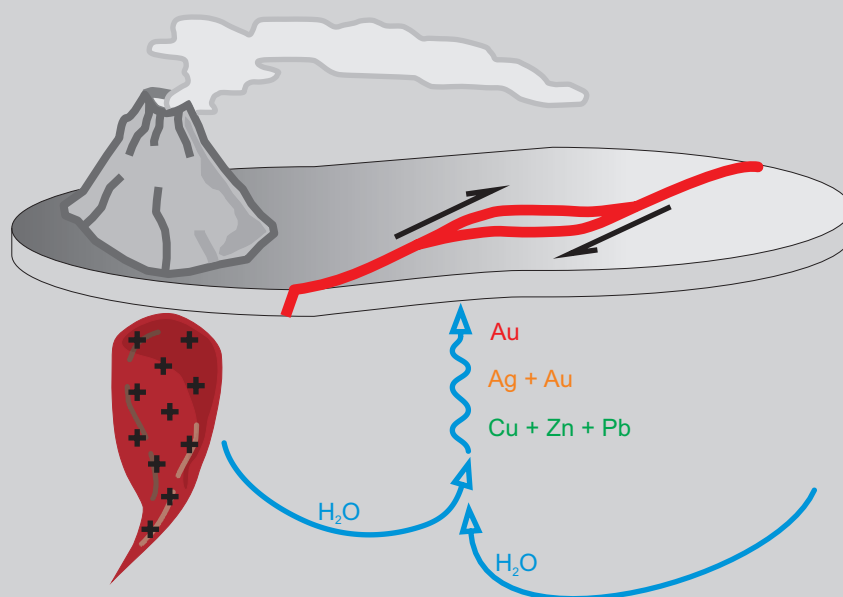

TESIS DOCTORAL

Génesis del yacimiento de metales preciosos Mina Martha, sector sudoccidental del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz

Lic. Gerardo Nestor Páez

Directores:

Dr. Isidoro B. Schalamuk y Dr. Diego M. Guido



Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo
Instituto de Recursos Minerales

La Plata - 2012



Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo
Instituto de Recursos Minerales

La Plata - 2012

“Siquidem metallicus sit oportet suæ artis peritissimus, ut primo sciat, qui mons, qui collis, quæue uallestris aut campestris positio utiliter fodi possit, aut recuset fossionem. Deinde uenæ, fibræ, commissuræque saxorum ipsi pateant. Mox pernoscat multiplices uariasque species terrarum, succorum, gemmarum, lapidum, marmorum, saxorum, metallorum, mistorum: tum habeat cognitam omnem omnium operis sub terra faciendi rationem.” — Georgius Agricola, De Re Metallica (1556), Lib. I, p. 1.

“Un minero debe ser un gran conocedor de su arte, solo entonces sabrá que montaña o colina, valle o planicie pueden ser prospectadas en forma mas rentable, y cuales deben ser dejadas de lado. Es por esto que tiene que entender profundamente las venas, nervaduras y grietas que se encuentran en las rocas; debe también estar familiarizado con las muchas variedades de tierras, jugos, gemas, piedras preciosas, mármoles, rocas, metales y compuestos que en esta se esconden. Finalmente debe poseer un conocimiento completo de los métodos y obras necesarias para realizar su extracción en forma subterránea.”



