

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

GEOLÓGICA



TESIS

**Evaluación geológica preliminar en el potencial
económico del proyecto Patibal Este, región la Libertad**

Para optar el título profesional de:

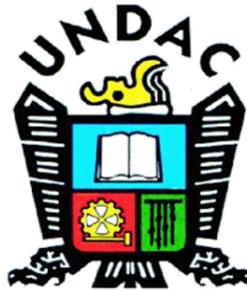
Ingeniero Geólogo

Autor: Bach. Joferlin Smith JACO VADILLO

Asesor: Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú – 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



TESIS

**Evaluación geológica preliminar en el potencial económico
del proyecto Patibal Este, región la Libertad**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
PRESIDENTE

Ing. Ramiro Ernesto DE LA CRUZ FERRUZO
MIEMBRO

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mis padres que, con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

RECONOCIMIENTO

Es preciso y oportuno dar mi sincero reconocimiento a mi Madre VADILLO YACOLCA, Dominga por haberme apoyado a lograr esta meta y todas las personas que me apoyaron para realizar este trabajo, que fue el fruto de un intenso laboreo y la perseverancia. Así mismo mi agradecimiento a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Geología por sus comentarios al realizar este trabajo. De una forma especial a los representantes de la empresa MINERA SMRL El Rosario de Belén por permitirme realizar el presente estudio.

RESUMEN

El proyecto Patibal este se ubica en el extremo sur central del departamento de la Libertad, provincia de Santiago de chuco, distrito de Angasmarca, en la cordillera central de los andes del norte, al norte del rio santa en una altitud 2,900 m.s.n.m.

En el área de estudio afloran rocas volcano_sedimentarias. Entre las primeras se han mapeado varias formaciones que abarcan en edad desde Jurásico superior hasta el terciario.

Las estructuras del yacimiento comprenden fallas y pliegues. Las fallas conforman dos sistemas: Andino N 30° y transversal N 40°, con buzamientos subvertical (70° – 80°). Los pliegues conforman anticlinales y sinclinales volcados con direcciones N 130°.

Las alteraciones reconocidas en el yacimiento son silicificación, cloritización y argilización, que forma vetillas irregulares emplazadas en fallas andinas y transversales con un ensamble de arcilla, caolín, cuarzo y pirita, Óxidos e hidróxidos de hierro se encuentran rellenando las fracturas desarrolladas en las areniscas cuarzosas.

En el proyecto Patibal este se observa estructuras que van de vetas vetillas y venillas, con diseminaciones emplazadas en la roca caja que viene a hacer las areniscas y cuarcitas del Cretáceo inferior.

Metalogenéticamente pertenece a la franja de depósitos epitermales de alta sulfuración de Au-Ag, hospedados en rocas silicoclásticas del Cretáceo inferior y algunas de ellas relacionados a centros volcánicos.

Se ha realizado sondeos con máquinas de perforación diamantina, que alcanzan los 80 a 100 metros de profundidad (DDH-PM-0001-19, DDH-PM-0002-19, DDH-PM-0003-19, DDH-PM-0004-19), en la cual se ha cortado una estructura de potencia de 1.02 metros, con tramos de apertura y cierre en las inflexiones e intersección de vetas. Observándose un halo de enriquecimiento supergeno con la formación de “zona de óxidos” y “mixtos” con altos valores de Au y Ag, la cual se podría estimar los recursos inferidos de 500 TMH con una ley de Au de 0.25 Oz/TM y una ley en Ag de 1.125 Oz/TM.

La mineralización aurífera tanto en las partes altas como como en la zona de oxidación ha sufrido una reconcentración en tramos con alta ley dentro de una piritita fina y sílice gris, formando bolsonadas de este tipo de mineral con claros bordes de argilización que limita su concentración.

Considerando estas ocurrencias de vetas y los alos de enriquecimiento dentro de las areniscas cuarzosas, se ha estimado un potencial de proyecto en 30000 TM con una ley 0.30 Au/TM.

Palabras clave: Mineralización, recurso.

ABSTRACT

The Patibal East project is located in the extreme south central part of the department of La Libertad, province of Santiago de Chuco, district of Angasmarca, in the central mountain range of the northern Andes, north of the Santa river at an altitude of 2,900 meters above sea level.

Volcano-sedimentary rocks outcrop in the study area. Among the former, several formations have been mapped, ranging in age from Upper Jurassic to Tertiary.

The reservoir structures comprise faults and folds. The faults form two systems: Andean N 30° and transverse N 40°, with subvertical dips (70° - 80°). The folds form overturned anticlines and synclines with N 130° directions.

The alterations recognized in the deposit are silicification, chloritization and argillization, which form irregular veinlets located in Andean and transverse faults with an assemblage of clay, kaolin, quartz and pyrite. Iron oxides and hydroxides are found filling the fractures developed in the quartz sandstones.

In the eastern Patibal project, structures ranging from veins and veinlets are observed, with disseminations located in the box rock that comes to make the sandstones and quartzites of the Lower Cretaceous.

Metallogenically it belongs to the band of epithermal deposits of high sulfidation of Au-Ag, hosted in siliciclastic rocks of the Lower Cretaceous and some of them related to volcanic centers.

Drilling has been carried out with diamond drilling machines, reaching 80 to 100 meters depth (DDH-PM-0001-19, DDH-PM-0002-19, DDH-PM-0003-19, DDH-PM-0004-19), in which a power structure of 1.02 meters has been cut, with opening and closing sections in the inflections and intersection of veins. Observing a halo of supergene enrichment with the formation of "oxide zone" and "mixed" with high values of Au and Ag, which could be estimated inferred resources of 500 TMH with an Au grade of 0.25 Oz/TM and an Ag grade of 1.125 Oz/TM.

The auriferous mineralization both in the high parts and in the oxidation zone has suffered a reconcentration in sections with high grade within a fine pyrite and gray silica, forming pockets of this type of mineral with clear edges of argillization that limits its concentration.

Considering these vein occurrences and the enrichment also within the quartz sandstones, a project potential of 30,000 MT at a grade of 0.30 Au/TM has been estimated.

Keywords: Mineralization, resource.

INTRODUCCION

Relacionadas al vulcanismo cenozoico, con mineralizaciones en la parte norte del territorio peruano, en los últimos 20 años se realizó descubrimientos de diversos depósitos de Oro, las areniscas del Grupo Goyllarisquizga, específicamente en la formación Chimú.

El proyecto “Patibal Este” está dentro de un distrito tradicionalmente minero, corresponde a la franja metalogénica XXI de depósitos epitermales de oro, cercano a las minas: Lagunas Norte (14.5 Moz Au), La Arena (6 Moz Au), La Virgen (1Moz Au), COMARSA (Au, Ag), El Toro (Au-Cu) y así como proyectos de exploración: Tres Cruces (Ag-Au), Cushuro (Au-Ag), etc.

La empresa SMRL El Rosario de Belén, ha minado 4 tajos desde el año 2007 al 2013: Capilla, Gentiles, Patibal Este y Coluvial. Durante los recientes trabajos de exploración realizada por VI Mining, desde Setiembre del 2017, se han definido 2 blancos (“targets”) de exploración: Cerro Patibal y Cerro Yeso.

Por ello se requiere conocer el potencial de recursos del Proyecto Aurífero Patibal Este, que se debe definir y hacerlas sustentables el nivel de confianza de la información de sus recursos de exploración y su información económica. Con esa finalidad se decide realizar la evaluación geológica, geoeconómica y la evaluación económica preliminar del prospecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema	2
1.3.1. Problema principal	2
1.3.2. Problema específicos	3
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación	3

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	5
2.2. Bases teóricas – científicas	6
2.3. Definición de términos basicos	47
2.4. Formulacion de hipótesis	51
2.4.1. Hipótesis general	51
2.4.2. Hipótesis especifico	5 1
2.5. Identificación de variables	51
2.5.1. Variables independientes	51
2.5.2. Variables dependientes	51
2.5.3. Variables intervinientes	51
2.6. Definición operacional de variable e indicadores	52

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	53
3.2. Métodos de la investigación	53
3.3. Diseño de investigación	54
3.4. Población y muestra	54
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	55

3.7. Tratamiento estadístico	55
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	55
3.9. Orientación ética	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	57
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados de investigación	66
4.3. Prueba de hipótesis	67
4.4. Discusión de resultados	76

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- Matriz de Consistencia
- Instrumentos de Recolección de datos

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La investigación geológica se basa principalmente en determinar los recursos minerales existentes en una determinada área geográfica, siendo el primer paso de la actividad minera, es así que en los últimos tiempos diversas empresas de capitales nacionales y transnacionales se encuentran en búsqueda de diversas anomalías de minerales económicamente explotable en casi todo el territorio peruano.

