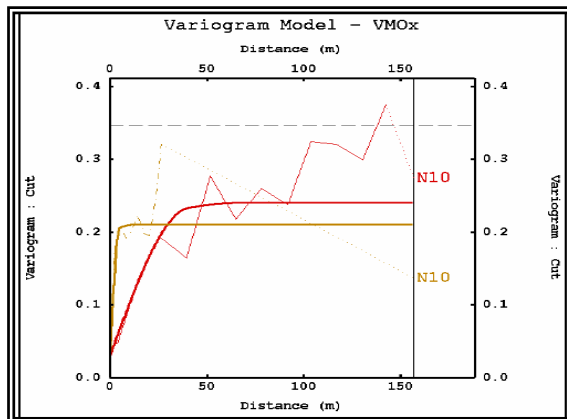
Figura N° 1-8
Vista esquemática de Sectores Mineralizados



Variografía

Para efectuar los análisis variográficos se han considerados los dominios Estructural realizando interpretaciones variográficas en sus diferentes planos, en la Figura N° 1-10 se muestra un modelo variográficos realizado para los Óxidos:

Figura N° 1-10
Modelo Variografico



Interpolación y Categoría

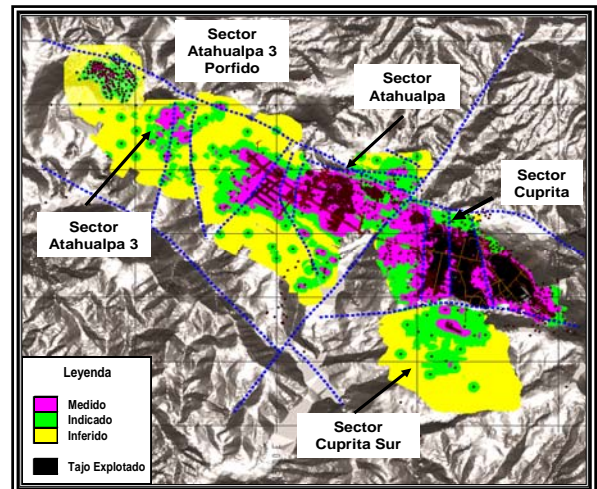
El método de Interpolación utilizado para el cálculo de valores fue la técnica del Kriging Ordinario.

Para la categorización se han considerando los resultados de los parámetros del variograma en función al alcance obtenido, los recursos se han clasificado con el siguiente criterio: se utiliza 1/3 del alcance, para Recursos Medidos y 2/3 del alcance para clasificar recursos Indicados. A partir de estos criterios se evalúa la distancia y densidad de información que tendrá un bloque. En la Tabla N° 1-1 se muestra algunos criterios de información que se toma en cuenta en la categorización.

Tabla N°1-1
Categoría en función a la densidad de información Geológica

Alcance	Categoría	N° Taladros		
		4 a más	2 a 3	1
1/3	Medido (m)	20	10	-
2/3	Indicado(m)	40	25	15
Alcance 70m	Inferido(m)	Hasta donde el limite del alcance		

Figura N° 1-11
Categorización de Recursos Minerales



CONCLUSIONES

La identificación de las estructuras principales en los informes anteriores no consideraba un modelo estructural ni la influencia de esta en la mineralización del yacimiento. Con el desarrollo de la Interpretación estructural mediante la técnica del elipsoide de esfuerzos nos ha permitido incrementar el soporte geológico para definir los dominios y la relación de la mineralización con las fallas en nuevos objetivos exploratorios y determinar los controles geoestadísticos, que determinan los parámetros utilizados en la estimación de recursos minerales.

Agradecimientos

Se agradece a la empresa Minera Milpo S.A. por permitir la presentación de este artículo, y a la Gerencia de Planeamiento Corporativo del grupo Milpo por permitirme hacer publico esta información.

REFERENCIAS

- **Código JORC** : Australasian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code), prepared by then Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia (JORC), September 1999.
- **Estudio Estratigráfico – Estructural del área de Chapi**: Por Ing. Orlando de la Cruz Mattos – Octubre 2007
- **Determinación de Parámetros Geoestadísticos para Cobre Total Mina Chapi**: Por Empresa Geoval Perú S.A.C.

