

ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL NEGOCIO MINERO APLICANDO LA RECONCILIACION EN LA UNIDAD DE CERRO LINDO

Jhonatan Lopez¹, Gianncarlo Zamora²

¹ Nexa Resources, Lima, Peru (jhonatan.lopez@nexaresources.com)

² Nexa Resources, Arequipa, Peru (gianncarlo.zamora@nexaresources.com)

1. Abstract

In all mining operations, a reconciliation system is necessary, which allows the performance of the processes involved in obtaining the final product to be measured, from the reserve-resource models, through mine design, mining planning, mining production, until culminating in the metallurgical process. It is through the relationship between the mineral received (ground ore) with the mineral sent to milling (short-term model), that reconciliation factors will result for tonnage, grade and metal.

2. Introducción

La unidad minera Cerro Lindo es un depósito de sulfuro masivo vulcanogénico (VMS) de clase mundial, es una operación subterránea, la extracción del mineral se realiza mediante el método de explotación sub level stopping (Tajeo por subniveles) con la aplicación de Taladros largos, con una producción actual promedio de 21,500Tn/día y aproximadamente 645,000Tn al año, el mineral extraído de mina es procesado en la planta de Beneficio de Cerro Lindo, mediante el proceso de flotación se recupera los concentrados de Zinc, concentrados de Cobre y concentrados de Plomo con contenido de Plata siendo estos nuestros principales productos.

Actualmente existes softwares o aplicaciones capaces de realizar la reconciliación minera y los resultados típicos son la obtención de factores que pueden ser usados para la transformación de los recursos a las reservas, En Cerro Lindo se creó una aplicación en el software Excel para implementar la Reconciliación Mineral que conecta los reportes emitidos por las diferentes áreas de la unidad como son geología, planeamiento, mina, planta y

comercial, nos ha permitido detectar y corregir algunos desvíos, la reconciliación de Cerro Lindo está elaborada para poder evaluar desde un solo tajo finalizado hasta la reconciliación de los años pasados.

Así mismo la reconciliación minera de Cerro Lindo nos permite medir la recuperación, overbrake y underbrake de todos los tajos explotados así como el tonelaje de los dominios geológicos que se explotaron y la categorización de confiabilidad mineral del material explotado.

3. Metodología Aplicada

Se elaboró una aplicación Excel donde se compilan y conectan los diferentes reportes de las diferentes áreas en base de la arquitectura de la reconciliación publicada por Morley C., (2003).

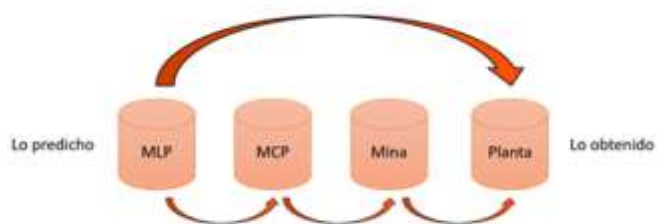


Diagrama 1: Arquitectura del sistema de reconciliación de Cerro Lindo.

La base de datos en este modelo está obteniendo información de múltiples paquetes comerciales y bases de datos, facilitando el proceso de reconciliación y permitiéndonos realizar informes desde una sola fuente (Morley C. et al., 2003).

4. Marco Teórico

En el contexto de la industria minera, la reconciliación mineral equivale a una comparación de una estimación (un modelo de recursos minerales, un modelo de reserva de mineral o un modelo de corto plazo), con los reportes de la producción oficial, generalmente de la planta de procesamiento o tratamiento (Glacken y Morley, et al., 2003; Schofield, et al., 2001)

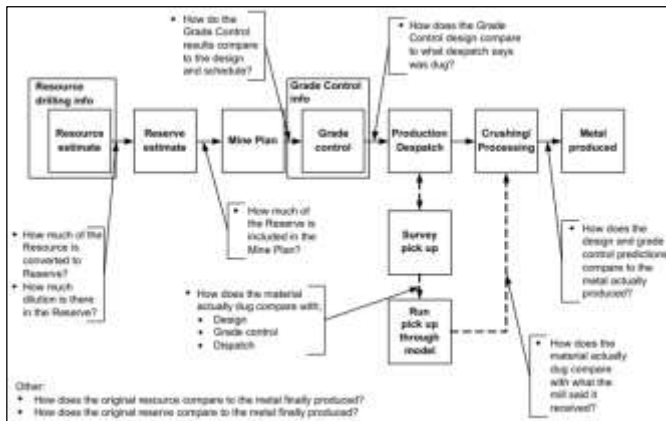


Diagrama 2: Esquema del proceso de reconciliación y los puntos claves de análisis por Morley C. (2003).