En el Perú la minería es una de las actividades más importante que contribuye a la economía nacional, en ese sentido la búsqueda de nuevos yacimientos ha incrementado la demanda de realizar nuevas exploraciones geológicas.

1.2. Delimitación de la investigación.

1.2.1. Delimitación espacial:

El proyecto de investigación que realizo, está en localidad de Angasmarca Provincia de Santiago de Shuco perteneciente al Departamento de La Libertad en la SMRL El Rosario de Belén, en la cual se tiene un programa exploración del Proyecto Patibal Este, interviniendo personal de la localidad aledaña a la zona de estudio.

1.2.2. Delimitación temporal:

Se realizó la investigación desde abril del año 2019, culminando en setiembre del año 2019, se trabajó de acuerdo al diagrama de Gantt que nos proporcionó la compañía minera, teniendo un cronograma de 06 meses para culminar la investigación.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema principal.

¿Cuál será la evaluación geológica preliminar en el potencial económico del Proyecto Patibal Este, Región La Libertad?

1.3.2. Problema específico.

¿Cuál es la característica Geológica del proyecto Patibal Este - Región de la Libertad?

¿Cómo será el comportamiento geológico-geo-económico del Proyecto Patibal Este – Región la Libertad?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la evaluación geológica preliminar en el potencial económico del proyecto Patibal este, región La Libertad.

1.4.2. Objetivos específicos

Identificar e interpretar los procesos geológicos ocurridos en el Proyecto Patibal Este.

Definir el comportamiento geológico-geo-económico del Proyecto Patibal Este – región la Libertad.

1.5. Justificación del problema

La investigación se justifica porque los trabajos en exploraciones geológicas permitirán reconocer con mayor precisión el comportamiento de los depósitos auríferos en profundidad y una mejor estimación del potencial económico; así mismo servirá como un aporte a las ciencias geológicas.

1.6. Limitaciones de la investigación

El problema presupuestal de los inversionistas ante el riesgo y las especulaciones del crecimiento económico del país esto impulsado por la política de turno, así

como los problemas sociales que en los últimos años son una barrera y en ocasiones influyen a que los inversionistas son ahuyentados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En la tesis Evaluación geológica y estimación de recursos mineros del proyecto Patibal Santiago de Chuco - La Libertad de Pérez Ortiz, David, enfoca la forma como se realiza la cuantificación estadística de los recursos minerales

Además, el área de Geología Regional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, realiza diferentes proyectos de investigaciones en todo el territorio peruano, utilizando diferentes métodos.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Reservas y recursos.

Las “reservas” de una empresa son datos dinámicos, que se reducen en el tiempo a medida que el mineral va siendo extraído de la mina, o porque disminuye la viabilidad económica de la extracción. Por ejemplo, bajan los precios de un metal y la ley de corte (mínima ley explotable) hay que modificarla al alza para adaptarse a la nueva realidad económica. Al hacer esto, consecuentemente disminuirán las toneladas susceptibles de ser extraídas económicamente. Alternativamente, y como suele ser frecuente, las reservas pueden continuar aumentando a medida que yacimientos adicionales son añadidos al stock de metales de la empresa o porque una nueva tecnología permite explotar zonas antes consideradas solo marginalmente de interés (USGS, 2011).

Por su parte “recurso” (resource) es un concepto más amplio que implica cualquier concentración natural de un sólido, líquido, o gas en la corteza terrestre, y cuya extracción es actual o potencialmente factible.

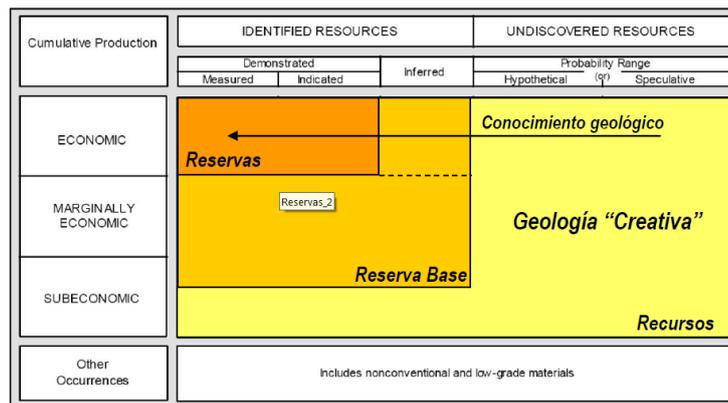


Fig.1 Clasificación de reservas y recursos según el (USGS, 2011), figura ligeramente modificada para poder acomodar la reserva base. Se ha dibujado una línea de segmento

en el cuadro superior para acomodar el hecho de que en alguna clasificación los recursos inferidos (posibles) pueden también ser considerados como reservas.

2.2.2. Criterios de cubicación.

Un recurso mineral es una concentración de material potencialmente valioso que ocurre naturalmente en la tierra y que potencialmente puede extraerse para obtener ganancias económicas. Si vale la pena extraerlo ahora o más tarde puede depender de la cantidad, forma, ubicación y calidad del material, un concepto llamado confianza geológica. Los expertos utilizan el muestreo geológico y los métodos de prueba para clasificar un recurso mineral en tres categorías diferentes según la confianza geológica. Cuando la cantidad y la calidad del mineral pueden estimarse con solo un bajo nivel de confianza basado en un muestreo limitado, se llama un recurso mineral "inferido". Es probable que este recurso no se extraiga en este momento, pero se puede extraer un día en el futuro, ya sea porque se han explotado todas las demás reservas o porque las mejoras en la tecnología hacen que sea más fácil extraer minerales menos concentrados. El muestreo adicional puede permitir estimar la cantidad, calidad, densidad, forma y características físicas del mineral con un nivel razonable de confianza, y se clasifica como un recurso mineral "indicado". Si el muestreo adicional y la exploración confiable y detallada permiten estimar con precisión la cantidad, calidad,

densidad, forma y características físicas del mineral con un alto nivel de confianza, se clasifica como un recurso mineral "medido".

Una reserva de mineral es la parte del recurso mineral que puede ser económicamente rentable para la mina (es decir, hay suficiente metal valioso para que valga la pena extraerlo y extraerlo de toda la roca circundante). Después de que un depósito ha sido identificado como un recurso mineral inferido, indicado o medido, luego se etiqueta como una reserva de mineral "probable" o "probada". Esta clasificación se basa en lo que se sabe sobre el recurso mineral a través del muestreo, combinado con la consideración de "factores modificadores", como los factores mineros, metalúrgicos, económicos, ambientales, de comercialización, legales, políticos y sociales. Con cierta información disponible sobre la concentración del mineral (es decir, el recurso mineral indicado) y cierta incertidumbre en los factores modificadores, el depósito puede etiquetarse como una reserva de mineral probable. Una mina desarrollada a partir de una probable reserva de mineral tiene una posibilidad de éxito, pero aún es financieramente riesgosa. Un recurso mineral medido también puede etiquetarse como solo una posible reserva de mineral, si existe incertidumbre en la consideración de los factores modificadores; Si se pueden eliminar estas incertidumbres, se puede etiquetar como reserva de mineral comprobada. Cuando la concentración de mineral se ha medido con precisión y confianza para que sea alta (es decir, el recurso mineral medido), y hay una incertidumbre limitada sobre los factores

modificadores, se clasifica como una reserva de mineral comprobada. Esta es la categoría de mayor confianza de estimación de reservas, lo que implica una alta confianza geológica, técnica y económica de que se puede extraer.

Los bloques de mineral que son considerado como reservas, se clasifican atendiendo a su certeza como Probado y Probables y por su valor económico.

