



XVIII Congreso Peruano de Geología

Enfocando la continuidad del Yacimiento Tantahuatay: De la consolidación en Oxidos al reto de los Sulfuros

Percy Zamora Díaz¹, Jesús Frisancho Cabrera²

¹ Cia. Minera Coimolache S.A., Las Begonias 415, San Isidro; Lima, Perú (percy.zamora@buenaventura.pe)

² Cia. Minera Coimolache S.A., Las Begonias 415, San Isidro; Lima, Perú (jesus.frisancho@buenaventura.pe)

1. Introducción

El yacimiento Tantahuatay está ubicado en el norte del Perú en la proximidad de la Comunidad Campesina El Tingo, perteneciente al distrito de Hualgayoc y en terrenos del distrito de Chugur, provincia de Bambamarca y Departamento de Cajamarca como se observa en la Figura 1.

Tantahuatay produce oro y plata y tiene en operación dos minas a tajo abierto que son Tantahuatay 2 y Ciénaga Norte. Desde 1991 Southern Perú administró el proyecto realizando mapeos geológicos, geoquímica de rocas, muestreo en trincheras y 27,411 m. de perforación diamantina. A partir de 1999, Cia. de Minas Buenaventura tomó la administración del proyecto realizando exploraciones subterráneas en Tantahuatay 2 y Ciénaga Norte. Entre el 2002 y 2007 se realizaron 78 sondajes (5,337 m.) de perforación de "infill drilling" en los yacimientos Tantahuatay 2, Ciénaga Norte y Mirador Norte. Desde la etapa exploratoria a Diciembre 2015, se han realizado sólo en Tantahuatay 2 y Ciénaga Norte, 528 sondajes que totalizan 74,526 metros.

El tajo abierto Tantahuatay 2 inició sus operaciones en agosto 2011. El minado es totalmente mecanizado, de excavación por bancos de 8m. de altura con una producción actual de 36,000 TMS/día.

2. Geología y Mineralización

El yacimiento está conformado por un complejo de domos de composición andesítica y la ocurrencia de brechas hidrotermales emplazadas como diatremas o cuellos volcánicos dentro de una secuencia predominantemente volcánico-magmática. Tantahuatay es un depósito tipo epitermal de alta sulfuración donde el oro se presenta diseminado.

La alteración hidrotermal es la característica de este tipo de yacimientos. La parte central presenta una intensa silicificación que se manifiesta como silicificación de brechas, estructuras y venillas de sílice de fases primigenias y retrogradadas.

La alteración argílica avanzada es polifásica, se han reconocido las siguientes fases: una fase primaria reemplazando feldspatos, una segunda fase de recristalización representada por la textura gusano, una fase intramineral que ocurre como matriz de brechas y finalmente una fase tardía como venillas y cristalizada rellenando cavidades. El ensamble que caracteriza a la alteración argílica avanzada es principalmente cuarzo-alunita-pirofilita, incrementándose la pirofilita en profundidad. La alteración cuarzo-caolín es más conspicua y ocurre como una gradación lateral de cuarzo-alunita.

La mineralización es principalmente oro y electrum en partículas submicroscópicas asociadas a óxidos de Fe (jarositas, goethitas, limonitas) rellenando fracturas y como matriz de brechas. El encape de óxidos presenta un zonamiento vertical de 100 a 120m. en la vertical. En la zona de sulfuros la mineralización es mayormente, el ensamble pirita-enargita-covelita y en algunos casos localmente calcosita.

3. Controles de mineralización

La mineralización de oro ocurre en múltiples pulsos como parte del último evento sobreimpuesto sobre todos los tipos de alteración, y más comúnmente en fracturas de cuarzo masivo, oqueroso y granular con presencia de óxidos de hierro. Las leyes más altas (> 1 g/t Au) están asociadas a cuerpos de brecha hidrotermal y brechas crackle.