4.1. Modelo de Recursos y Reservas En Cerro lindo se actualiza anualmente el modelo de Largo plazo, este modelo es entregado al área de Ingeniería para que pueda realizar la planificación de minado de todo el año así como pueda realizar el reporte de reservas.

Adicionalmente el área de geología prepara un modelo de recursos de corto plazo donde se toma principal foco en los tajos próximos a ser minados, se le realizan sondajes infill de ore control para corroborar la ley y tener una mejor adherencia a lo planeado.

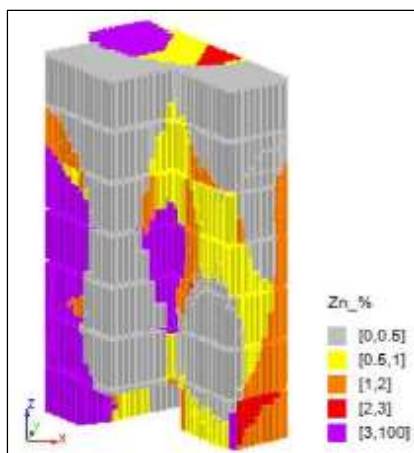


Figura 1: Diseño de un tajo reportado con el modelo de corto plazo fuente: Área de Geología de Cerro Lindo

4.2. Planificación de minado El área de planeamiento de corto plazo se encarga de realizar el diseño de los tajos próximos a ser explotados, así mismo cuando un tajo termina su etapa de producción se encargan de realizar un levantamiento topográfico del tajo vacío, con estos solidos se realizan todas las comparaciones y reportes para la reconciliación minera, en casos excepcionales no se logra realizar el levantamiento topográfico de los tajos vacíos generalmente por temas de seguridad, en estos casos el área de topografía se encarga de realizar un sólido 3D aproximado según lo visto en campo.

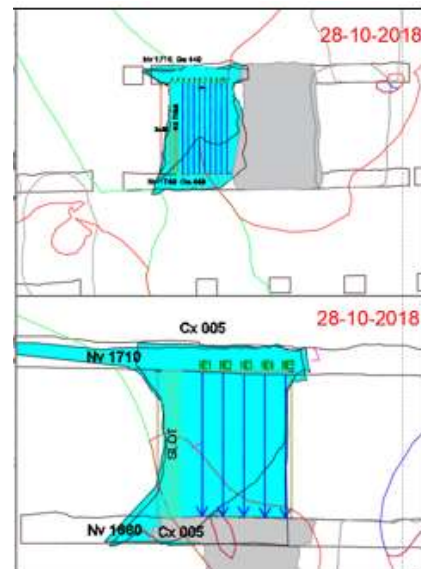


Figura 2: Ejemplo del levantamiento topográfico de un tajo vacío en la Unidad de Cerro Lindo Fuente: Área de Servicios Técnicos Cerro Lindo.

4.3. Método de minado En la unidad de Cerro Lindo los orebodies son cuerpos regulares de gran dimensión y el macizo rocoso es competente, por estas características el método de minado escogido es el Sub level Stopping (Tajeo por subniveles) utilizando taladros largos los subniveles están distanciados 30m y un ancho de minado promedio de 20m y un largo de 30m, por mes se explotan un promedio de 20 tajos.

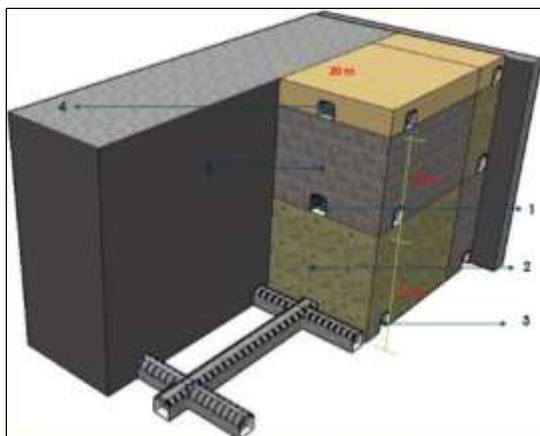


Figura 3: Esquema de las dimensiones de un tajo en la unidad de Cerro Lindo Rojas. (2015)

El acarreo y transporte de mineral se realiza mediante Scoop tramp y volquetes hacia la parrilla de ingreso al chancado primario dentro de mina, y luego a través de fajas el mineral es transportado hacia la planta de beneficio.