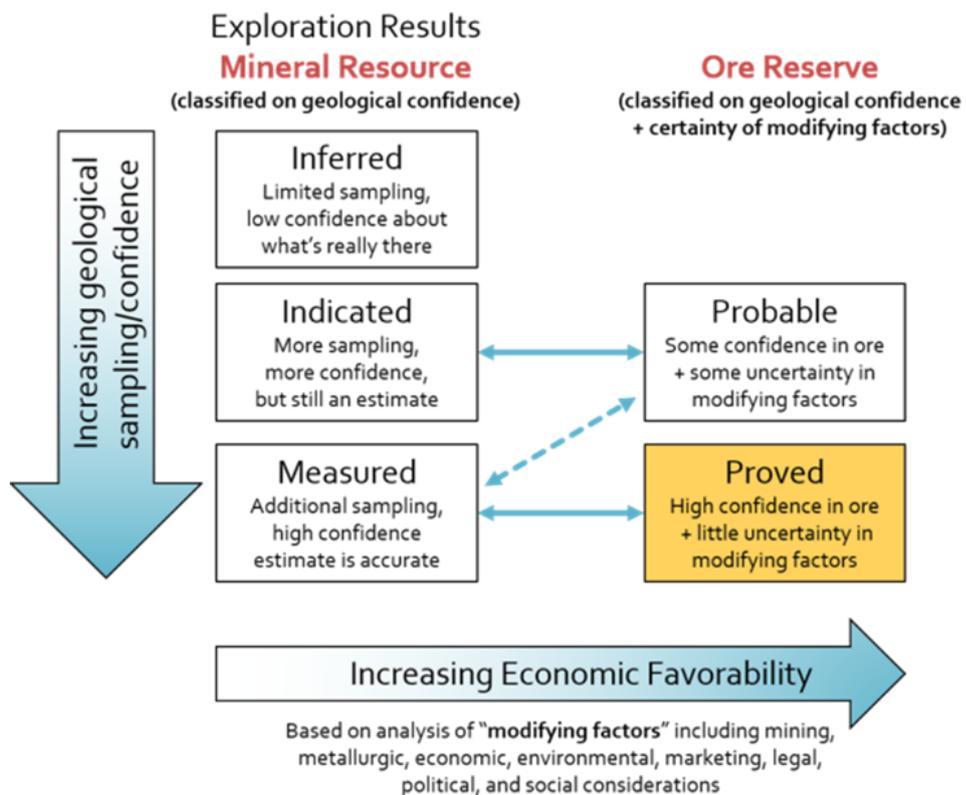


Fig. 2 El gráfico adjunto está relacionado a la categorización de los recursos y reservas minerales de acuerdo a lo señalado por el Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves.

2.2.3. Reglas para cubicación de mineral

Para bloquear mineral, se considera primero, los contenidos metálicos que ofrece cada veta, estos ensayos se agrupan en tramos que, en promedio, ofrecen leyes económicas.

La altura de los bloques está relacionada a la longitud lo cual se considera desde la labor muestreada longitudinalmente para la cubicación es la 1/5 parte.

Longitud > 100 m ò Longitud = 100	entonces Altura = 20m
Longitud > 50 m	entonces Altura = 15m
Longitud < 50 m ò Longitud = 50	entonces Altura = 10m

Tabla N°1 longitud y altura para cubicación de mineral.

2.2.4. Factores de cubicación

Ley:

Esta información que proviene de laboratorio, se procesa en geología y se le adiciona más identificadores como:

Fecha, Zona, Nivel, Labor, A la, Estructura, Referencia, Distancia, Lado, Nro Muestra, A Muestra, Ag gr, %Cu, % Pb, %Zn.

De una tabla que esta con estos valores, (las cartillas de muestreo) se extraen los datos para elaborar el cálculo de ancho de bloque, ley de bloque, etc.

Altos erráticos:

Las leyes clasificadas geológicamente, presentan valores erráticos (muy altos) comparados con toda la población de muestras que intervienen para evaluar una labor específica o un bloque de inventario. Entonces, Alto Errático es el valor del producto del ancho por la ley de cada canal, que supera al valor promedio del ancho por la ley de todos los canales en más de 1.5 veces.

Ancho de veta, bloque, dilución:

El ancho de veta, de un lado del bloque viene a ser el promedio aritmético de los mismos anchos, se calcula sumando todos los anchos de los canales y dividiéndolas por el número de canales.

2.2.5. Calculo de tonelaje

Para calcular el volumen de un bloque, Se determina primeramente el área expresado en m^2 , multiplicándose luego por la potencia de la veta, y por el factor de buzamiento en caso de mineral y lo correspondiente en caso de desmonte, tomando en consideración el ancho mínimo explotable (ancho de veta más 0.30m) se obtiene así un producto expresado en m^3 .

Para convertir metros cúbicos a tonelaje, se le multiplica por el peso específico determinado, igual 3.3 para el caso de mineral, y 2.6 para el caso de tener desmonte, los cuales finalmente se multiplican, este cálculo también normalmente se saca también en el lugar de trabajo para poder

determinar el tonelaje aproximado de la carga que se está extrayendo (carga rota).