ÍNDICE

Índice	<i>i</i>
Agradecimientos	<i>v</i>
Resumen	<i>vii</i>
Abstract	<i>xi</i>
1. Introducción al área de estudio	<i>01</i>
1.1. Introducción y ubicación del área de estudio	<i>01</i>
1.2. Trabajos previos en la zona	<i>02</i>
1.3. Objetivos, plan de trabajo y estructura de la presente Tesis Doctoral	<i>05</i>
1.3.1. <i>Objetivos</i>	<i>05</i>
1.3.2. <i>Plan de trabajo</i>	<i>06</i>
1.3.2. <i>Estructura del presente trabajo de Tesis</i>	<i>06</i>
1.4. Referencias	<i>07</i>
2. Marco geológico del yacimiento Mina Martha, Macizo del Deseado, Argentina	<i>09</i>
2.1. Introducción	<i>09</i>
2.2. Metodología	<i>10</i>
2.2.1. <i>Trabajos de gabinete</i>	<i>10</i>
2.2.2. <i>Trabajos de campo</i>	<i>11</i>
2.3. Marco geológico regional: el Macizo del Deseado	<i>11</i>
2.4. Geología distrital: el Distrito Minero Cerro 1ro de Abril	<i>13</i>
2.5. Geología local: Mina Martha	<i>15</i>
2.5.1. <i>Ignimbrita Dacítica Fina</i>	<i>18</i>
2.5.2. <i>Tobas y Tufitas Inferiores</i>	<i>19</i>
2.5.3. <i>Ignimbrita de Cristales</i>	<i>21</i>
2.5.4. <i>Tobas y Tufitas Superiores</i>	<i>23</i>
2.5.5. <i>Ignimbrita Lítica</i>	<i>23</i>
2.5.6. <i>Ignimbrita "Dacítica"</i>	<i>27</i>
2.5.7. <i>Ignimbrita Morada</i>	<i>29</i>
2.5.8. <i>Diques (DqM y DqP)</i>	<i>30</i>
2.5.9. <i>Megabrecha (MB)</i>	<i>31</i>
2.5.10. <i>Areniscas Coquinoides de la Fm. Monte León</i>	<i>33</i>
2.6. Geoquímica de roca	<i>34</i>
2.7. Edad del vulcanismo	<i>37</i>
2.8. Consideraciones finales	<i>37</i>

2.9. Referencias	40
3. Caracterización de la mineralización argentífera del depósito Mina Martha, Macizo del Deseado, Argentina	45
3.1. Introducción	45
3.2. La Provincia Auroargentífera del Deseado	45
3.3. Metodología	47
3.3.1. Trabajos de campo y gabinete	47
3.3.2. Análisis de Laboratorio	47
3.4. El sistema de vetas de Mina Martha	48
3.4.1. Distribución y caracterización de los cuerpos mineralizados	48
3.4.2. Geoquímica de las vetas	52
3.5. Esquema de pulsos mineralizantes	53
3.5.1. Mineralogía primaria	53
3.5.2. Química mineral	70
3.5.3. Mineralogía secundaria	74
3.6. Caracterización de las alteraciones	74
3.7. Estudios inclusiones fluidas e isótopos	79
3.7.1. Inclusiones fluidas	79
3.7.2. Isótopos estables de oxígeno	82
3.7.3. Isótopos estables de azufre	83
3.7.4. Edad de la mineralización	84
3.8. Consideraciones finales	84
3.8.1. Clasificación del depósito argentífero Mina Martha	84
3.8.2. Evolución paragenética del yacimiento	87
3.8.3. Distribución y naturaleza de las alteraciones	91
3.8.4. Naturaleza y composición de los fluidos mineralizantes	92
3.8.4. Controles físico-químicos sobre la depositación de la mineralización	93
3.9. Referencias	98
4. Controles estructurales en la mineralización del yacimiento Mina Martha, Macizo del Deseado, Argentina	103
4.1. Introducción	103
4.2. Marco estructural del Macizo del Deseado	103
4.2.1. Marco estructural regional	103
4.2.2. Marco estructural de las mineralizaciones jurásicas	105
4.3. Metodología	105
4.4. Controles estructurales en los cuerpos mineralizados	106
4.4.1. Distribución, orientación y continuidad de las estructuras mineralizadas	106
4.4.2. Geometría del relleno en las estructuras mineralizadas	111
4.4.3. Cinemática de las estructuras mineralizadas	116
4.4.4. Controles sobre las leyes de la mineralización	123