4.3. Muestreo de control: En la unidad de Cerro Lindo cada tajo que va a entrar en producción se le realiza perforación infill para corroborar la litología y las leyes del tajo, adicionalmente se realiza un muestreo de control tipo chip de las cargas rotas de los tajos con una frecuencia de hasta 2 veces por tuno con el fin de poder realizar una estadística sobre el valor promedio del tajo, estas muestras son enviadas al laboratorio químico para así obtener sus leyes.

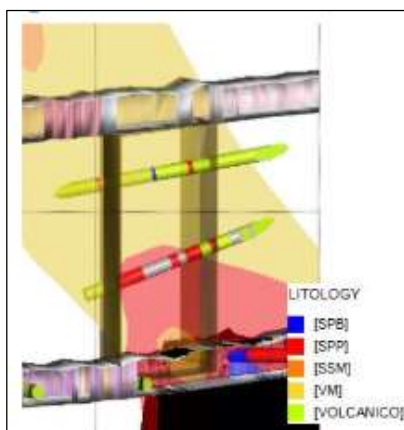


Figura 4: Diseño de un tajo próximo a explotar con perforación tipo infill para corroborar litología y leyes

4.4. Proceso metalúrgico El mineral se transporta de interior mina de chancado primario a través de fajas hacia chancado secundario y terciario(superficie) y luego ingresa al molino de bolas, el mineral sale del molino de bolas ya con la granulometría requerida e ingresa al sistema de flotación para la recuperación del concentrado de Zinc, concentrado de Cobre y concentrado de

Plomo con agregados de Plata, el relave es prensado y filtrado obteniendo un relave seco que posteriormente será dispuesto como relleno para los tajos y el agua recuperada será recirculada.



Figura 5: Tanques de flotación de la planta de beneficio de Cerro Lindo

5. Aplicación de La Reconciliación Minera

La información utilizada para generar la reconciliación minera en Cerro Lindo es recopilada de las diferentes áreas de Cerro Lindo.

Para realizar comparaciones requeridas en la reconciliación se utilizan los siguientes inputs:

1. Solido 3D de diseño del tajo
2. Solido 3D del levantamiento topográfico del tajo vacío.

Que son proporcionados por parte de planeamiento, en casos excepcionales algunos tajos no tienen levantamiento topográfico usualmente por temas de seguridad.

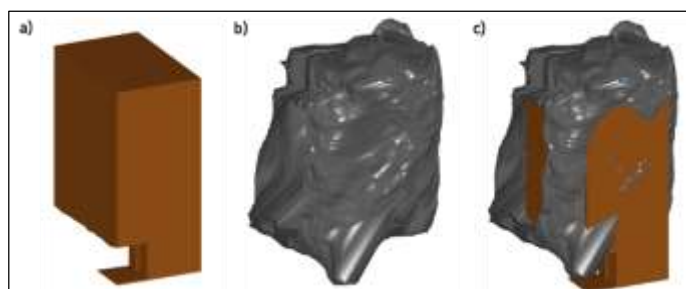


Figura 6: a) Solido 3D del diseño del tajo b) Solido 3D del levantamiento topográfico del tajo vacío. c) contraste entre el sólido 3D diseñado y el sólido 3D levantado

Con estos solidos se realizan el reporte de tonelaje, ley de Zn, ley de Pb, Ley de Cu y ley de Ag, para realizar los reportes se utilizan los modelos de recursos minerales de largo y corto plazo.

Como parte de la reconciliación minera en cerro Lindo, con estos solidos 3D medimos el porcentaje de recuperación del tajo minado así como el overbrake y underbrake para poder encontrar y mitigar algún desvío en la voladura.