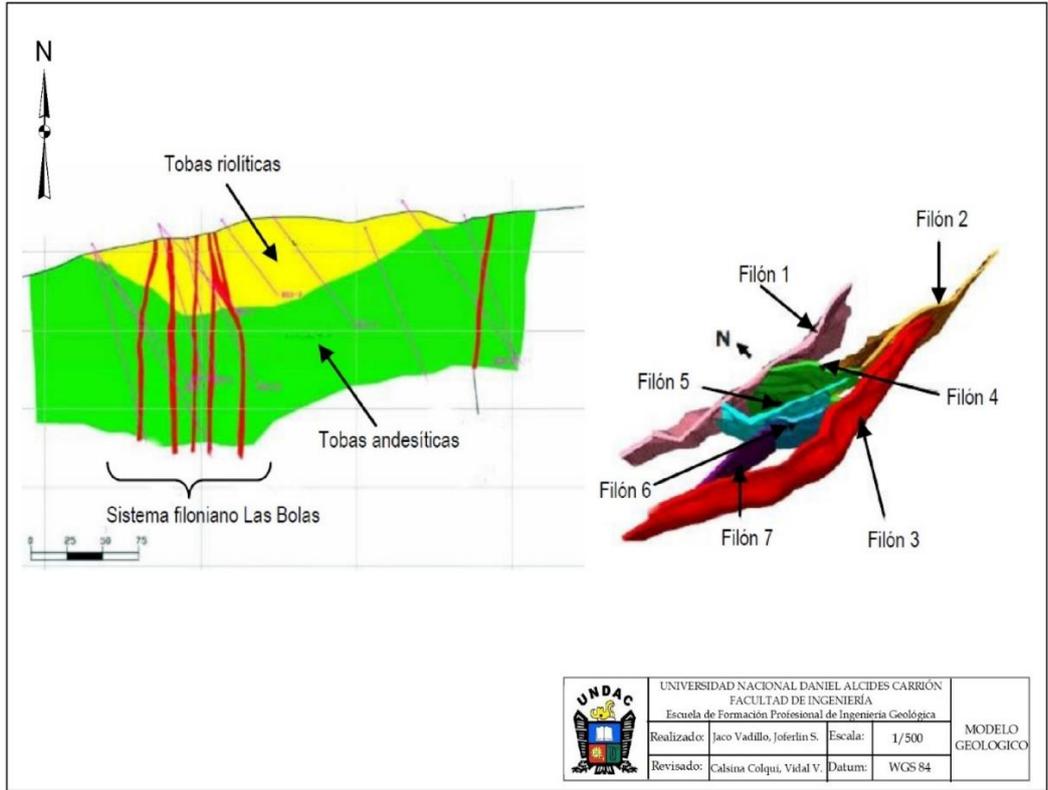
2.2.6. Guías geológicas de exploración

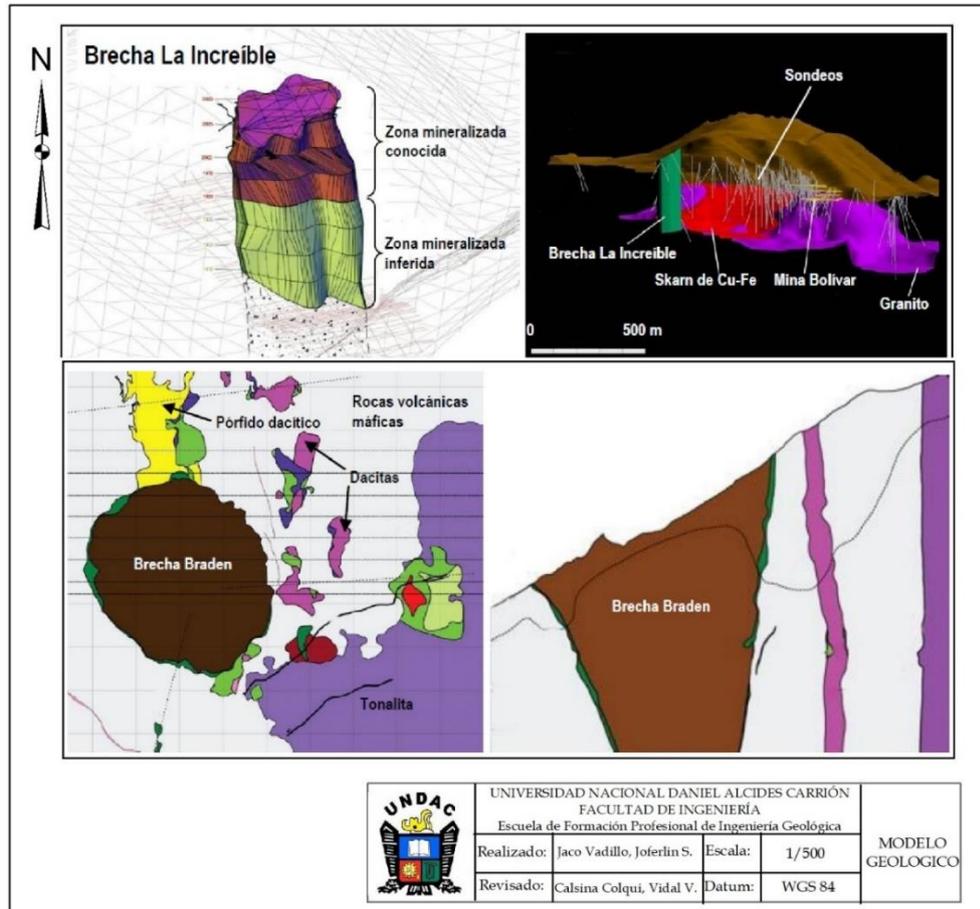
2.2.6.1. Guías Morfológicas

Las guías morfológicas se relacionan con la forma, esto es, con la geometría de los cuerpos mineralizados que se buscan. Antes de buscar un determinado tipo de yacimiento primero deberíamos saber qué forma tiene, como punto de partida.

Los cuerpos mineralizados se pueden dividir en dos categorías: “discordantes” y “concordantes”. Los cuerpos discordantes pueden a su vez ser divididos en:

- Regulares
- Irregulares





2.2.6.2. Guías litológicas

Los yacimientos minerales se asocian a determinados tipos litológicos y series magmáticos. Por ejemplo, es bien conocida la asociación entre pórfidos cupríferos y rocas de composición tonalíticas de la serie calcoalcalina, o la de algunos yacimientos de plomo-zinc con las rocas carbonatadas. Otra clásica asociación es la de las rocas ultramáficas, como las peridotitas, con yacimientos de cromo y platinoídes. En otras palabras, el marco litológico y petrológico predetermina los tipos de yacimientos esperables en una región.

2.2.6.3. Guías Estructurales: fallas y yacimientos minerales

La mayor parte de los yacimientos minerales, la geología estructural juega un valor muy importante a la hora de identificar yacimientos, en la literatura existen numerosos casos como ejemplo ilustre del descubrimiento del yacimiento tipo pórfido cuprífero de Kalamazoo en la década de los años 1960's, en la cual participó de manera decisiva el geólogo americano J. D. Lowell (Oyarzun & Doblas, 2007). Dicho descubrimiento está rodeado de varios aspectos notables entre los que habría que destacar, sobre todo, el estudio "integral" del problema.

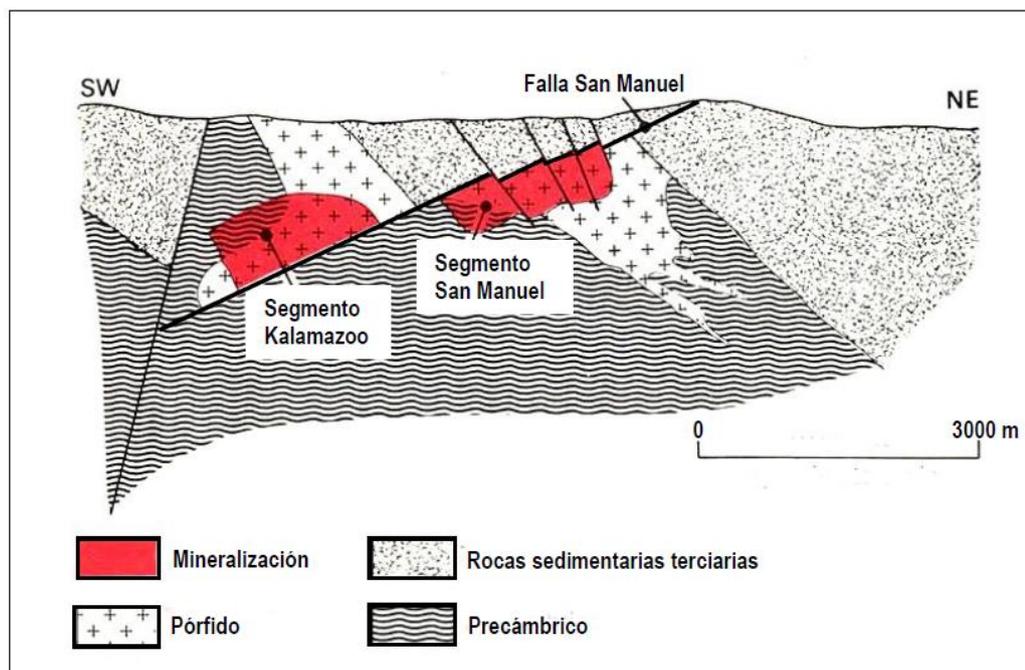


Fig. 3 Esquema estructural de la segmentación por falla del pórfido San Manuel – Kalamazoo, según fue resuelta la estructura por (Lowell, 1968).

Por su parte, el poder determinar el sentido de movimiento en una zona de fallas (caso más común general ya que las fallas rara vez ocurren como entidades aisladas) tiene importantes implicaciones para la exploración.

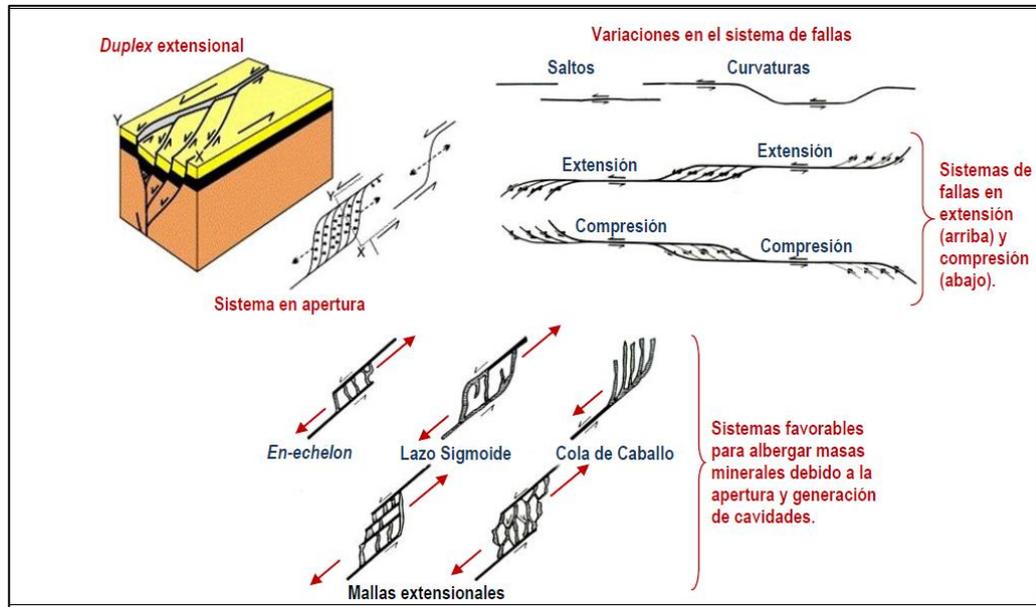


Fig. 4 Vistas isométricas y en planta de sistema de fallas en apertura y cierre. Importante, las zonas en apertura, por una dinámica extensional en el sistema de fallas, serán las más favorables para albergar cuerpos mineralizados (Sibson, 1990; Davis & Reynolds, 1996).

2.2.6.4. Guías mineralógicas

Las guías mineralógicas de exploración son de dos tipos principales, las relacionadas con los procesos de alteración hidrotermal, y las derivadas de la formación de gossans. La mineralogía de alteración (hidrotermal o supergénica) es una de las herramientas más útiles de exploración. Los yacimientos hidrotermales presentan una aureola de alteración. Que suele disponerse simétricamente en torno al cuerpo mineralizado.