4.5. Controles estructurales post-mineralización	129
4.5.1. Fallamiento post-mineralización	129
4.5.2. Controles sobre las leyes de la mineralización	131
4.6. Consideraciones finales	132
4.7. Referencias	134
5. Conclusiones sobre el origen de la mineralización argentífera de Mina Martha, Macizo del Deseado, Argentina	139
5.1. Introducción	139
5.2. Características generales del yacimiento	140
5.3. Conclusiones sobre la evolución del magmatismo	140
5.4. Conclusiones sobre la evolución del sistema y los fluidos hidrotermales	142
5.5. Conclusiones sobre los controles estructurales en la mineralización	144
5.6. Consideraciones finales	146
5.7. Referencias	146
6. Anexo 1 - Mapa Geológico (1:7.500)	
7. Anexo 2 - Mapas de Interior Mina (1:1.500)	
8. Anexo 3 - Análisis Geoquímicos de Roca	
9. Anexo 4 - Análisis de Microsonda Electrónica	
10. Anexo 5 - Dataciones Ar-Ar	

Agradecimientos

- A mi familia (Mara, Néstor, Juan, Maru, Tata y Gerardo) y novia (Mariana), quienes me apoyaron, ayudaron y aguantaron incondicionalmente durante todas las etapas (buenas y malas) de mi Tesis. Sin ellos la elaboración del presente trabajo hubiese sido imposible.
- A mis directores Diego Guido y Abel Schalamuk por creer en mi, por su apoyo incondicional y por las numerosas charlas y discusiones sobre la geología del Macizo del Deseado, la zona de estudio y las distintas etapas que llevaron a la realización del presente trabajo de Tesis Doctoral.
- A Remigio Ruiz por su ayuda e infinita paciencia durante las tareas de campo, gabinete y laboratorio. Sus sugerencias y comentarios “ácidos” fueron fundamentales para la realización de éste trabajo de Tesis.
- Un especial agradecimiento a Coeur Argentina S.R.L., especialmente a Alfredo Cruzat, Claudio Romo, Myriam Li, Dante Cussi, Guillermo “Willy” Romero, Gerónimo Candela, y demás personal de Mina Martha, no solo por el apoyo económico y logístico, sino también por la buena onda y por las valiosas discusiones sobre la geología y las mineralizaciones del área de estudio.
- A mis compañeros y amigos del INREMI, del CIG y de la vida (por suerte son muchos como para nombrarlos a todos), quienes aportaron sustancialmente al presente trabajo de Tesis mediante sus palabras de aliento y/o discusiones sobre metalogénesis, vulcanología, geología estructural, y/o sobre la geología del Macizo del Deseado.
- Otro especial agradecimiento va para Mauricio González Guillot por ayudarme desinteresadamente con muestras, mapas, análisis de microsonda y fotos de la mineralización de la Veta Martha, y especialmente por las palabras de aliento y la buena onda durante todas las etapas de elaboración del presente trabajo de Tesis.
- Gran parte del trabajo de identificación de la mineralogía de mena hubiese sido imposible sin la ayuda del experimentado “ojo de microsonda” de Miguel del Blanco y Mariana Bodaño, quienes colaboraron desinteresadamente en muchas ocasiones.
- Los estudios de inclusiones fluidas fueron posibles gracias al apoyo y colaboración de Javier Ríos, Tatiana Lima, Lucilia Ramos y todo el personal del CDTN (Belo Horizonte, Brasil). Gracias por el apoyo logístico y económico, y por hacernos sentir como en casa durante las 2 estadías de trabajo en el Laboratorio de Inclusiones Fluidas.
- Los análisis de isótopos estables fueron realizados gracias a la generosa colaboración de Clemente Recio y todo el personal del Servicio General de Isótopos Estables de la Universidad de Salamanca (Salamanca, España).
- El análisis de las alteraciones hidrotermales fue posible gracias a la generosa colaboración

de Ignacio Subías, Blanca Baluz y Ana Cedillo quienes tambien realizaron los estudios de microsonda electrónica. A María Eugenia “La Tota” Rodríguez y a MH Argentina S.A. por los análisis e interpretaciones realizadas mediante ASD. A Pablo García, Daniel Poiré y al Centro de Investigaciones Geológicas (CONICET-UNLP) quienes aportaron los análisis de difracción de Rayos X; y a Guido Borzi, Lucia Santucci y Erica Gómez por su ayuda con la separación de las muestras y minerales.