Controles Litológicos

Se ha comprobado que la mineralización de oro está presente a lo largo de todo el complejo de domos de composición andesítica que comprende Tantahuatay, el cual está profusamente brechado y alterado a cuarzo-alunita-pirofilita-diáspora. La secuencia piroclástica compuesta por tufo fino, tufo de cristales y líticos sobreimpuesta por diferentes estadios de brecha sílice-óxidos fueron las rocas hospedantes preferidas por los depósitos de oro (Fig. 3)

Controles de alteración

En Tantahuatay, la alteración es típica de un sistema epitermal de alta sulfuración (ácido-sulfato), que se muestra intensa, desarrollando un patrón de zoneamiento en cada centro mineralizado del complejo de domos (ej. Tantahuatay 2, Ciénaga Norte, Mirador Norte y Sur). En el core del sistema, se tiene sílice vuggy-granular y sílice masiva que gradúa alejándose del centro a sílice-alunita-pirofilita (argílica avanzada) y luego a arcilla-caolinita (argílica). En los márgenes del sistema, se presenta alteración propilitica. (Fig. 2)

Control estructural

Metagenéticamente, el distrito se encuentra dentro de un corredor estructural regional que sigue la dirección andina NW-SE. Se tiene cuatro sistemas principales, N30-60°W (coincidente con el sistema andino), N25-50°E (sistema trasandino), N5°E-NS y N80-90° (casi EW). Estos lineamientos estructurales son estructuras de fallas de transtensión normal de bajo a mediano ángulo, que han favorecido y controlado el emplazamiento de la mineralización de Au-Ag en el Distrito. (Fig. 4)

4. Reservas y Recursos

Las reservas de mineral en óxidos de Tantahuatay al 31 de Diciembre del 2015 ascienden a 66,196,953 TMS equivalente a un contenido fino de 920,482 oz. Au comprendidas por cuatro depósitos; Tantahuatay 2, Ciénaga Norte, Mirador Norte y Mirador Sur, siendo los dos primeros tajos en operación (Tabla 1).

Los recursos de mineral más el potencial en óxidos suman alrededor de 1.7 Moz Au lo cual sustenta el tiempo de vida de la mina hasta el año 2,023.

La Fig. 5 representa un gráfico explicativo de la evolución de las reservas de mineral en óxidos de Tantahuatay desde el inicio de la operación (agosto 2011) al 31 de diciembre del 2015.

La Fig. 6 muestra cómo ha sido la variación de la reposición de reservas y recursos en el mismo periodo, comparado con el desarrollo de la producción de mineral.

5. Producción

Desde el inicio de la operación al 31 de diciembre del 2015, se han puesto en las pilas de lixiviación 796 Koz Au y 19,533 Koz Ag que representan 619 Koz Au y 3,498 Koz Ag en onzas producidas considerando una recuperación metalúrgica acumulada de 78% en Au y 18% en Ag. El ritmo de producción ha variado de 12,000 TMS/día en el 2011 a 36,000 TMS/día en el 2015, lo que ha permitido

contar durante los últimos cuatro años con una producción anual promedio de 143 Koz Au y un cash cost de US\$ 354/oz, que representa uno de los más bajos dentro de la minería a cielo abierto.

El reto para el año 2016 es llegar a producir 150 Koz Au con leyes de oro y plata similares al año anterior considerando un cash cost de US\$ 331/oz.

La Fig. 7 muestra el perfil histórico de producción por año así como las leyes de mineral y valores de cash cost obtenidos.

6. Mirando el Futuro: Mineralización en Sulfuros

La vida de la mina considera una explotación del mineral en óxidos hasta el año 2023 soportado por las reservas actuales y el portafolio de proyectos a nivel de recursos y potencial que Coimolache posee.

Debajo del mineral supergénicamente oxidado del tajo Tantahuatay 2 y dentro del sistema epitermal, existe un recurso relevante de Cu-Au-Ag que ha sido estimado en 660 Mt de mineral con leyes de 0.86% Cu, 0.33 g/t Au, 9.38 g/t Ag y 0.22% As usando una ley de corte de 0.2% Cu. Sin embargo la expectativa de incrementar este recurso es alta, considerando la incipiente exploración a nivel de sulfuros y escasa presencia de sondajes profundos que se tiene en la actualidad dentro del Distrito Minero Tantahuatay que suman 57 taladros y un total de 18,301 metros. La mineralización en sulfuros permitirá darle continuidad a la mina, una vez agotado los recursos en óxidos.