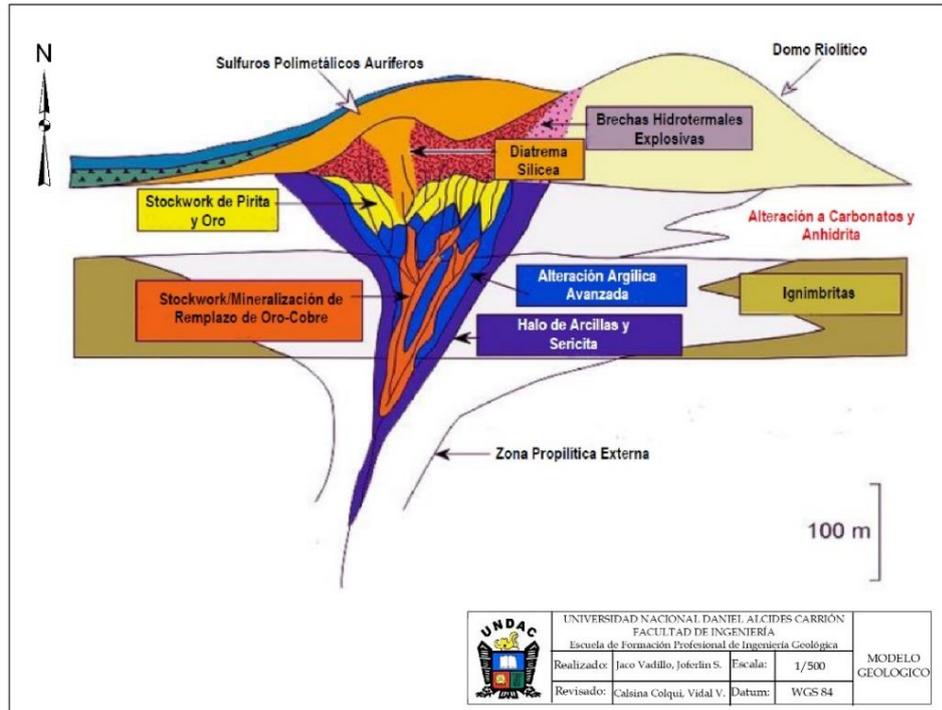


Fig. 5 Diagrama esquemático de las zonas de mineralización y alteración hidrotermal de un yacimiento, (Dubé, 2009).

2.2.7. Exploración

La Exploración será aquella etapa en la que se realice un dimensionamiento del depósito mineral de modo que se definan tanto la forma y contenido de mineral como el valor de dicho depósito, entendiendo como “valor” a la cantidad de mineral que se puede extraer de manera rentable. El consecuente valor monetario siempre estará definido por el precio de cotización del mineral en el momento de su puesta en el Mercado (Castilla & Herrera, 2012).

Para llegar al conocimiento de las características del depósito mineral habrá que emplear herramientas y métodos de cubicación de yacimientos y cálculo de leyes a partir de una serie discreta de muestras, por medio de análisis geo-estadísticos (Castilla & Herrera, 2012).

Todo esto implica un alto riesgo económico, ya que los gastos de exploración son elevados y sólo se recuperan en caso de pasar a la etapa de la explotación minera. Este proceso de exploración involucra la participación de geólogos exploradores, de inversionistas, autoridades del estado y la comunidad en general (Castilla & Herrera, 2012).

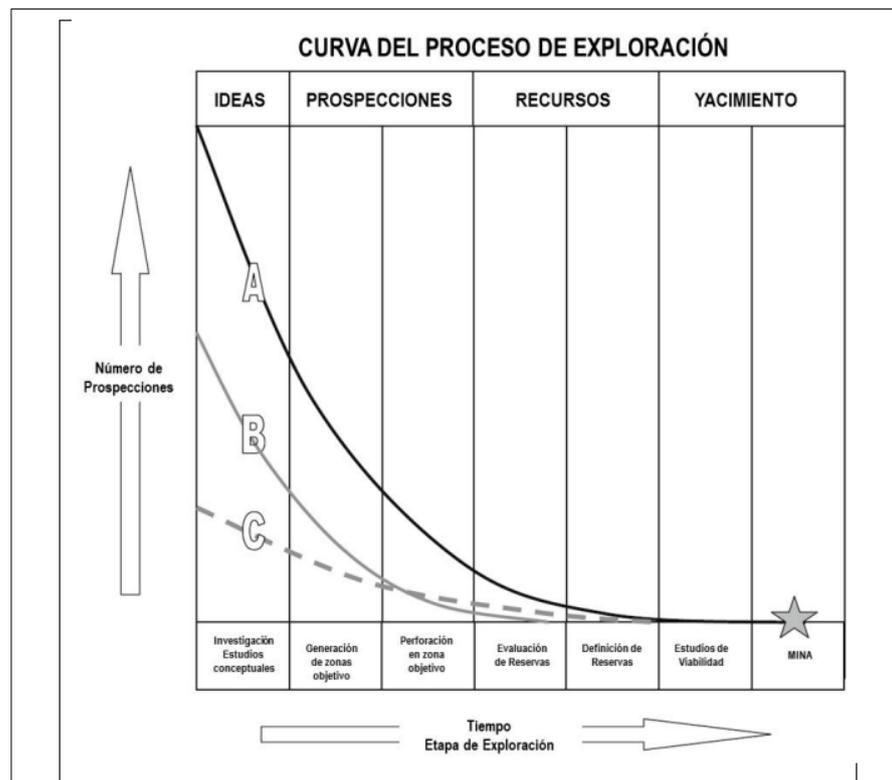


Fig. 6 Curva del proceso de exploración (R.Marjoribanks, 2010)

Inicio de la exploración minera

Una de las decisiones más difíciles en el proceso de exploración es decidir cuándo empezar la campaña de exploración e, incluso más difícil es decidir cuándo parar.

Es decir, cuándo saber que se tiene información suficiente para definir el cuerpo mineralizado con la precisión necesaria. La presión de empezar la campaña de exploración será mayor cuando, durante el proceso de exploración, ya se ha identificado una mineralización en superficie. En este punto rápidamente se querrá elaborar un programa para definir el depósito mineral en profundidad. Sin embargo, no se deberá comenzar la campaña hasta que no se tenga una idea general de la geología en superficie para predecir cómo puede ser la configuración del depósito para optimizar el programa de perforación (Castilla & Herrera, 2012).

El ingeniero encargado de la campaña de exploración se enfrentará a numerosos problemas, tanto logísticos como geológicos. Se deberá tomar la decisión de qué tipo de perforación es la idónea, el espaciamiento entre sondeos, el ritmo de perforación y la empresa de perforación a contratar.

En las primeras fases de la exploración los trabajos de perforación se dirigen a obtener una idea de la extensión y forma del cuerpo mineralizado por medio de sondeos a rotación y en fases posteriores se definen la ubicación y el número de sondeos con recuperación de testigo. Esto es debido a que el coste de los sondeos a rotación es menor que con recuperación de testigo (Castilla & Herrera, 2012).

El tamaño de la malla de perforación dependerá del objetivo de la campaña y del tamaño de la anomalía encontrada. Esto depende de la información disponible hasta ese momento, y puede no ser precisa. La campaña de sondeos puede cambiar las consideraciones previas en cuanto a la geología del depósito mineral.

En relación al ángulo de perforación, los sondeos verticales son los más fáciles de realizar y los más baratos, y se usan habitualmente para mineralizaciones superficiales o para depósitos diseminados. Sin embargo, los sondeos inclinados habitualmente se eligen para mineralizaciones profundas. En todo caso, el objetivo de toda campaña de perforación deberá ser el interceptar perpendicularmente la mineralización, con el sondeo inicial, inmediatamente debajo de la zona más meteorizada.

Los sondeos de exploración tienen por objeto fundamental determinar la presencia o ausencia de zonas mineralizadas y obtener una idea preliminar de qué ley y tamaño tienen dichas zonas, para llegar a una estimación de la estimación de las reservas minerales existentes. La malla inicial de perforación dependerá de los accesos debidos a la orografía inicial, el cual será muy limitado en zonas de montaña (Moon, 2006).