- Por último, un agradecimiento especial a todos aquellos que colaboraron en forma directa o indirecta, a sabiendas o sin darse cuenta, con acciones o ideas, al presente trabajo de tesis. Gracias por todos los consejos, ideas y/o sugerencias!

Finalmente, el presente trabajo de Tesis Doctoral fue posible gracias al generoso aporte de las siguientes instituciones:



Servicio General de Isótopos Estables
Universidad de Salamanca

Resumen

El yacimiento Mina Martha está ubicado en el sector sudoccidental del Macizo del Deseado. La mina es propiedad de la empresa Coeur Argentina SRL, una subsidiaria de Coeur d'Alene Mines Corporation, y está en explotación desde el año 2001. Desde el inicio de las actividades hasta finales de 2010, la mina produjo un total de 273.752 toneladas de mineral con leyes medias de 1.932 g/t Ag y 2,59 g/t Au, lo que equivale a un promedio de 34,8 g/t Au eq. El bajo tonelaje y las elevadas leyes características de Mina Martha permiten definirlo como un depósito de tipo bonanza dentro del espectro de yacimientos actualmente en producción en el Macizo del Deseado.

Trabajos previos interpretan al distrito donde se ubica el yacimiento (Distrito Cerro Primero de Abril) corresponde a un importante centro volcánico Jurásico caracterizado por un aparato volcánico de colapso de tipo caldera. Dentro de este esquema, el área de Mina Martha se encuentra ubicada en el sector centro sur de este distrito, en las proximidades del borde sur de la fractura anular de la caldera.

El vulcanismo de la región se caracteriza por una marcada naturaleza episódica, ya que luego de cada erupción (ignimbritas cristaloclásticas) le seguía una pausa que permitió la instalación de sistemas fluviales y lacustres con ecosistemas asociados (depósitos de tobas y tufitas). Intercalada dentro de este esquema se desarrolló un evento eruptivo fuertemente explosivo, caracterizado por el desarrollo de potentes paquetes de ignimbritas líticas. Estas ignimbritas se habrían originado por la mezcla de dos magmas, uno intermedio y otro ácido, pertenecientes a las Formaciones Bajo Pobre y Chon Aike, mezcla que habría gatillado la erupción y la formación de la caldera.

Todas las unidades volcánicas analizadas en el área de Mina Martha corresponden a rocas subalcalinas pertenecientes a la serie calcoalcalina, con alto potasio y naturaleza peraluminosa, características distintivas del vulcanismo Jurásico del Grupo Bahía Laura.

La cercana relación observada entre la caldera y los numerosos afloramientos de hot-spring observados en la región, sumada a la similitud entre las edades de la caldera ($156,9 \pm 0,7$ Ma) y la mineralización ($156,5 \pm 0,9$ Ma), permiten interpretar que el motor térmico para los sistemas hidrotermales presentes en la región (incluyendo Mina Martha) habría sido la cámara magmática responsable del colapso de la caldera. En función de los resultados de los isótopos estables, este cuerpo ígneo habría aportado el azufre, parte de los metales y parte de las aguas que dieron origen a la mineralización argentífera de Mina Martha.

La mineralización forma cuerpos vetiformes de hasta 5 m de espesor y varios cientos de metros de longitud, caracterizados por el desarrollo de texturas brechosas, bandeados costriformes, y texturas masivas con tamaños de grano medios a gruesos. Las vetas pueden ser divididas en tres sistemas de acuerdo a su orientación genera: un conjunto de estructuras de orientación NO-SE denominado Sistema Martha-R4; un segundo conjunto paralelo al anterior hacia el norte, denominado Sistema Isabel; y un tercer conjunto de estructuras de orientación general E-O desarrollado entre ambos, y que ha sido denominado Sistema del Medio.