Buscando similitudes en el Perú con otros depósitos donde la enargita es la principal mena de Cu o tiene presencia significativa, encontramos a: Yanacocha, La Zanja, Marcapunta en Colquijirca, Cerro de Pasco, Toromocho, La Granja y Cañariaco. De los dos primeros no se conoce el estimado de recursos, mientras que, en Marcapunta los recursos alcanzan los 70 Mt @ 1.9 % Cu y 0.3 g/t Au (BROCAL, Memoria 2011), Cerro de Pasco, el volumen llegaría a 60 Mt @ 1.2 % Cu, 3.0 Oz/t Ag y 0.6 g/t Au (reporte no publicado Volcán, 2010) y en los tres últimos, los recursos son del orden de 1,400 Mt, 3,200 Mt y 0.75 Mt con leyes que oscilan entre 0.45 % y 0.61 % Cu (Álvarez, 1999; Banco Montreal, 2002 y Technical Report 2011, Candente Copper).

El modelo geológico interpretado en Tantahuatay para los sulfuros, identifica en la base unidades sedimentarias clásticas y carbonatadas afectadas por fases de *skarn* prógrado y retrógrado; luego sobreyacen secuencias volcánicas de lavas andesíticas, tobas cristalíticas con alteración argílica avanzada. Cortando toda esta secuencia se tienen las diferentes unidades sub-volcánicas e intrusivas intraminerales y tardías asociadas a brechas hidrotermales. La mineralización epitermal de oro, plata y cobre arsenical se sobreimpone a una mineralización temprana de estilo porfírico y de *skarn*, además existen evidencias de una mineralización de alta ley de cobre asociado a sulfuros masivos de pirita emplazados en la discordancia entre los sedimentos y volcánicos, que se ha estimado en 63 Mt con una ley de 2.2% de Cu arsenical.

La Fig. 8 muestra esquemáticamente el modelo antes mencionado, con la distribución de los diferentes tipos de Cu identificados.

7. Planes Futuros

- Lograr una sostenibilidad en la producción de 150 Koz Au anuales considerando un portafolio diversificado de proyectos en óxidos, que extienda la vida de la mina hasta el año 2,023 o más.
- Reponer las onzas extraídas por la operación de minado con nuevas reservas que estén por encima de 150 Koz Au anuales.
- Identificar nuevos targets a través de las Exploraciones, desarrollando nuevos proyectos que permitan generar nuevos recursos y reservas.
- Iniciar la exploración y evaluación del enorme potencial de mineralización en sulfuros que tiene Tantauhatay, que permitirá darle continuidad a la Unidad una vez agotado los recursos en óxidos.

Agradecimientos

Deseamos agradecer el apoyo brindado por la Gerencia de Cia. Minera Coimolache S.A. para la elaboración y presentación de este artículo así como a la Gerencia de Geología de Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.

Referencias

Gustafson et al., 2004. Porphyry-Epithermal Transition, Cajamarca Region, Northern Peru. Society of Economic Geologist, Special Publication Number 11, p. 279-298.

Vidal, C., Miranda, M., 2014, Transición y Sobreimposición de alteración Argílica Avanzada a alteración fílica: Características mineralógicas, Termometría de Fluidos y potencial por un depósito tipo Pórfido Cu-Mo-Au en Tantauhatay, Cajamarca, Perú, XVII Congreso Peruano de Geología.

Zamora,P. ,2015, El Deposito epitermal de Tantauhatay: De la exploración a producción, logros y desafíos, PERUMIN 32º Convención Minera, Arequipa, Perú.

Calizaya, J., et al, 2015, Exploraciones Distritales–Proyecto Sulfuros, Compañía Minera Coimolache S.A.

Presentación de Compañía Minera Coimolache S.A. para Planeamiento de Operaciones BVN, Lima, Nov. 2015.

Ilustraciones

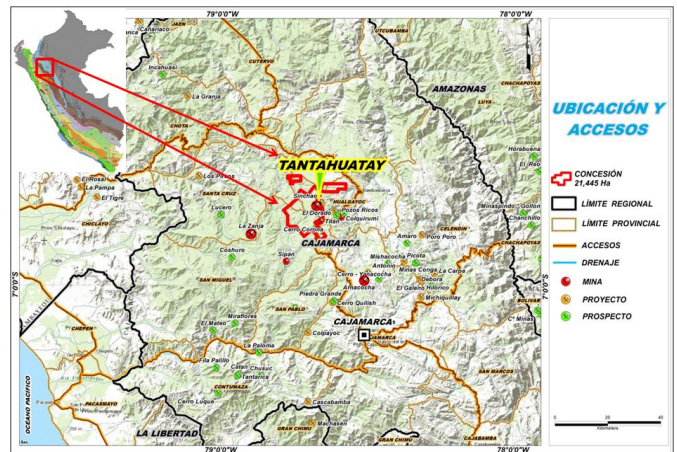


Fig.1. Ubicación del yacimiento Tantauhatay

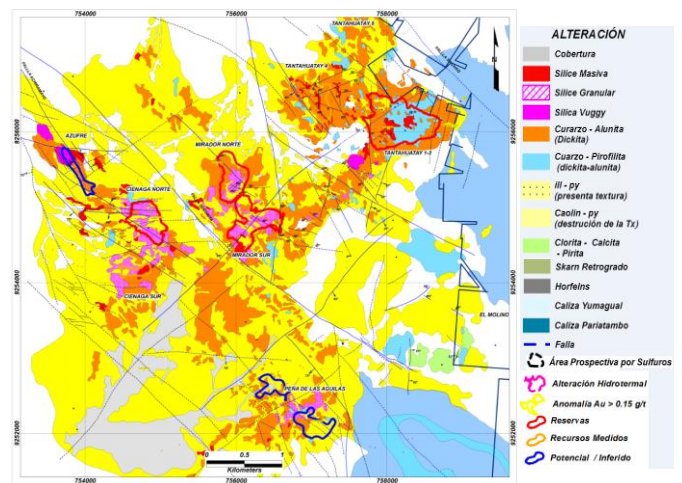


Fig.2. Mapa de alteraciones del yacimiento Tantauhatay

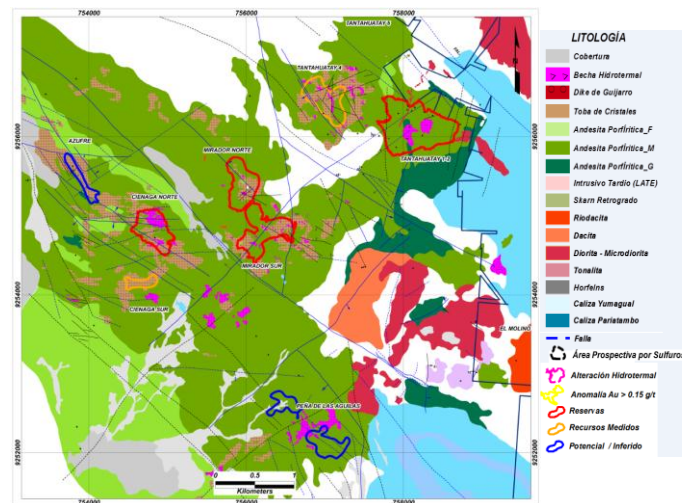


Fig.3. Mapa geológico del yacimiento Tantauhatay

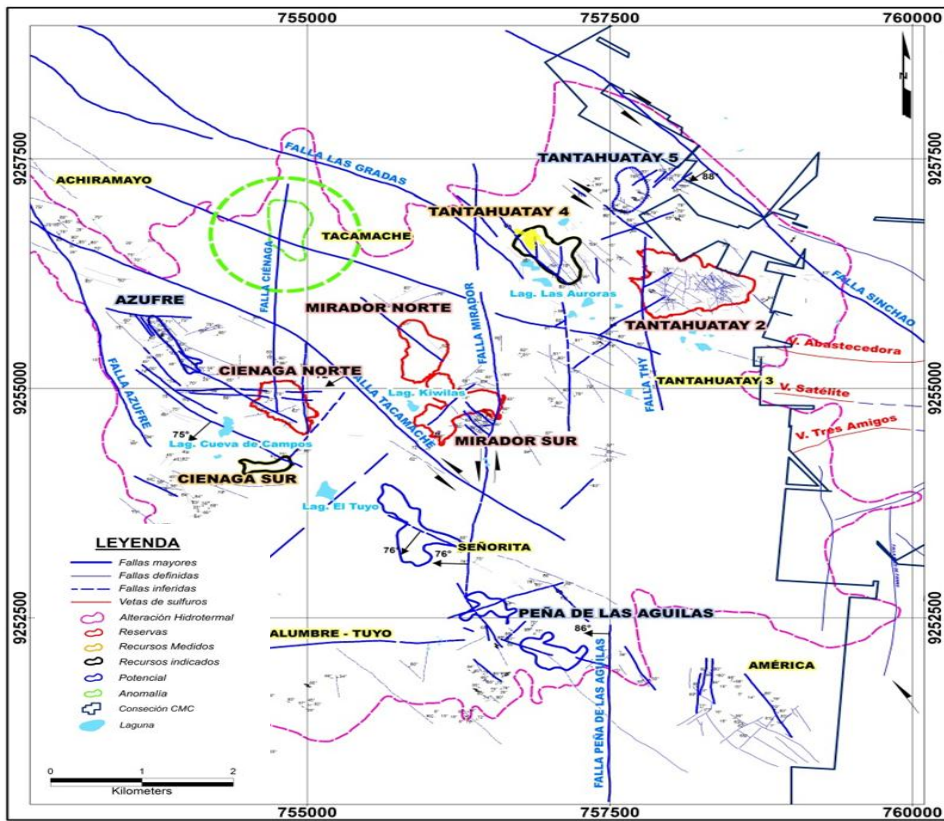


Fig.4. Mapa estructural del yacimiento Tantahuatay

RESERVAS AL 31 DE DICIEMBRE DEL 2015						
DEPÓSITO	TIPO DE MINERAL	TMS MINERAL	MINERAL			
			Au g/t	Ag g/t	Oz Au	Oz Ag
Tantahuatay 2 *	OXIDOS	35,676,280	0.375	12.489	430,250	14,324,627
Ciénaga Norte *		9,188,552	0.817	1.467	241,430	433,514
Mirador Norte		11,682,229	0.392	0.431	147,226	161,775
Mirador Sur		9,649,892	0.327	0.540	101,576	167,536
TOTAL RESERVAS		66,196,953	0.433	7.089	920,482	15,087,451

Cut-off = 0.19 g/t Au, Precio oro \$1250/oz Au
** Tajos en operación*

Tabla 1. Reservas del yacimiento Tantahuatay al 31 de Diciembre del 2015

EVOLUCIÓN DE RESERVAS DE MINERAL EN COIMOLACHE

RESERVAS (Onzas Au)
Balance a Diciembre 2015

En Onzas Au	Tantahuatay 2	Ciénaga Norte	Mirador Norte	Mirador Sur	TOTAL
Reservas: 31 Diciembre 2014	554,983	285,382			840,365
Incremento: Por Exploración&Desarrollo	40,352		147,226	101,576	289,154
Incremento: Por Reinterpretación	-	-2,781			-2,781
Producción: Enero-Diciembre 2015	-165,085	-41,171			-206,256
Reservas: 31 Diciembre 2015	430,250	241,430	147,226	101,576	920,482
Ley Au (g/t)	0.375	0.817	0.392	0.327	0.433

RSV Iniciales: Al comienzo de la operación (THY2, CN).

Actualización: Reinterpretación geológica, cambio de cut-off de 0.3 a 0.15 g/t Au, reconciliaciones positivas en THY2.

Incremento RSV THY2 2013: Cambio de diseño de pit de US\$850 a US\$1,200/oz Au.

Minado: Producción Agosto 2011 a Diciembre 2015.

Reevaluación de Modelo: Reducción de onzas en argilico en Ciénaga Norte

Incremento de Reservas 2014: Optimización de modelo de bloques de Au, perforaciones y cambio a pit de \$1,250/oz Au.

Incremento de Reservas 2015: Conversión de recursos a reservas en MN y MS e incremento en THY2, cut-off de 0.19 g/t Au.

RSV Actuales: Al 31 de Diciembre del 2015 (THY2, CN, MN, MS).

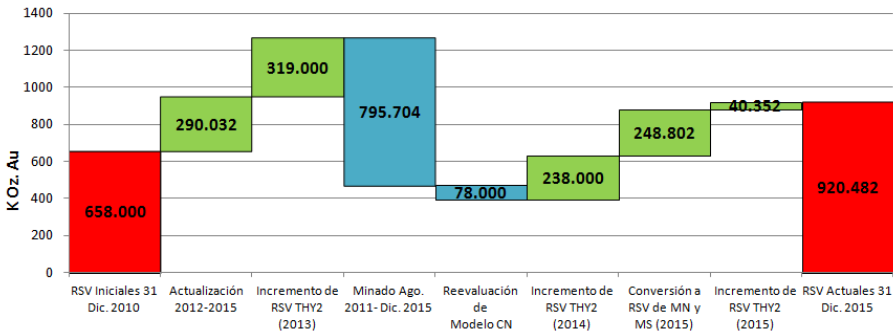


Fig. 5. Evolución de Reservas del yacimiento Tantahuatay a Diciembre 2015

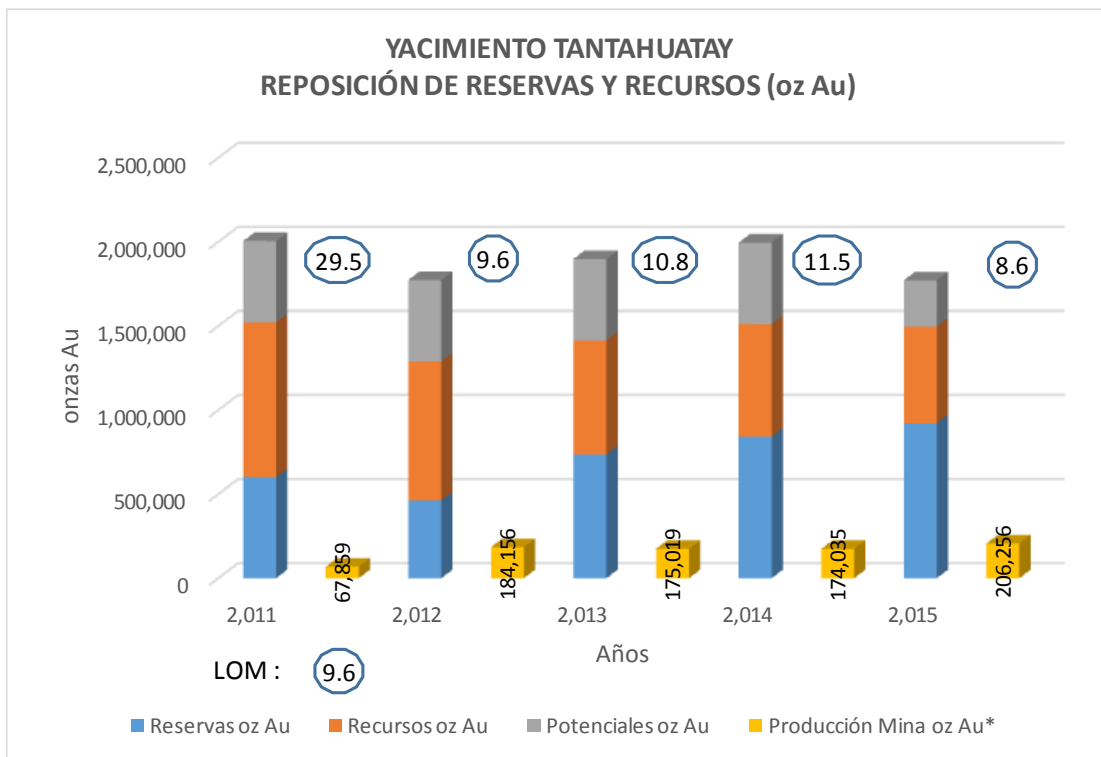


Fig. 6. Variación de la reposición de Reservas y Recursos del yacimiento Tantahuatay

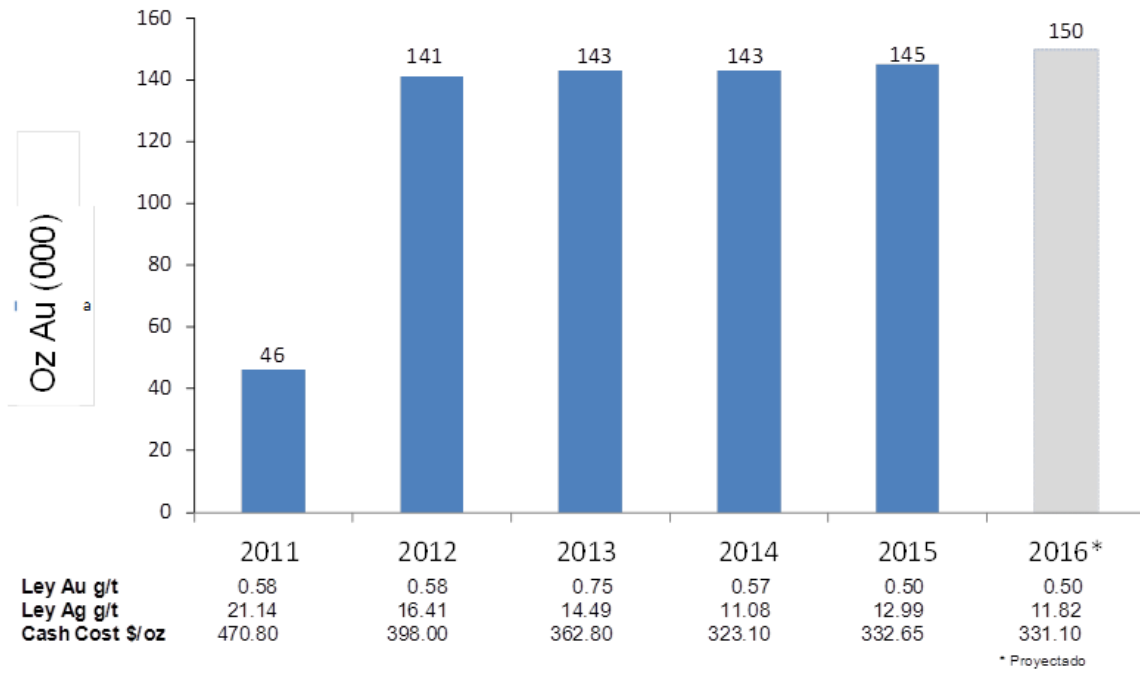


Fig. 7. Perfil de Producción histórico del yacimiento Tantahuatay

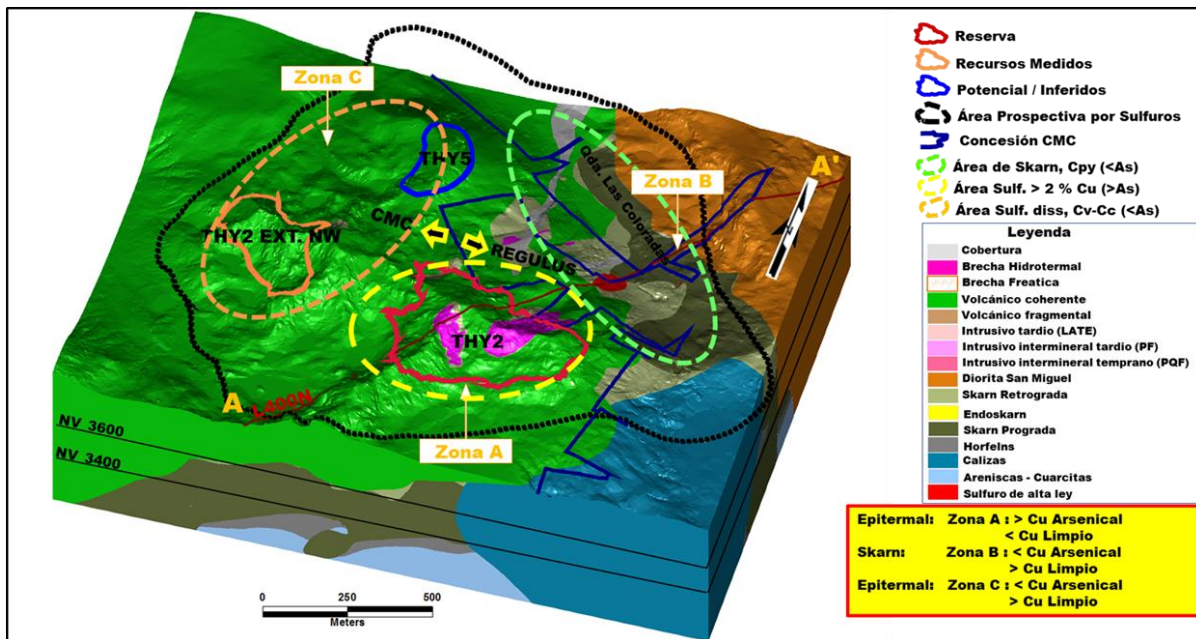


Fig. 8. Modelo geológico interpretativo para los sulfuros del yacimiento Tantahuatay