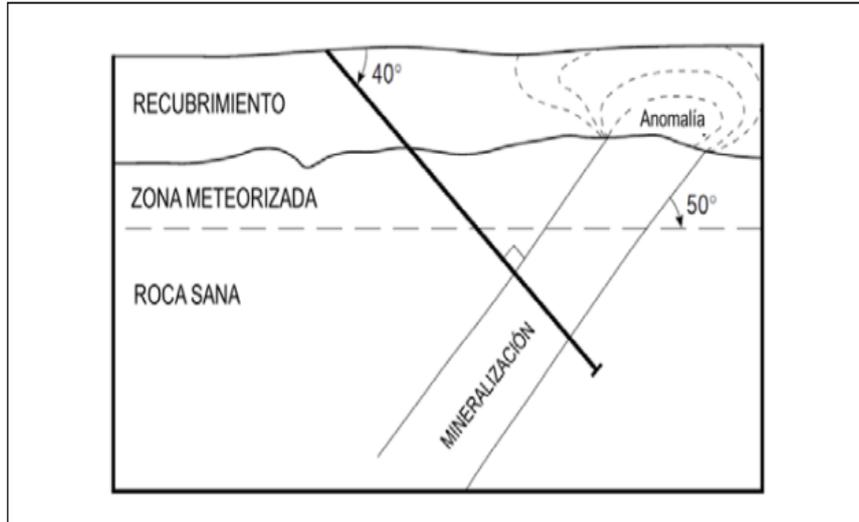


Fig. 7 Situación ideal de los sondajes, en relación con la mineralización (Moon, 2006).

Término de la exploración

La última fase del proceso de exploración será la recopilación de todos los datos adquiridos. Con estos datos será necesario el estudio de todos ellos para lograr una interpretación lo más cercana a la realidad posible, realizando un modelo geológico tridimensional que recoja los valores de concentración mineral y su distribución en el macizo rocoso.

El principal problema que surge a veces en el proceso de exploración es la dificultad de pasar de un conjunto de datos discreto, que, aunque puede ser muy numeroso, no son datos continuos que nos permitan definir el cuerpo mineral automáticamente, siendo necesaria una interpretación de los mismos.

Dentro de esta interpretación, uno de los datos clave a obtener es la determinación de las reservas minerales, para lo cual se pueden emplear técnicas clásicas de

cubicación (secciones, triangulación o polígonos), o bien uso de modelos de bloques, en los que resultan necesarias técnicas geoestadística para su correcta interpretación (Castilla & Herrera, 2012).

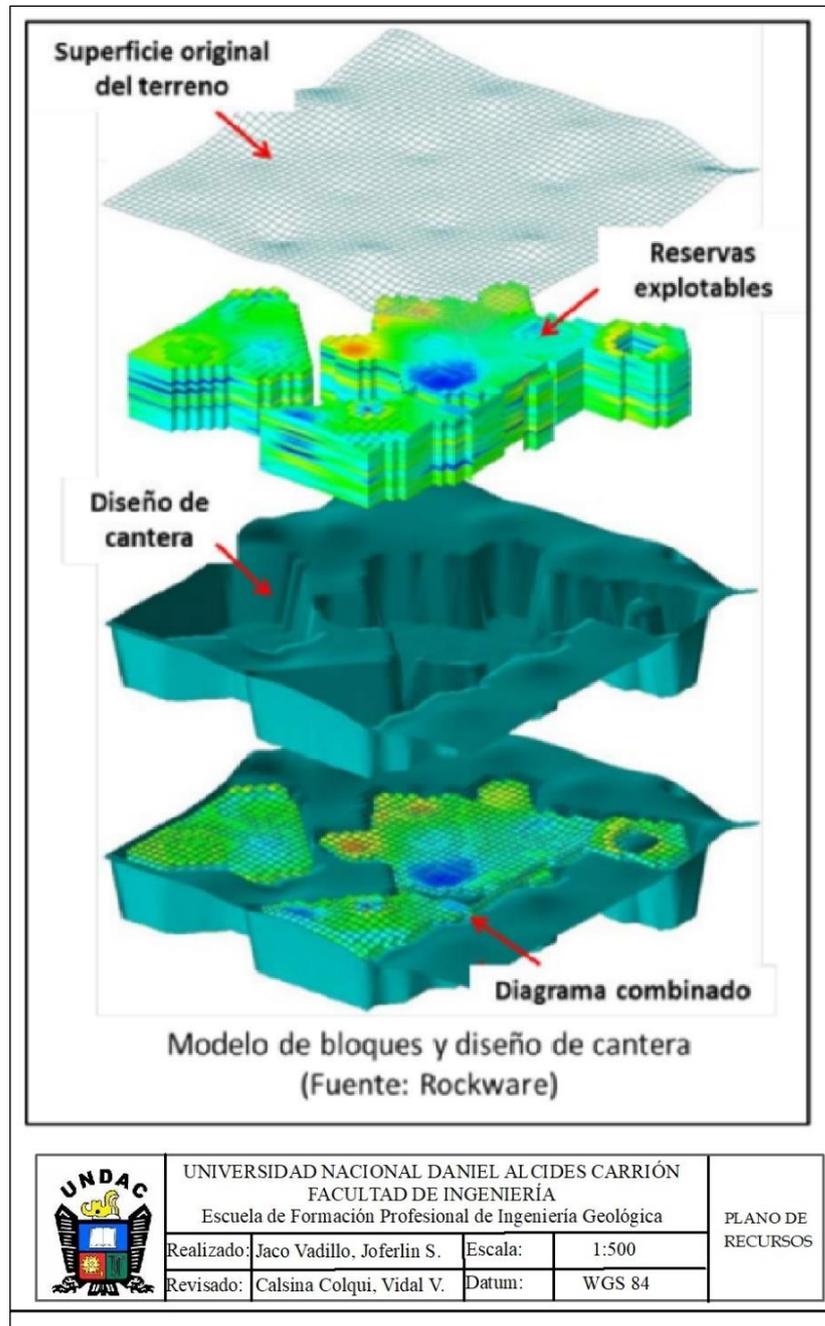


Fig. 8 Modelo de bloques (Rockware, 2019)

Yacimientos o depósitos epitermales

El ambiente epitermal, tal como indica la propia etimología de este término, se halla a escasa profundidad en referencia a la superficie terrestre y, en concreto, define la parte superior de los sistemas hidrotermales naturales (Lindgren, 1922).

1.- Factores de control de emplazamiento

Según (White & Hedenquist, 1990), los principales factores que influyen las condiciones físicas del ambiente epitermal y que, en último término, determinan el carácter y la localización de la mineralización, son los siguientes:

a. La **geología regional** de la zona en la que se halla el depósito en cuestión, como su estructura, la estratigrafía, las intrusiones a las que se asocia la mineralización y la naturaleza de dichas rocas ígneas, factores que controlan directamente el tipo y el grado de permeabilidad, así como la reactividad de la roca o rocas encajonante.

b. Las **características hidrológicas** de la zona, es decir, la relación existente entre la permeabilidad y la topografía que controla el movimiento de los fluidos, y las características de los fenómenos de recarga/descarga de fluidos, así como el acceso de aguas calentadas por vapor.

c. Las **condiciones de presión y temperatura** de los fluidos mineralizantes que, en lo que es el ambiente epitermal, se hallan estrechamente ligadas al punto de ebullición, determinado a su vez por la composición de los fluidos.

d. Las **características químicas** y el contenido total en gas de los fluidos mineralizantes, que son los factores determinantes en su reactividad, en su capacidad para el transporte de metales y en la paragénesis mineral, tanto por lo que respecta a la alteración del encajonante como para la mineralización en sí.

2.- Tipologías de los depósitos epitermales

Las importantes diferencias en las características químicas de los fluidos mineralizantes, responsables de deposición mineral dentro del ambiente epitermal, son el criterio en base al cual se establecen los dos tipos principales de depósitos epitermales. En efecto, existen dos estilos contrastados de sistemas hidrotermales ubicados en el ambiente epitermal, según (e. g. Henley y Ellis, 1983; Reyes, 1990, 1991). En cuanto a la geoquímica de fluidos de estos dos estilos de sistemas, en un extremo se encuentra un conjunto de fluidos profundos reducidos y con pH cercanos a la neutralidad. Estos fluidos están esencialmente en equilibrio con las rocas encajonantes alteradas, debido a su ascenso relativamente lento, lo que resulta en un sistema dominado por dichas rocas (Giggenbach, 1992). Los sistemas geotérmicos de este tipo se sitúan típicamente a una cierta distancia de los edificios volcánicos con los que pueden estar genéticamente asociados, aunque estos sistemas pueden encontrarse igualmente en zonas sin actividad volcánica contemporánea o alguna. En la mayoría de los casos, estos sistemas son activados por intrusiones situadas hasta 5 ó 6 km bajo la superficie. En el extremo opuesto, se encuentran sistemas volcánico-hidrotermales en situación proximal a aberturas volcánicas por las que se canaliza