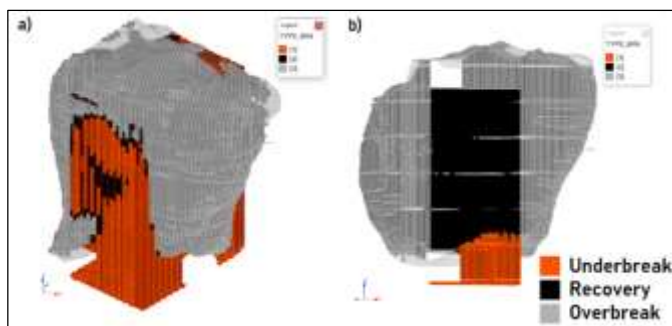


Figura 7: a) Vista isométrica del levantamiento topográfico de un tajo clasificado por recuperación, overbrake y underbrake. b) Sección del levantamiento topográfico de un tajo finalizado clasificado por recuperación, overbrake y underbrake.

En la figura 7 el término recuperación se refiere al material que fue explotado y se encontraba dentro del diseño del tajo, el Underbrake se refiere al material que se encuentra dentro del diseño del tajo pero no logro ser extraído usualmente esto ocurre por desvió en los taladros largos que no llegan a las partes extremas del tajo y la voladura no es eficiente en esas zonas y el Overbrake se refiere a material que no estaba dentro de diseño del tajo pero se explotó usualmente esto ocurre por sobre rotura del material que se encuentra aledaño al tajo, adicionalmente a medición en tonelaje podemos reportar las leyes.

Con estos solidos también medimos el porcentaje de dilución que presentan los tajos minados, es decir medimos el porcentaje de mineral y tonelaje de roca caja que se está produciendo.

También medimos el porcentaje de aporte de los diferentes dominios geológicos presentes en la unidad de Cerro Lindo.

Para medir, comparar y poder encontrar algún desvió en la extracción en mina recopilamos la información proporcionada por el área de mina del transporte de mineral de los tajos hacia la parrilla del chancado primario, los volquetes tienen una capacidad de carga de 50tn esporádicamente para corroborar este peso, aleatoriamente sale un volquete a superficie para ser pesado, además se tiene una balanza en la faja que calcula la cantidad de material que es extraído de mina.

Para poder conocer la ley que se está extrayendo de los tajos el área de geología realiza un muestreo constante de la carga rota del tajo con una frecuencia de 2 muestras representativas por turno y así generar una estadística de leyes de extracción de tajos y un valor promedio del tajo.

NIVL	OB	LAB	FECHA	ZN.LA	PB.LA	CU.LA	AG.LA	FE.LA
1600	OB1	001F	5/07/2020	0.32	0.01	2.41	1.08	35.68
			6/07/2020	0.20	0.02	2.07	1.04	40.00
			7/07/2020	0.23	0.01	2.04	1.12	39.72
			8/07/2020	0.23	0.01	1.49	0.77	40.00
			9/07/2020	0.19	0.01	1.85	0.90	39.74
			10/07/2020	0.40	0.01	1.83	1.04	40.00
			11/07/2020	0.67	0.02	2.23	1.18	37.85
			12/07/2020	0.55	0.01	1.91	1.03	40.00
			13/07/2020	0.50	0.01	2.42	1.34	40.00
			Total 001F	0.37	0.01	2.01	1.05	39.35

Figura 8: Control de leyes por tajo que se realiza guardia tras guardia y el valor promedio del tajo.

Tomamos como número oficial y con el cual realizamos todas nuestras comparaciones de tonelaje, ley de Zn, ley de Pb, ley de Cu y ley de Ag el balance metalúrgico proporcionado por la plata de beneficio y el área de gestión. El cual es enviado formalmente por correo finalizando cada mes.

Todos estos reportes alimentan una aplicación en Excel donde juntamos la información de planeamiento, mina, geología y planta que nos permite realizar las comparaciones adecuadas para presentar nuestra Reconciliación Minera.



Figura 9: Aplicación Excel donde se encuentra la reconciliación minera de Cerro Lindo J. Lopez (2020)

6. Resultados

El resultado de la reconciliación minera es medir la confiabilidad del modelo de reservas y la adherencia de la producción real con la planificación, así mismo nos permitió identificar algunas áreas con elevados desvíos que afectan el proceso, centralizar la data y dar visibilidad a los diferentes KPIs de desempeño.

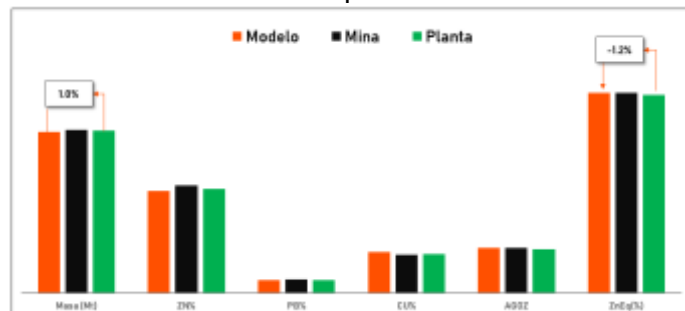


Figura 10: Cuadro de barras comparativo entre el modelo, mina y planta.

