

Depósito de oro y plata en unidades sedimentarias, caracterización local y alcances generales de exploración
(Shahuindo - Cajamarca, Perú)

Gold and silver deposit in sedimentary units, local characterization and general scopes of exploration (Shahuindo - Cajamarca, Peru)

Freddy Huisa¹, Cesar Alvarez¹, Alejandro Manrique¹, Nilton Chariarse¹

¹ Pan American Silver Perú SAC, Av. Floresta 497, Oficina 301, San Borja, Lima 27, Perú

1. Resumen

En Shahuindo, el análisis de lineamientos estructurales, ha permitido plantear la existencia de al menos dos sistemas de deformación, Algamarca con una mineralización del oligoceno y Shahuindo con una mineralización del Mioceno. Estos esfuerzos con movimiento combinado sinistral y dextral en las componentes E-W, reactivaron los lineamientos precursores NE-SW y NW-SE para la deposición de las distintas secuencias de mineralización.

De acuerdo a los 130 mil metros de perforación, la asociación geoquímica señala la posible existencia de dos sistemas mineralizados en superposición (polimetálico - epitermal), éste último asociado a una silicificación el cual ayuda a que las secuencias pelíticas del Carhuaz sean favorables a ser mineralizados.

En la búsqueda para la ampliación de recursos con perforación de las principales estructuras mineralizadas como Santa Rosa, San José, Huangamarca; actualizaron las reservas probadas a 1201.4 Koz Au, con ley de 0.50 g/t; ratio promedio Au/Ag de 12/1 en la zona de óxidos.

2. Abstract

In Shahuindo, the analysis of structural lineaments has allowed to establish the existence of at least two deformation systems, Algamarca with an Oligocene mineralization and Shahuindo with a Miocene mineralization. These tectonic stresses, combined with dextral and sinistral movement in the E-W components, reactivated the precursor lineaments NE-SW and NW-SE for the deposition of the different mineralization sequences.

According to the 130 thousand meters of drilling, the geochemical association points out the possible existence of two mineralized systems in superimposition: polymetallic and epithermal. The second one associated with a silicification, which

helps to the Carhuaz pelitic sequences to be favorable for a mineralization.

In the search for the expansion of resources with drilling in the main mineralized structures such as: Santa Rosa, San José, Huangamarca; proved reserves were updated to 1201.4 Koz Au, with a grade of 0.50 g / t; Average Au / Ag ratio of 12/1 in the oxide zone.

3. Introducción

Los trabajos de exploración realizados a lo largo del arco volcánico y subvolcánico andino, mostraron el descubrimiento de varios y grandes yacimientos de oro, oro-plata y cobre-oro, *en ambientes volcánicos* los yacimientos epitermales de alta sulfuración, Yanacocha, Tantahuatay, Sipan y La Zanja; y al Sur, *en ambientes sedimentarios* de la franja mesozoica los yacimientos como Santa Rosa, La Virgen, El Toro, La Arena y ahora incluido también Shahuindo, alojados en rocas silicoclásticas, aunque de menor volumen.

Shahuindo, un yacimiento poco común, que se encuentra principalmente en rocas de la Fm Carhuaz, unidad que en varias zonas del Perú actúa como rocas nada favorables para la mineralización, ahora es tomado como un nuevo metalotecto para la búsqueda de nuevos recursos.

4. Entorno geológico

Shahuindo se encuentra a 60 km al sureste de la ciudad de Cajamarca, dentro de la franja sedimentaria mesozoica de los andes del norte del Perú. En esta franja, diversos prospectos con mineralización epitermal de metales preciosos (Au) están asociados a zonas de cizallamiento compresivo (Jacay J).

En la Acumulación Shahuindo (agrupación de concesiones), las secuencias sedimentarias, presentan estructuras principales y secundarias por efecto de las distintas tectónicas acaecidas en la región, las cuales definen zonas de mineralización

de sistemas distintos. El análisis sugiere la ocurrencia de al menos 2 eventos importantes:

Un primer, donde se generan las estructuras que hospedan a las vetas de Algamarca al NE; la generación de estas estructuras corresponde a un evento tectónico importante, que como hipótesis, se le ha asignado al momento tectónico Inca III, a finales del Oligoceno; durante esta etapa se genera la deformación de la secuencia sedimentaria representada por plegamientos y estructuras de imbricación NW-SE; además de la incidencia de la generación de las estructuras que hospedan la mineralización en Ag-Au-Cu, en una serie vertical dentro de las unidades del Chimú (Algamarca); mientras que las otras estructuras de segundo orden como las tipo E-W y N-S, corresponden a series conjugadas (Fig N° 1).

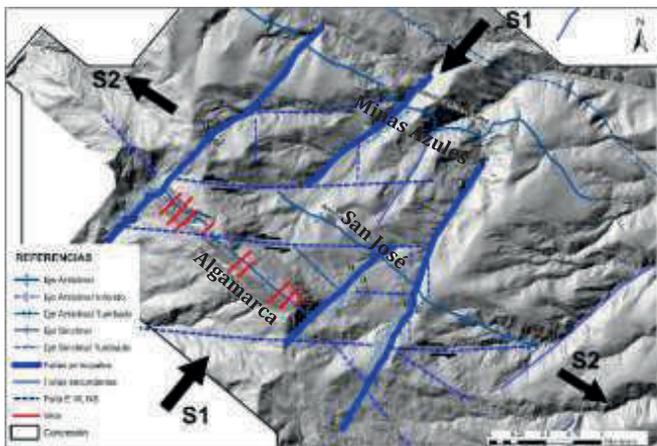


Fig. 1. Un primer evento, causante de las principales estructuras generadas por compresión que controlan la mineralización de las vetas del cerro Algamarca (similar a un arreglo Riedel Sinestral (Transpresivo).

La segunda etapa, corresponde a un cambio en la componente de los esfuerzos. De acuerdo a la orogenia incaica IV, los pulsos involucrados en el emplazamiento, cortan a las series mineralizadas del Chimú, representadas por la diorita 26 Ma (Amireault, 2009). En el Quechua I, dentro de la misma región, se desarrollan grabens y zonas de depresión, además de la reactivación de los planos axiales de los principales pliegues y planos de falla inversa, el cual es aprovechado por la ascensión de pulsos calcoalcalinos como la dacita 16 Ma (Hodder, 2011), que es el responsable del fracturamiento y brechamiento las rocas del Carhuáz. Y a finales de la misma orogenia, se produce la migración de fluidos mineralizantes de la serie Au-Ag, que se hospedan en los planos axiales

de San José (Shahuindo) y Minas azules (Fig N° 2).

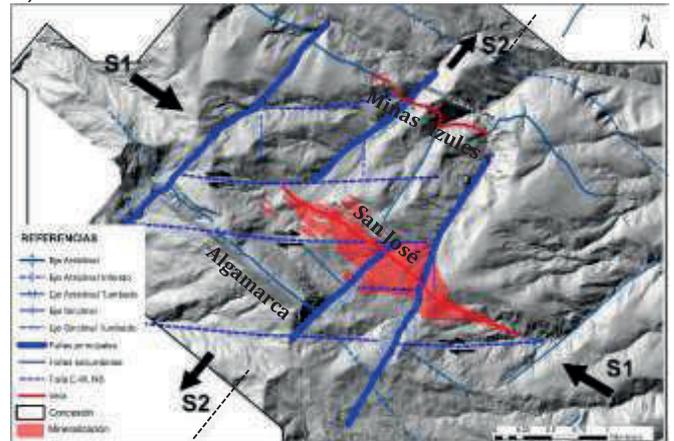


Fig. 2. Un segundo evento, causante de las principales estructuras mineralizadas, generadas por compresión de tendencia NW-SE que controlan la mineralización de la zona de Shahuindo (similar a un arreglo tipo Riedel, dextral (Transpresivo).

De acuerdo a las observaciones de campo y de sondajes, la serie de este último evento mineralizante es la responsable de cortar a todo el sistema.

El corredor principal Shahuindo, está bien controlado por una falla de basamento de rumbo NW-SE, que además controla la orientación de estructuras principales en la franja de plegamiento-escurrimiento.



Fig. 3. Sección geológica transversal, exponiendo las ocurrencias de mineralización.

5. Mineralización de oro.

5.1. Visión general

Shahuindo es una mina de oro a cielo abierto con lixiviación en pilas. La producción comercial comenzó en el 2016 con una vida útil de la mina actualmente estimada hasta el 2028. Los controles de mineralización incluyen fallas, contactos ígneos (Lado NW), diques, brechas y fracturas, algunos que son relacionados a características geométricas de pliegues (limbos escarpados), superficies axiales. La principal franja mineralizada de Shahuindo fue controlada por una zona de falla escarpada de rumbo NW-SE (San José, Santa Rosa, Huangamarca), intersectada por fallas

transversales NE-SW (Choloque y La Cruz) y otros conjugados N-S (Chalarina y San Lorenzo). La presencia de dichas fallas permite una mineralización de óxidos y sulfuros, los cuales se alojan en las unidades más permeables. El oro se extrae desde las areniscas y limolitas de la Fm. Carhuaz y Farrat.

La alteración se produce generalmente en forma de un ensamble de sílice, pirofilita y sericita, el cual sugiere una interpretación de sulfuración intermedia (Hodder, 2010).

La oxidación está asociada a jarosita, hematita y goetita, estos óxidos son el producto de la alteración supérgena de sulfuros primarios tales como pirita, esfalerita, tetraedrita y covelita; el oro se libera mediante este proceso y ocurre como diseminaciones y rellenando fracturas.

El análisis de los 130 mil metros de perforación realizados dentro del tajo por el método, Au+ICP+Hg (ICP - multielementos), muestra una correlación positiva en óxidos del Au, con el As, Sb, que reflejan las evidencias de la escorodita. Una segunda asociación con Fe señala la presencia de Jarosita y hematita. Otros asociados Zn y Cd, indicando una posible asociación con un sistema polimetálicos. La correlación en sulfuros el Au-As, Fe-S, Ag-Sb, seguidos de Hg y Cu, señala la presencia de pirita, arsenopirita, tetraedrita, calcopirita. Una segunda asociación conformada por Cd, Zn y Pb que sugiere una proximidad polimetálica profunda preexistente (Fig. N° 4).

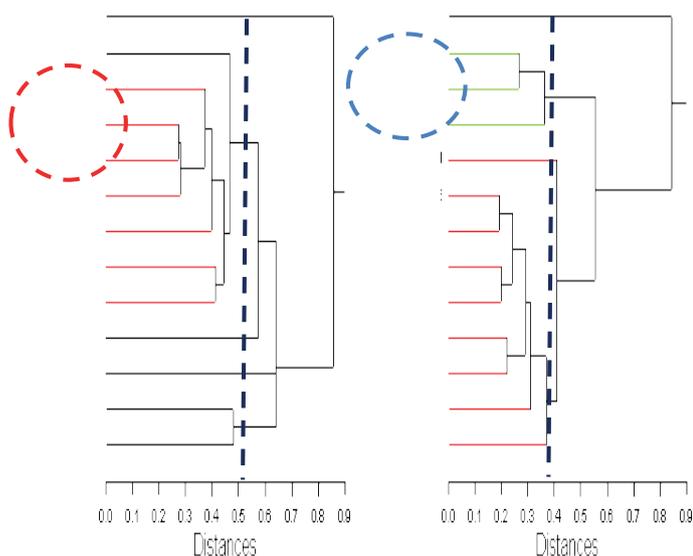


Fig. 4. Agrupación jerárquica Pearson para la zona de Óxidos (izquierda) y Sulfuros (derecha).

5.2. Mineralización de Oro y Plata.

En la zona de óxidos, el oro y la plata se asocian a la silicificación en presencia de la jarosita y hematita. En la zona de reducción, el oro es típicamente de grano extremadamente fino. La pirita de grano fino forma una asociación cercana con la mineralización de oro y se presenta como diseminaciones, vetillas y cuerpos semi-masivos de reemplazo. La Tetrahedrita, esfalerita, galena, arsenopirita, estibina, y covelina también han sido reportados, adheridos a la zona de piritas (Hodder 2010). Aunque la plata nativa ha sido identificada en la zona de San José y en la histórica mina Shahuindo, estos generalmente se encuentra en sulfosales.

El ratio de la plata en proporción al oro tiene un promedio de 12/1 en la zona de óxidos del depósito, y de 35/1 dentro de la zona de reducción. Este ratio es reflejado por la lixiviación fuerte de la plata en los óxidos, cerca de la superficie, generando un enriquecimiento supergénico en la base de la oxidación (Fig. N° 5).

Trazas de arsenopirita, calcopirita, esfalerita, y galena están mejor desarrolladas a lo largo de la zona de reducción.

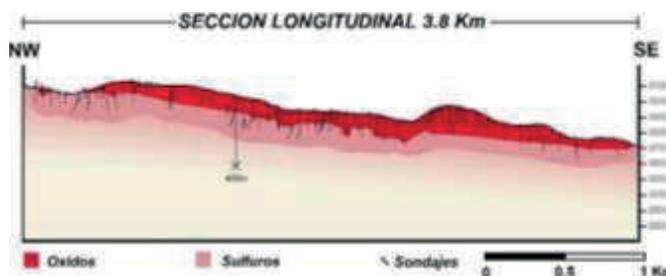


Fig. 5. Sección longitudinal con estados de mineralización en profundidad.

6. Búsqueda y ampliación de recursos.

La anomalía de oro en el yacimiento Shahuindo alcanza hasta los 6km de longitud, y en la perforación se ha encontrado la mineralización aurífera hasta a un poco más de 400 mts de profundidad. Las dimensiones de la zona de recursos abarcan una longitud de casi 4km, hasta 400 mts de ancho, y una profundidad de 150mts, mayormente en la zona de Óxidos.

En las campañas de perforación realizadas en los últimos años, actualizaron las reservas, la última publicación con datos oficiales al 30 de Junio del 2020 en la web, señalan 1201.4 Koz Au, con ley de 0.50 g/t y de 16.1 Koz Ag con ley promedio de 7 g/t en reservas probadas; además de 750.6 Koz Au con ley de 0.47 g/t y de 10.4 Koz Ag con ley promedio de 7 g/t en reservas probables.

Estas actualizaciones son el resultado de las perforaciones, que apuntaron a la búsqueda de la continuidad de las principales estructuras mineralizadas (San José, Santa Rosa y Huangamarca), en especial debajo de la fase final del Tajo (Fase 8), que en su momento estuvieron colgadas.

A nivel local, los pozos cortaron estructuras con promedio de tendencia N125°, donde los sedimentos de la Fm. Carhuáz y Farrat, presentan plegamientos con mineralización alojada en la charnela y enraizadas en acuñamientos progresivos hacia niveles profundos. Estas estructuras prolongan de alguna manera el nivel de óxidos a escala local.

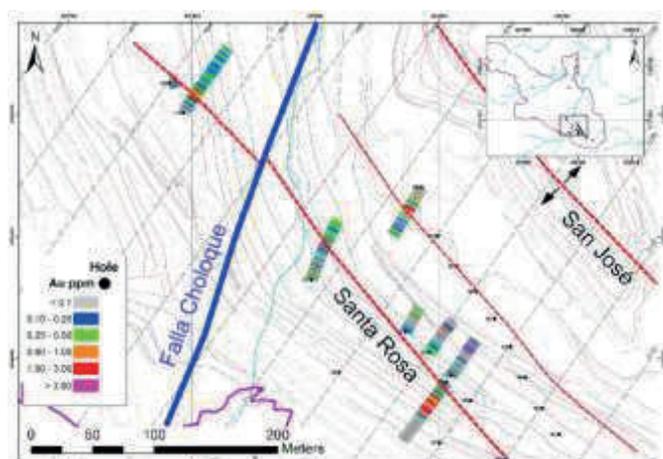


Fig. 6. Cortes de la Estructura principal del sistema Santa Rosa.

7. Discusión y conclusiones.

A nivel regional, El depósito de Shahuindo, se encuentra dentro de un dominio de escamas tectónicas que incluye una franja de cizalla generadas por compresión, que posteriormente asociado a una actividad magmática durante el Mioceno dio como resultado una franja de mineralización con importancia en las unidades de areniscas y limolitas de la Formación Carhuáz, especialmente en anticlinales tectonizados bajo un régimen transpresivo

En el sector central del depósito, la zona de contacto entre el cuerpo porfírico dacítico asociado a la falla San José con las rocas sedimentarias del Carhuáz, controla la mayor parte de la mineralización de Au. Como se había mencionado anteriormente, las intersecciones de fallas transversales con estructuras paralelas al rumbo andino son importantes; por ejemplo, la mineralización de más altas leyes ocurre en la falla La Cruz que intersecta a la falla San José.

El yacimiento Shahuindo, abre las puertas para el estudio detallado más acerca de la formación Carhuáz como un nuevo metalotecto positivo muy a parte de la formación Chimú, el cual podría ser usado como guía de exploración de oro a nivel regional.

Las muestras de sondajes, señalan una mineralización económica predominante, en la zona de óxidos, los “clusters” van definidos por Au, As, Sb y la zona de sulfuros con un incremento de Cd, Pb, Zn. Esto define una diferencia de sistemas, con orígenes distintos como el epitermal sobreimpuesto al sistema polimetálico.

Los pozos de la última campaña 2020 muestran una mineralización controlada exclusivamente por los lineamientos de primer orden con cierres progresivos a profundidad (Sulfuros). De haber una segunda etapa de explotación, la extracción sería en subterráneo.

Referencias.

- David Dávila, Estratigrafía y sedimentología del proyecto Shahuindo Au-Ag, 21p. Mayo 2012
- Hodder, R.W, The Shahuindo epithermal gold occurrence Cajabamba Province, Peru: Petrographic reconnaissance & interpretation of shape and size, consulting report Prepared for Sulliden Exploration Inc, 98p. Mayo 31, 2010.
- Dr. Steven Bussey and Dr. Eric P. Nelson, Plunge view of Algamarca anticline from Pampa de Arena; central zone of mineralized Shahuindo corridor seen below left of anticline, 69p. 2009.
- Jacay J, Estilo estructural de los yacimientos minerales en la franja Huamachuco-Cajabamba: andes norperuanos
- Perú: SEG Especial Publicación 11, pp. 313-318. Rivera, L., R., 1980, Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, Boletín No. 31, Serie A. Carta Geología Nacional, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima, Perú, 67p.