la descarga de vapores a la superficie. La principal expresión en superficie de estos sistemas son fumarolas de alta temperatura, y sus condensados constituidos por aguas extremadamente ácidas. Estos fluidos, de carácter eminentemente ácido y oxidado, se encuentran notoriamente en desequilibrio con las rocas encajonantes, poniendo de manifiesto el carácter magmático de los mismos (Giggenbach, 1992). El fuerte control estructural que existe sobre la canalización de estos fluidos es un factor determinante en su naturaleza altamente reactiva, y en el hecho que estos sistemas estén dominados por los fluidos (Giggenbach, 1992). Las intrusiones generadoras de estos sistemas pueden ser muy próximas a la superficie e, inclusive, llegar a ser eruptivas. Estos dos tipos de sistemas poseen características muy distintivas entre ellos, aunque ambos pueden coexistir uno al lado del otro (Hedenquist y Lowenstern, 1994; Hedenquist et al., 2000). En algunos casos, se puede identificar una transición entre ambos ambientes geoquímicos, a sólo 1 o 2 km de profundidad, en la que los fluidos hipogénicos ácidos ascienden hasta sistemas de pH neutro (Reyes et al., 1993). Esta transición está típicamente representada por una zona de hidrólisis (Meyer y Hemley, 1967), denominada “neutralización primaria” (Giggenbach, 1981), ubicada debajo del ambiente epitermal.

3.- Elementos de descripción de los depósitos epitermales

1. Contexto geológico. - Se pueden considerar cuatro contextos fundamentales para depósitos epitermales en general, basados en la caracterización de sistemas hidrotermales activos (Bogie & Lawless, 1987; White et al., 1995), siempre dentro de un contexto geotectónico de subducción. Estos contextos son los siguientes:

1.1 Sistemas hidrotermales en depresiones estructurales asociadas a vulcanismo ácido. Se emplazan en zonas con relieve bajo y poco variable (0-300 m). Las rocas volcánicas asociadas son lavas ácidas con depósitos piroclásticos y sedimentarios adyacentes; por lo común, en zonas con grandes calderas. Las aguas termales tienen pH neutro, forman cráteres de explosión hidrotermal, y la separación de fases se produce en flujo vertical. Este contexto carece de depósitos de AS, y la deposición en ambiente de BS se produce en stockwork, vetas y brechas, dándose estos dos últimos especialmente en profundidad. Los factores de localización son litologías permeables, fallas, fracturas y márgenes de caldera (Bogie & Lawless, 1987).

1.2. Sistemas hidrotermales en estratovolcanes andesíticos. Se emplazan en zonas con relieve alto y variable (500-2000 m). Las rocas volcánicas asociadas son coladas andesíticas y brechas interestratificadas, normalmente con pendientes de deposición pronunciadas; comúnmente, en zonas con pequeñas calderas. Se produce a partir de fumarola, o fuentes termales ácidas en los flancos y neutras a mayor distancia. El flujo se produce vertical y lateralmente, con una alteración

asociada muy extensa debida a los gases separados. En este contexto se hallan fundamentalmente depósitos metalíferos en pórfidos y epitermales de AS. Los depósitos de SI y BS se encuentran en vetas con un fuerte control estructural en litologías competentes (Bogie & Lawless, 1987).

1.3. Sistemas hidrotermales asociados a vulcanismo en contexto de Cordillera. Se emplazan en zonas con relieve alto y variable (500-3000 m). Las rocas volcánicas asociadas constituyen centros andesíticos y domos dacíticos sobre un basamento deformado; no suele haber calderas. La separación de fases se produce en flujo vertical, con escasa alteración debida a los gases separados. En este contexto se hallan depósitos metalíferos en pórfidos y epitermales de AS. La deposición de SI y BS se produce en stockwork, vetas y brechas, estos dos últimos especialmente en profundidad (Berger & Henley, 1989).

1.4. Sistemas hidrotermales en islas con vulcanismo de tipo oceánico. Se emplazan en zonas con relieve moderado y poco variable (200-500 m). Las rocas volcánicas asociadas son lavas basálticas y andesíticas; comúnmente con pequeñas calderas. Puede haber fuentes termales con sínteres en las calderas, y cráteres de explosión hidrotermal. La separación de fases se produce en flujo vertical, con escasa alteración debida a los gases separados. En este contexto se encuentran mayoritariamente depósitos de BS, aunque se han reconocido depósitos de AS asociados a depósitos metalíferos en pórfidos. La deposición se produce en zonas subsuperficiales de alta permeabilidad, fallas, fracturas y márgenes de caldera (Albinson et al., 2001).

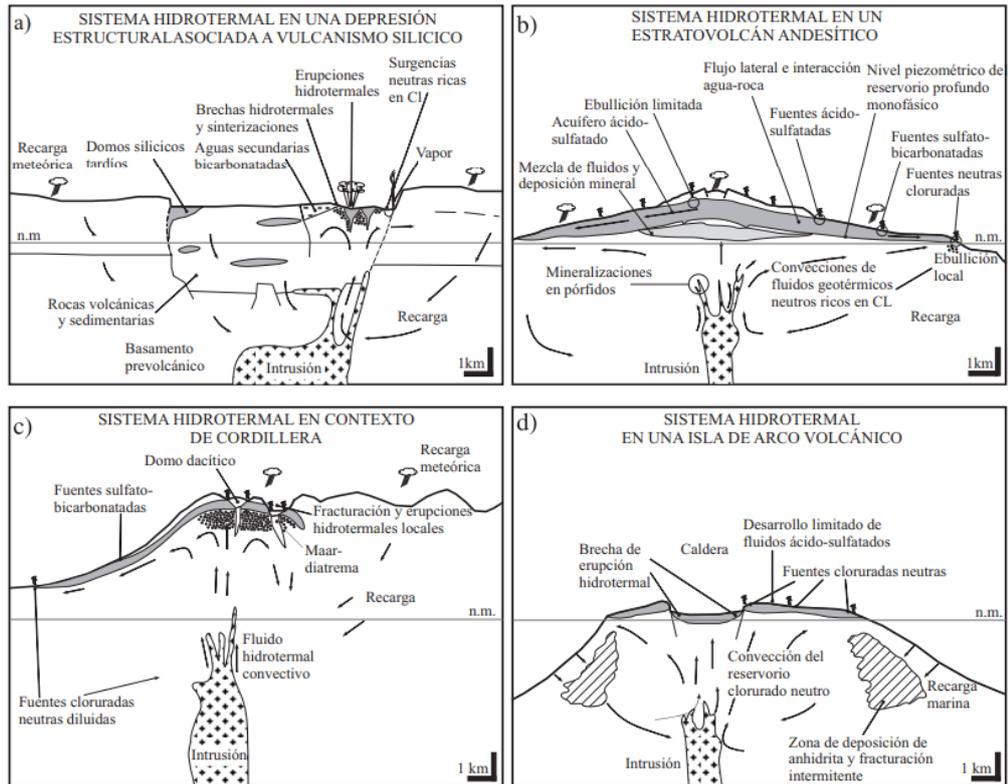


Figura 10. Esquemas de los diferentes contextos geológicos en que se producen depósitos epitermales, tanto ácidos (alta sulfuración) y alcalinos (baja e intermedia sulfuración). Simplificado de Bogie & Lawless, 1987, y de White et al., 1995).

4.- Estilo o forma de mineralización

Posiblemente, esta es la forma más directa de clasificar a los depósitos epitermales. Ésta es una clasificación que nada dice sobre rocas encajonantes, texturas o génesis del depósito, pero, al ser el resultado de la permeabilidad del encajonante durante la mineralización, dice mucho sobre sus condiciones de emplazamiento. Aunque muy pocos depósitos presentan un sólo estilo, bien pueden ponerse como ejemplo algunos depósitos en los que predomina un estilo

en concreto. De esta forma, las mineralizaciones pueden diferenciarse según tres tipos de control (Sillitoe, 1993):

1. **Control estructural:** vetas masivas o bien individualizadas, enjambres de vetas, en stockwork y vetas de bajo ángulo asociadas a fallas anulares (e. g. Indio, Chile).

2. **Control hidrotermal:** brechas hidrotermales, cuerpos de sílice residual.

3. **control litológico:** disseminaciones bajo acuitados en ignimbritas o rocas sedimentarias clásticas, reemplazamientos ligados a contrastes de permeabilidad o de reactividad en el caso de rocas huésped calcáreas y disseminaciones en brechas de diatrema (e. g. Montana Tunnels, E.U.A.).