En función de la mineralogía y las texturas observadas, el esquema paragenético definido para el yacimiento puede ser subdividido en tres grandes etapas que marcaron la evolución del depósito epitermal presente en Mina Martha, una etapa hidrotermal, una etapa tectónica, y una tercera etapa supergénica postmineral.

La etapa hidrotermal está dominada una mineralogía de mena compleja, formada por sulfuros de metales base y sulfosales de plata y cobre, que se presentan en cantidades variables, pero que pueden superar el 20 % en volumen. Mientras que la mineralogía de la ganga es relativamente sencilla, está compuesta por adularia, cuarzo, sericita (illita), y que localmente puede presentar cantidades subordinadas de clorita. La mineralogía observada define una asociación de metales dominada por Ag-Au-Cu-Pb-Zn-Sb-As, caracterizada por una relación Ag/Au de alrededor de 900:1.

Los cuerpos mineralizados están rodeados por un halo de alteración restringido, compuesto principalmente por la asociación adularia, cuarzo, sericita (illita), esmectita y cantidades menores de clorita. La mineralogía de la ganga y las alteraciones, junto con los estudios de inclusiones fluidas, indican que la mineralización se habría originado a partir de soluciones cloruradas neutras a levemente alcalinas, con temperaturas de entre 215,5 y 316,5 °C, y salinidades de entre 0,53 y 3,55 % NaCl eq. En función de estas observaciones, se puede clasificar al yacimiento Mina Martha como un depósito epitermal de sulfuración intermedia, perteneciente al subtipo de "ebullición profunda".

En Mina Martha, la presencia de abundante adularia en la ganga de casi todos los episodios hidrotermales estaría evidenciando un proceso sostenido de ebullición a lo largo de casi toda la evolución del sistema hidrotermal. Este proceso sería el responsable de la depositación de los metales y habría ocurrido a una profundidad mínima de alrededor de 800 m por debajo del paleo-nivel freático; adicionalmente, la presencia de variaciones en los hábitos de adularia, indican la ocurrencia de modificaciones en las condiciones de permeabilidad bajo las cuales ocurrió este proceso.

Luego del evento hidrotermal la mineralización sufrió los efectos de un evento de deformación de tipo frágil vinculado a la reactivación tectónica de la zona de falla que contiene al sistema de vetas Martha-R4. El resultado de este evento fue el desarrollo de cuerpos irregulares de brechas de falla y cataclasitas foliadas que produjeron la removilización mecánica y química de los sulfuros y sulfosales formados anteriormente, contribuyendo de manera significativa en la formación de cuerpos de alta ley dentro del sistema Martha-R4.

Las partes más superficiales del yacimiento están dominadas por el desarrollo de una zona de oxidación de alrededor de 20 m de potencia que es seguida en profundidad por una pequeña zona de enriquecimiento supergénico de alrededor de 20 m de potencia. Esta etapa fue el resultado del descenso de aguas meteóricas frías (menos de 40°C), de naturaleza ácida y oxidante, que produjeron la destrucción de la mineralización en superficie y dieron origen a una zona de alteración rica en caolinita, plumbogummita y jarosita que se presenta sobreimpuesta al conjunto de alteraciones hipogénicas.

El ambiente tectónico activo al momento del funcionamiento del sistema hidrotermal registrado en Mina Martha corresponde a un régimen transtensivo caracterizado por una cinemática mixta de tipo normal-sinistral. Dentro de este esquema, el Sistema del Medio se habría originado como parte de una zona de transferencia "dura" (*hard-linked*) durante la reactivación de dos zonas de falla de orientación NO-SE (Zona de Falla Martha-R4 y Zona de Falla Isabel)..

La estructuración de la región jugó un papel fundamental en la consolidación de los clavos mineralizados presentes en el yacimiento, controlando la ubicación de las zonas de ascenso de las soluciones hidrotermales. De esta manera, los fluidos hidrotermales se concentraron en zonas de transferencia desarrolladas entre fallas de rumbo NO (Sistemas Martha-R4 e Isabel), y dentro de estas zonas aprovecharon las intersecciones entre las diferentes estructuras para canalizar y concentrar el

pasaje de los fluidos mineralizantes.