En la figura 10 se aprecia la comparación del tonelaje (Masa) la ley de Zn, ley de Pb, ley de Cu, ley de Ag y el ZnEq, el color de barra anaranjada representa el modelo de reservas que se utilizó para generar el plan, la barra negra representa la mina que se refiere a la producción de mina, reportado por mina y geología y la línea verde representa la planta como número oficial y con el cual realizamos nuestras comparaciones.

Se ha logrado medir con eficiencia el porcentaje, tonelaje y leyes de la recuperación, overbrake, underbrake y dilución, los reportes son flexibles y pueden realizarse por año, por mes y por tajo.



Figura 11: Porcentaje de la recuperación, overbrake y underbrake por tajo en Cerro Lindo.



Figura 12: Porcentaje de la dilución por tajo

Adicionalmente se ha logrado medir con eficiencia el porcentaje, tonelaje y leyes de los diferentes dominios geológicos y la clasificación por confiabilidad a la producción de Cerro Lindo.

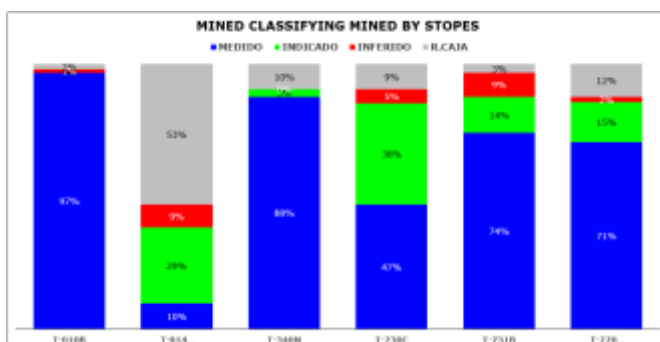


Figura 13: Porcentaje de extracción por clasificación de confiabilidad mineral por tajo

7. Conclusiones

La reconciliación Minera en Cerro Lindo evidencia una buena adherencia entre el modelo, mina y planta con una variación del 1% en tonelaje y producto final 1.2% encontrándose dentro de los parámetros permitidos.

La reconciliación minera es una herramienta importante para identificar desvíos que pueden afectar el proceso y corregirlos.

Se debe centralizar y usar solo la información reportada directamente de las áreas responsables para evitar doble información y resultados erróneos.

Existen algunas aplicaciones comerciales para poder realizar la reconciliación sin embargo, la metodología aplicada en Cerro Lindo muestra ser eficiente, de bajo costo y replicable en todas las operaciones mineras.

Agradecimientos

A la empresa Nexa Resources Peru por permitirnos usar la información para realizar esta publicación, y a todas las áreas de la unidad Minera Cerro Lindo su incondicional apoyo y en especial al área de Geología.

Referencias

- Amoako R., (2015) Ore Grade Reconciliation Techniques.
- Blucher, I. D. (2002). "Reconciliation – Towards an Ideal Process", in Proceedings of Value Tracking
- Carpio J. M., (2018) . Evaluación del desempeño de la aplicación del Sistema fara y su impacto en el costo operativo En la UM. Cerro lindo.
- Chapman E., (2012) Corporate Reconciliation Procedural Manual versión 2
- Chapman E., (2013) Volume Variance and Its Importance in Reconciliation, I Miner Reconciliation & Resource Estimation Summit.
- Gutiérrez J., (2011) Modelos de Corto Plazo en Vetas
- Herrera J., (2020) Acciones para reducir diferencias de reconciliación entre el mineral recibido y el enviado a molienda
- Fouet T y Riske R., (2009) Standardising the Reconciliation Factors Required in Governance Reporting.
- Morley C., (2003) A Proactive Approach to Using Mining Data.
- McCormack R y Berryman T., (2006) Reconciliation at KCGM Fimiston Operation
- Parhizkar A., (2010) A New Model to Improve Ore Grade Reconciliation
- Pitard, F. F. (2001). "A Strategy to Minimise Ore Grade Reconciliation Problems between the Mine and the Mill", in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation