



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: [www.sgp.org.pe](http://www.sgp.org.pe) ISSN 0079-1091

## Nuevos conceptos para la recategorización de recursos minerales en el Tajo San Gerardo – Mina Atacocha

Carlos J. Rodríguez<sup>1</sup>, Dayanira Y. Zuñiga<sup>1</sup>, Enrique Tovar<sup>1</sup>, Jean P. Janampa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nexa Resources S.A.A., dirección, Lima, Perú ([carlos.rodriguez@nexaresources.com](mailto:carlos.rodriguez@nexaresources.com))

<sup>1</sup> Nexa Resources S.A.A., dirección, Lima, Perú ([dayanira.zuniga@nexaresources.com](mailto:dayanira.zuniga@nexaresources.com))

<sup>1</sup> Nexa Resources S.A.A., dirección, Lima, Perú ([enrique.tovar@nexaresources.com](mailto:enrique.tovar@nexaresources.com))

<sup>1</sup> Nexa Resources S.A.A., dirección, Lima, Perú ([jjanampar@undac.edu.pe](mailto:jjanampar@undac.edu.pe))

### 1. Abstract

The Atacocha mining is located in the center of Perú, is a polymetallic site with Zn contents with Pb, Ag and Au, in the area of the sedimentary sequence formed by limestone of the Pucará and sandstone group of the Goyllarisquizga group, these sediments were cut by the intrusive San Gerardo of dioritic composition, this rock was dated by the Potassium-Argon method between 25-30 m. The program of drilling re-crucioning of mineral resources (LOM 2021), has focused on phase 2 and phase 3 of San Gerardo Open Pit, where the main mineralization controls and training conditions of the Ore Body Chercher and the Ore Body Asunción. Petromineragraphic studies, mineralogical analysis for X-Ray, Diffraction and Fluid Inclusion studies have been carried out, this information is useful to know the type of site to which it is related and defining the main controls in mineralization. Studies of thin sections of intrusive San Gerardo indicate the presence of illite-smectite, adularia, quartz and carbonates. The mineralization in the area runs in veins and bodies stuffed with Sphalerite, Galena, Bournonite, Freirbergite, in addition to values with Au, the bargains consist of Pyrite, Rhodocrocite, associated with structures of prasing, quartz and calcite, which are controlled by a structural system not-parallel to the system of failures 13, as well as being present within a riedel system of sequest conjugated faults and translucent-normal failures, so we say that the interior area is in extension and subjected to sinking, called structures of the negative flower type. The study of Fluid Inclusions reveals the existence of mineralizing flows, with

temperatures between 200 and 320 ° C, with a salinity of 3% to 5% equivalent by client of NaCl. The possible mineralization environment of the San Gerardo Open Pit in the Atacocha mine is the low of an Epitermal of intermedio mid-sulfurization with Au and Ag contained.

### 2. Resumen

La unidad minera Atacocha se ubica la parte central del Perú, en la Cordillera Occidental del Perú central, en la provincia y departamento de Pasco, entre las cotas 3900 a 4330 m.s.n.m.; a 331 Km al noreste de la ciudad de Lima.

Es un yacimiento polimetálico de Zn, Pb, Ag con contenido de Au. En la zona aflora la secuencia sedimentaria conformada por calizas del Grupo Pucará y areniscas del Grupo Goyllarisquizga, estos sedimentos fueron cortados por el intrusivo San Gerardo de composición diorítica, esta roca fue datado por el método potasio-argón entre 25-30 Ma.

El programa de perforación 2020 se ha enfocado en la Fase 2 y Fase 3 del Tajo San Gerardo, donde no se tenía definido los principales controles de mineralización y condiciones de formación del Ore Body Chercher y el Ore Body Asunción. Se han realizado estudios petrominerográficos, análisis mineralógico por Difracción de Rayos X y estudios de inclusiones fluidas, esta información es útil para conocer el tipo de yacimiento a la que está relacionado y definir los principales controles en la mineralización.

Los estudios de secciones delgadas del intrusivo San Gerardo indican la presencia de il-

lita-esmectita, adularia, cuarzo y carbonatos. La mineralización en la zona ocurre en vetas y cuerpos rellenas con esfalerita, galena, bournonita, freirbergita, además de valores con Au, las gangas consisten de pirita, rodocrosita, asociadas a estructuras de alabandita, cuarzo y calcita, las cuales están controlados por un sistema estructural NO-SE paralelas al sistema de Fallas 13, además de estar presente dentro de un sistema Riedel de fallas conjugadas sinistral y fallas transcurrente-normal, por lo que decimos que la zona interior está en extensión y sometida a hundimiento, denominadas estructuras de tipo flor negativa. El estudio de inclusiones fluidas revela la existencia de flujos mineralizantes con temperaturas que se encuentran entre los 200°C y los 320°C, con una salinidad de 3% a 5% equivalente en peso de ClNa. El posible ambiente de mineralización de la zona del Tajo San Gerardo, en la mina Atacocha, es el de un epitermal de baja a intermedia sulfuración con contenidos importantes de Au y Ag.

### 3. Introducción

En el presente artículo se va a mostrar brevemente los nuevos conceptos aplicados por el equipo de geología mina de la unidad Atacocha para potenciar el éxito en la recategorización de recursos en el Tajo San Gerardo.

El Tajo San Gerardo es una operación desde el año 2018. A junio del 2021, se cuenta con recursos minerales, en el orden de 707 kt ZnEq @ 1.27 %Zn, 1.26 %Pb, 39.16 g/Tn Ag, 0.25 gr/Tn Au.

En la actualidad la producción promedio es de 4200t/d y se viene minando dos zonas de explotación denominadas Fase 2 y Fase 3.

### 4. Contexto Geológico

#### 4.1 Litoestratigrafía

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona alta de Atacocha corresponden a secuencias de rocas sedimentarias que van desde el Mesozoico inferior hasta el Mesozoico Superior cortadas por rocas intrusivas del Oligoceno, denominado Intrusivo San Gerardo.

El grupo Pucará aflora en el Tajo San Gerardo, diferenciándose las Fm. Chambará, Fm. Aramachay y Fm. Condorsinga, según sus características de contenido de chert, fósiles, etc han sido subdivididas en las unidades A, B, C, D, E y F.

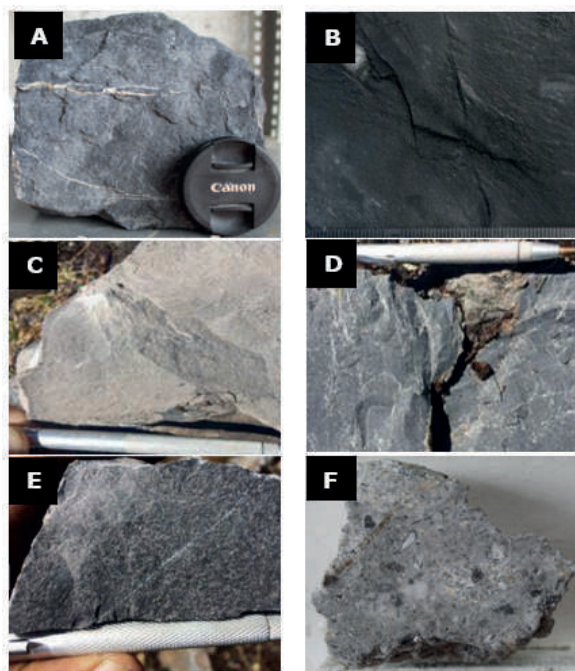


Figura N°1: Calizas del Grupo Pucará.

Se ha identificado la Falla 1, que delimita litológicamente al Grupo Pucará con las secuencias de areniscas de la Fm. Goyllarisquizga.

La brecha sedimentaria sobreyace a las calizas de la Fm Condorsinga e infrayace a las areniscas de la Fm Goyllarisquizga. Litológicamente está constituido por clastos de calizas y chert en matriz de arenisca blanquecina y algunos tramos presenta tonalidad rojiza.

Las areniscas de la Formación Goyllarisquizga que afloran en el Tajo San Gerardo, están compuestas por areniscas cuarzosas de grano grueso a fino, presentan laminaciones paralelas, el color varía entre blanco grisáceo a tonalidades rojizas, en algunos tramos se encuentran intercalaciones de limos de color beige a verdosas.

El intrusivo San Gerardo, de composición diorítica, se ubica al oeste de la Falla Milpo-Atacocha, desarrollándose al NO en el lineamiento del sistema de fallas 13, que corta a toda la secuencia sedimentaria, al Este a las calizas del Pucará y al Oeste a las areniscas del Goyllarisquizga. El estudio radiométrico por el método potasio-argón ha datado la edad del intrusivo entre 25-30 Ma.

ESTRATIGRAFICA		MINERAL	MED. SAI
Intrusivo San Gerardo		Pórfido feldespático	
Fm. Goyllarisquizga	Arenisca de grano fino a medio.		
	Arenisca con horizontes de lutitas oscuras.		
	Arenisca con intercalación de limos.		
	Arenisca cuarzosa de grano medio a grueso.		
	Limolita.		
	Arenisca de grano grueso de color beige.		
	Arenisca conglomerádica.		
Fm. Condorsinga	F Brecha sedimentaria con matriz arenosa, clastos de calizas y chert.		
	F Caliza micrítica, gris clara con nódulos de chert.		
Grupo Pucará	Fm. Aramachay E Calizas gris oscuro con tramos de serpentina.		
	D Dolomias y calizas grises.		
Fm. Chamará	C Calizas y dolomias chérticas.		
	B Calizas negras / Intrusivo Santa Bárbara Cuarzodiorita		
	A Calizas y dolomias		

Figura N°2: Columna Estratigráfica.

#### 4.2 Geología Estructural

El Tajo San Gerardo se ubica dentro de un Dominio Estructural limitado por las fallas regionales inversas Milpo-Atacocha y Falla Longreras, entre estas fallas un sistema Riedel, caracterizado por una moderada a fuerte deformación frágil-dúctil que controla el emplazamiento de intrusivos y mineralización de sulfuros como la galena argentífera y esfalerita. Se tienen identificado 4 sistemas principales de fallas, siendo las primeras N-S, que corresponden a las fallas Milpo-Atacocha y Longreras que muestran en su evolución movimientos normales-inversos y de rumbo sinistral. Los otros dos sistemas que se relacionan a una alta mineralización son el sistema NO-SE y el sistema E-O; el sistema NO-SE corresponden a fallas conjugadas sinestrales y fallas normales del tipo flor negativa, y el sistema E-O corresponden a fallas dextrales con un alto ángulo de inclinación (80°-90°).

El sistema NE ubicada al norte, limita la continuidad de las fallas N-S y sin relación alguna con la mineralización.

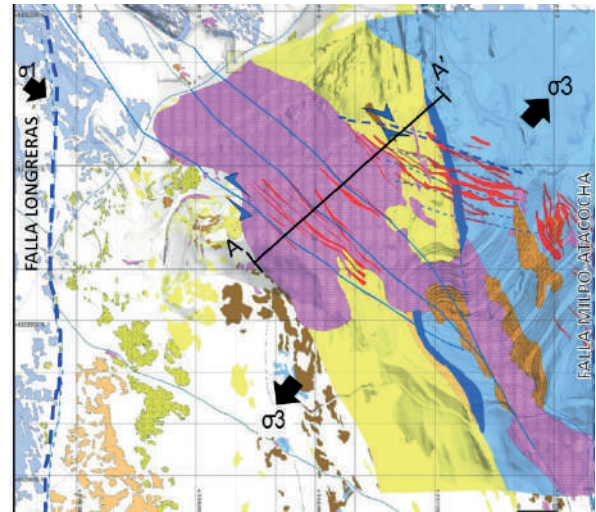


Figura N°3: Modelo Estructural del Tajo San Gerardo.