La estructura y las características fisicoquímicas del sistema hidrotermal se combinaron para determinar la geometría final de los clavos mineralizados del yacimiento. De esta manera, el desarrollo de una zona o nivel de ebullición de entre 100 y 150 m de espesor condicionó la formación de los clavos de primer orden. Dentro de este nivel, los fluidos ascendentes aprovecharon zonas de apertura localizada, como los sigmoides, para canalizar y concentrar aún más las soluciones, y dar origen de esa manera a los sectores de mayor ley dentro del yacimiento (clavos de segundo orden). Por último, los eventos post-mineralización de fallamiento produjeron el desplazamiento y la segmentación de los cuerpos mineralizados, dándole el aspecto actual.

De esta manera, los elevados contenidos de plata reconocidos en Mina Martha son el resultado de una combinación única de factores volcanológicos, estructurales y metalogenéticos que se conjugaron para dar lugar a la formación del primer depósito epitermal de sulfuración intermedia registrado en el Macizo del Deseado.

Abstract

The Martha underground silver deposit is located in the southwestern portion of the Deseado Massif. The mine is operated by Coeur Argentina SRL, a subsidiary of Coeur d'Alene Mines Corporation, and has been under production since 2001. The mine produced a total of 273.752 tons of mineral with an average grade of 1.932 g/t Ag y 2,59 g/t Au. Based on the low tonnage and high grades, Martha Mine can be defined as a bonanza type deposit within the spectrum of ore deposits observed in the Deseado Massif.

Mineralization is hosted in Jurassic acid volcanic rocks of the Bahia Laura Volcanic Complex. Previous works on the district (Primero de Abril District), defined an important Jurassic volcanic center characterized by a caldera volcanic structure. Within this scheme, Martha Mine is located close to the southern edge of the collapse structure.

The Jurassic volcanism is characterized by an episodic nature dominated by explosive pyroclastic eruptions (crystal rich ignimbrites), each one followed by quiescence periods dominated by fluvial and lacustrine sediments (reworked pyroclastic sediments). Interbedded within this sequence, a highly explosive volcanic event occurred, giving rise to a thick unit of lithic rich ignimbrites. These rocks are the result of the mixing of two different types of magmas, a rhyolitic one (similar to the Chon Aike Fm. Composition) and an andesitic magma (close to the Bajo Pobre Fm. Composition). This mixing is interpreted as the main trigger for the eruption and the subsequent formation of the caldera collapse structure. All analyzed volcanic units share the same subalkaline, calcoalkaline, high potassium and peraluminous geochemical signature with the Bahia Laura Volcanic Complex.

The close spatial association between the caldera and numerous hot-spring manifestations, along with the close ages determined for the caldera eruption (156.9 ± 0.7 Ma) and the mineralization at Martha Mine (156.5 ± 0.9 Ma), allows to interpret that the magmatic chamber responsible of the lithic ignimbrite eruption and caldera collapse, acted as the heat source for the hydrothermal cells that originated the epithermal veins at Martha Mine. Stable isotopes determined on ore and gangue minerals from Martha Mine also support a magmatic source for the sulfur, and at least part of the water and metals that generated the mineralized veins.

Mineralization at Martha Mine is characterized by several hundred meters long, and up to 5 m thick veins, dominated by breccias and massive textures, with minor coniform banding. Martha Mine veins can be grouped into three major vein trends according to their general orientation and location. First, the main NW-SE trending veins, including Martha Oeste, Martha, R4, Martha Este, Martha Sur and Sugar Hill form a structure referred to as the Martha-R4 vein system. Second, in a parallel array but towards the east, the Isabel and Isabel Oeste veins represent the Isabel vein system. Third, the Del Medio vein system represents all the E-W trending veins including Nordeste, R4A, Belén, Francisca, Catalina and Futuro, and is located within a horst structure defined by the Martha-R4 and Isabel structures.

Based on the main mineralogy and textures attributes, the paragenetic sequence of the deposit can be divided into three main evolutive stages: an hydrothermal stage, a tectonic stage, and a post-mineral supergenic stage.

The main hydrothermal stage is dominated by a complex ore mineralogy, composed of up to 20% volume of base metal sulfides and silver sulfosalts. Gangue mineralogy is much simpler, mainly adularia, quartz and sericite (illite), and locally minor amounts of chlorite. Most veins are surrounded by restricted

alteration halo composed mainly by adularia, quartz, sericite (illite), smectite, and minor amounts of chlorite. The ore mineralogy defines a metal association of Ag-Au-Cu-Pb-Zn-Sb-As, with a Ag/Au ratio of about 900:1. Gangue and alteration mineralogy, along with fluid inclusion studies show that the mineralization formed from neutral to slightly alkaline, chloride rich solutions with temperatures of 215.5 to 316.5 °C, and salinities around 0.53 y 3.55 % NaCl eq. Based on this observations, Martha Mine can be classified as an epithermal deposit of intermediate sulfidation, of the deep boiling subtype. The presence of large amounts of adularia during the entire hydrothermal stage suggests that a sustained boiling process was the responsible of the ore deposition. Fluid inclusion studies indicate a deep boiling horizon, located at about 800 m below the paleo-water table. Furthermore, the presence of variations on the morphology of adularia crystals, suggests important permeability changes during fluid circulation.

After the main hydrothermal event, a brittle deformation stage occurred on the fault system hosting the Martha-R4 and Isabel vein systems. The result was the development of irregular shaped bodies of tectonic breccias and foliated cataclasites, with the consequent chemical and mechanical remobilization of previously deposited sulfides and sulfosalts. Where is present, this stage produces a significant increase in the grade of many ore shoots within the deposit.

The upper part of the deposit was affected by the development of a post-mineralization 20 m thick oxidation zone, followed in depth by a 20 m thick secondary enrichment horizon. This stage is the result of descending meteoric waters of oxidizing and acidic nature. These relatively cold solutions (less than 40° C) produced the chemical mobilization and reconcentration of the silver from the surface into the secondary enrichment horizon, leaving behind an oxidized zone characterized by an alteration composed of kaolinite, jarosite and plumbogummite.

The tectonic setting at the onset of the hydrothermal system is interpreted to be a sinistral transtensive horst structure delimited by the Martha-R4 and Isabel structures. Within this model, the geometries of the three main vein trends are interpreted as a hard-linked extensional step-over, where the Del Medio vein trend developed as second-order structures in response to growth and linkage of two overlapping, first-order structures composed of the Martha-R4 and Isabel vein trends.

The close relationship between high grades and locations of vein intersections, dilatational jogs and step-overs suggest that structure played a significant role during ore deposition, probably controlling preferential pathways for hydrothermal solutions to be focused and concentrated, leading to ore deposition.

At the deposit scale, the up-flowing hydrothermal solutions are interpreted to have been concentrated on the hard linked step-over zone developed between the two NW master trending structures, in a similar way as has been described for many hydrothermal. Within the step-over area, hydrothermal ascending fluids took advantage of intersections within the two main vein trends, focusing the hydrothermal outflow.

At the scale of a single vein, the geometry of the fluid channels combined the development of a boiling horizon was the controlling factor on the geometry of the ore shoots. Accordingly, the onset of a 100-150 m thick boiling horizon was the responsible of the formation of the first order ore shoots; while the presence of preferred opening areas such as jogs and small sized step-overs channelized and concentrated the hydrothermal solutions to give rise to the high grade portions of the veins (second order ore shoots). Lately, the mineralisation was modified by a complex post-mineral faulting event, producing dislocation of ore-bodies and segmentation of both high grade ore-shoots.

Finally, the high silver grades observed at Martha Mine are the result of a unique combination of volcanological, structural and metallogenic factors resulting on the formation of the first intermediate sulfidation epithermal deposit registered in the Deseado Massif.