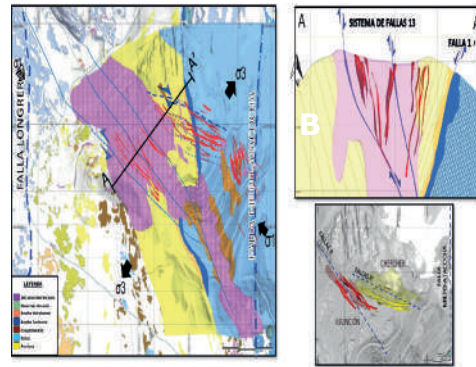


Figura N°4: Control Estructural Ore Body Asunción y Ore Body Chercher

#### 4.3 Mineralización

La mineralización en el tajo San Gerardo consiste en vetas angostas polimetálicas, que están controladas por un sistema de fallas NO-SE y E-W, que se desarrollan en mayor dimensión al intersectarse con el sistema de fallas N-S (Falla 1).

En las areniscas de la formación Goyllarisquizga, las vetas presentan contenidos de galena argentífera-esfalerita con ensambles arsenicales de oropimente y rejalgar; mientras que en las calizas del Grupo Pucará se observan vetas de blenda rubia, galena y sulfosales, las cuales presentan anomalías de oro con asociación de alabandita.

La alteración hidrotermal principalmente reconocida en la zona es del tipo illita-esmectita-adularia, con presencia de carbonatos y cuarzo hidrotermal.

Siendo claves para la caracterización de un epitermal de baja a intermedia sulfuración con contenidos importantes de oro y plata.

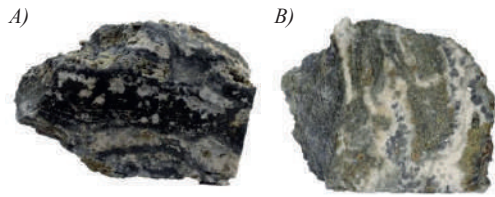


Figura N°5: A) Estructura de relleno compuesta principalmente de carbonatos, asociado a esfalerita y galena, formando bandas alrededor de la alabandita. B) Muestra de mano, con agregados e intercrecimientos irregulares de cuarzo y carbonatos asociados a esfalerita y galena.

**Estudios Petrominerográficos**

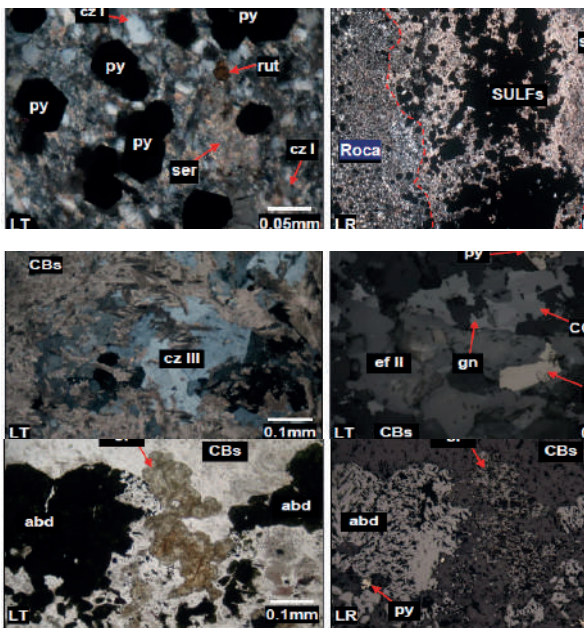


Figura N°6: Secciones delgadas del tajo San Gerardo relacionadas a la mineralización. Presentan un ensamble mineralógico epitermal de baja a intermedia sulfuración.

**4.4 Inclusiones Fluidas**

Se realizó un muestreo selectivo (10 muestras), ubicadas en las zonas de explotación Fase 2 y Fase 3.

Los resultados nos indican inclusiones primarias bifásicas ricas en líquido tipo L (clasificación de Nash, 1976), se reportan “temperaturas de homogenización de 200 – 350 °C y la salinidad del fluido entre 3 y 5% eq. peso ClNa.



Figura N°7: Inclusiones fluidas primarias bifásicas ricas en líquido con formas ovaladas e irregulares con tamaños inferiores a 8µm capturas en cuarzo de relleno

LR: Luz Reflejada: LT: Luz Transmitida

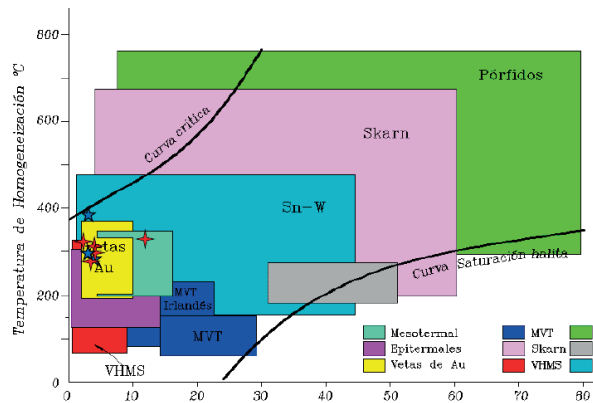


Figura N°8: Caracterización del Tajo San Gerardo (estrellas rojas) en función de la salinidad y temperatura de homogenización, Modificado por Yparraguirre (2021) de Wilkinson(2001)

Se muestran tres familias de fluidos que representan depósitos tipo Epitermales a mesotermiales en contacto con vetas de Au. (Población de fluidos Yparraguirre, 2021) de Wilkinson (2001).

**5. RECURSOS MINERALES**

Dentro de la campaña de perforación 2020-2021, se han realizado 65 taladros con un metraje total de 11,238.90 m dentro del Tajo San Gerardo. En este programa de perforación se logró incrementar los recursos de las estructuras Ore Body Asunción (16.28%), Ore Body Chercher (226.33%) y Veta Claudia (113.51%), adicionalmente se generó estructuras mineralizadas al SE del Tajo San Gerardo, denominadas Veta Rubí.

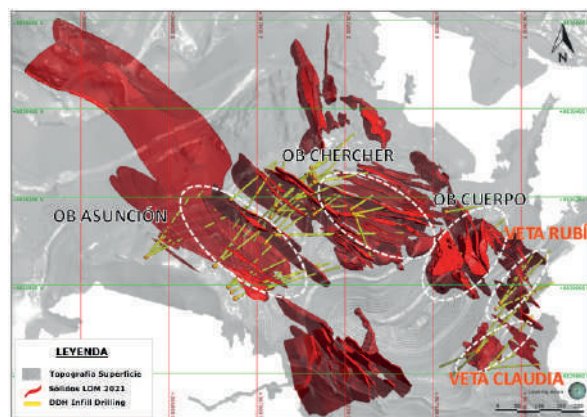


Figura N°9 Objetivos de Perforación LOM 2021

En el reporte de Largo Plazo (LOM 2021) se han incrementado los recursos minerales en un 9% (en comparación al LOM 2020) el cual representa 2,17 Mt de mineral.

Asimismo, en las Leyes de Zn se tiene un incremento del 5%, Pb se tiene un incremento de 19%, Ag se tiene un incremento de 10% y Au se tiene un incremento de 1 %, en ZnEq tenemos 707.36 KT.

Mineral Resources	Tonnage				Grades							Metal Co.	
	(Mt)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (gpt)	Au (gpt)	Zn Eq (%)	Zn (Kt)	Pb (Kt)	Cu (Kt)	Ag (MOz)	Au (Kt)	
Measured	8.51	1.34	1.20	0.04	39.91	0.27	2.70	114.26	101.88	3.71	10.92	0.	
Indicated	12.42	1.21	1.17	0.05	37.29	0.23	2.90	149.77	145.22	6.09	14.89	0.	
<b>Measured + Indicated</b>	<b>20.93</b>	<b>1.26</b>	<b>1.18</b>	<b>0.05</b>	<b>38.35</b>	<b>0.24</b>	<b>2.58</b>	<b>264.03</b>	<b>247.10</b>	<b>9.81</b>	<b>25.80</b>	<b>0.</b>	
Inferred	5.61	1.31	1.55	0.07	42.18	0.30	2.98	73.32	86.81	2.74	7.61	0.	
<b>Total</b>	<b>26.54</b>	<b>1.27</b>	<b>1.20</b>	<b>0.05</b>	<b>39.16</b>	<b>0.25</b>	<b>2.67</b>	<b>337.35</b>	<b>333.92</b>	<b>13.55</b>	<b>33.41</b>	<b>0.</b>	

\* NSR US\$ 22.18

San Gerardo - Total Report - February 15, 2020													
Mineral Resources	Tonnage				Grades							Metal Co.	
	(Mt)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (gpt)	Au (gpt)	Zn Eq (%)	Zn (Kt)	Pb (Kt)	Cu (Kt)	Ag (MOz)	Au (Kt)	
Measured	10.12	1.36	1.16	0.04	38.71	0.24	2.64	137.09	116.93	4.43	12.59	0.	
Indicated	9.86	1.11	1.02	0.04	33.57	0.24	2.25	109.88	100.25	3.88	10.64	0.	
<b>Measured + Indicated</b>	<b>19.98</b>	<b>1.24</b>	<b>1.09</b>	<b>0.04</b>	<b>36.17</b>	<b>0.24</b>	<b>2.45</b>	<b>246.97</b>	<b>217.18</b>	<b>8.31</b>	<b>23.23</b>	<b>0.</b>	
Inferred	4.40	1.10	0.91	0.04	32.74	0.33	2.23	48.17	39.91	1.71	4.63	0.	
<b>Total</b>	<b>24.37</b>	<b>1.21</b>	<b>1.05</b>	<b>0.04</b>	<b>35.55</b>	<b>0.26</b>	<b>2.41</b>	<b>295.14</b>	<b>257.09</b>	<b>10.02</b>	<b>27.86</b>	<b>0.</b>	

Figura N°10: Recursos reportados LOM2021 vs LOM2020

## 6. CONCLUSIONES

Con el programa de recategorización se amplió los recursos minerales al NW y SE del Tajo San Gerardo y se definió nuevas áreas con potencial geológico con controles estructurales similares a las ya identificadas en el corredor de vetas, Ore Body Asunción y Ore Body Chercher.

La mineralización está definida por la presencia de galena, esfalerita y sulfosales con valores importantes de Au y Ag, los minerales de ganga comúnmente son rodocrosita, alabandita, calcita, oropimente y rejalgar.

Los estudios complementarios de Inclusiones Fluidas reflejan temperaturas de homogenización en el rango de 200°C-320°C y una salinidad que oscila entre 3% y 5% Eq. en peso de ClNa, lo que ubica en el diagrama de Wilkinson (2001), en un ambiente Epitermal de baja a intermedia sulfuración con contenidos importantes de Au y Ag.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Nexa Resources Atacocha S.A. por facilitarnos el uso de la información y permitir la publicación de este trabajo, muy especial a los ingenieros Roberto Bados, Carlos Uchuquicaña y a todo el equipo de la Unidad Minera Atacocha.

## Referencias

- [1] Geología Atacocha, (2021). "Informe Anual de Largo Plazo 2021, Atacocha – Pasco.
- [2] Minemetallurgy S.A.C. (2021). "Estudio petrominerográfico con microscopio de polarización, análisis mineralógicos por difracción de rayos X (DRX) con tubo de cobalto e inclusiones fluidas".