4.- Modelo de deposición: Este tipo de clasificación conecta con el anterior, en el sentido que tiene en cuenta la profundidad de formación. El segundo factor decisivo es el mecanismo a partir del cual se produjo la precipitación mineral, más en concreto, la existencia o no de ebullición. Así, se pueden definir tres tipos de depósitos epitermales de BS diferentes:

4.1. depósitos de “ebullición profunda” (o deep vein type), que son los más comunes dentro de los epitermales (Albinson et al., 2001). Suelen ser cuerpos minerales ciegos, es decir, que no afloran en superficie, relacionados con fluidos hidrotermales que inician la ebullición a $\geq 300^{\circ}\text{C}$ a profundidades de ≥ 1000 m bajo la paleosuperficie, y se dispersan lateralmente en el sistema hidrológico;

4.2. depósitos de “ebullición somera” (o hot spring type). Se presentan a unos 300 - 400 m bajo la paleosuperficie, relacionados al “retraso” de la ebullición de los fluidos ascendentes en el sistema hidrotermal (Saunders, 1996).

4.3. depósitos “profundos sin ebullición”. Éstos se caracterizan por hallarse dispuestos en zonas verticalmente extensas, relacionados con fluidos sobrepresionados, sin experimentar ebullición, que ascienden principalmente como líquidos (Albinson, 1988).

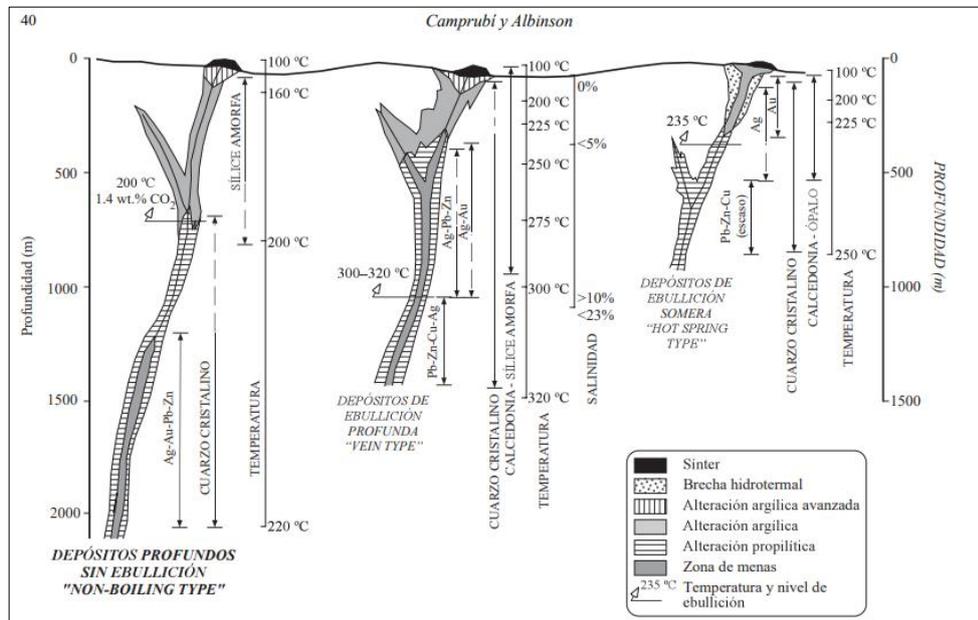


Fig. 11 Tipos de depósitos epitermales alcalinos/neutros (baja e intermedia sulfuración), según su profundidad de formación relacionado al inicio del proceso de ebullición de fluidos sodico-clorurados ascendentes (Albinson, et al., 2001).

5.- Profundidad de formación: Esta clasificación permite explicar la variabilidad en las características específicas de los depósitos, según su formación es “somera” (hasta unos 1000 m de profundidad) o “profunda” (hasta más de 2000

m de profundidad), coincidiendo con las dos zonas de mayor abundancia real de depósitos encajonados en estratovolcanes andesíticos y en contexto de Cordillera, respectivamente.

Dentro de los epitermales de BS y SI “someros” o encajonados en un contexto de vulcanismo de Cordillera, pueden distinguirse características geoquímicas diferenciadas entre los depósitos ricos en plata y metales básicos, y los depósitos más ricos en oro. Los fluidos asociados a los primeros suelen presentar salinidades más altas y contenidos más bajos en H₂S que los segundos, en los que fue definido el término epitermal, con salinidades asociadas más bajas y más ricos en gases (Heald et al., 1987; Hedenquist y Lowenstern, 1994).

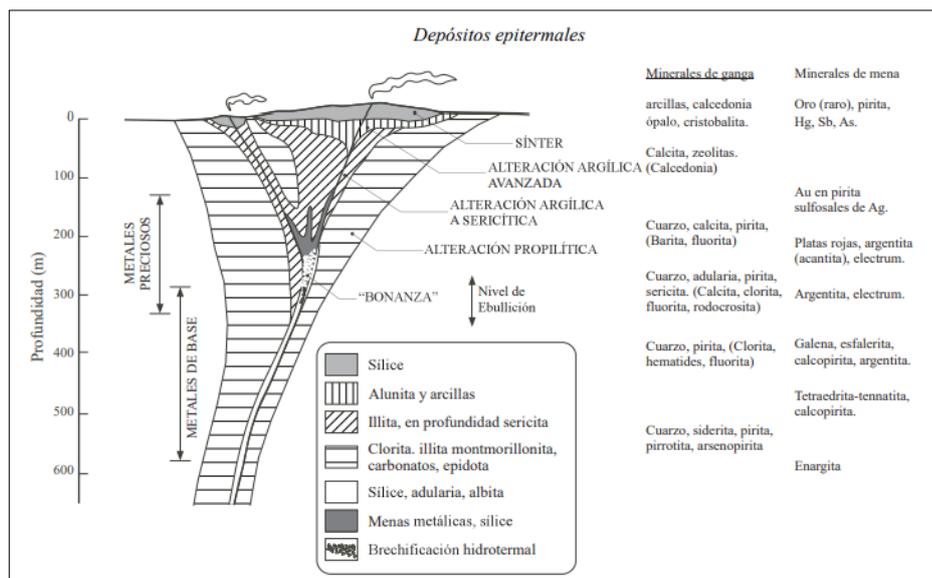


Figura 12. Esquema estructural general de los depósitos epitermales alcalinos (baja e intermedia sulfuración), indicando la mineralogía de ganga, la generalización de los patrones de alteración típicos, y la variación en la mineralogía de mena típica en profundidad (Buchanan, 1981).

Características de los depósitos epitermales ácidos (alta sulfuración) y alcalinos (baja e intermedia sulfuración), en función de la profundidad de formación en depósitos individuales; en ocasiones, también aproximables a variaciones dentro de un mismo depósito (Hedenquist et al., 2000).

6.- El problema de las formaciones silíceas y las alteraciones ácidas superficiales y sub-superficiales: La presencia de formaciones silíceas estructural y texturalmente similares a las que se forman en superficie en zonas de descarga hidrotermal actuales y recientes (e. g. Yellowstone) se ha venido utilizando como criterio de prospección para depósitos epitermales. La descripción de zonas de silicificación a la categoría de sínteres es controvertida en muchos casos, debido a factores intrínsecos de su naturaleza, como son la fragilidad y alta susceptibilidad a la erosión de estas estructuras, de lo que deriva su relativa escasez o su registro parcial o, inclusive, su no adscripción a todos contextos volcánicos en que se producen depósitos epitermales. Es por ello que sólo una detallada descripción de las características morfológicas y texturales de cuerpos de sílice atribuibles a dicho origen puede realmente permitir el uso del término “sinter”, con las implicaciones que éste tiene.

Los sínteres presentan morfologías muy variadas dependiendo del tipo de surgencia y de la topografía de la zona (White et al., 1989), desde masas bulbosas hasta terrazas con frentes estalagmíticos. En general, se trata de depósitos lenticulares con zonas de reemplazamiento planar de las rocas encajonantes, extendiéndose hasta cientos de metros horizontalmente y decenas de metros

verticalmente (Panteleyev, 1996). Bajo estos depósitos se encuentran los sistemas alimentadores, en forma de cono o prisma, constituidos por stockworks y vetas de cuarzo centrados en zonas de fractura. En las rocas encajonantes, las alteraciones hidrotermales asociadas a este tipo de sistemas suelen ser múltiples episodios de silicificación, alteración argílica y, menos comúnmente, asociaciones de alteración argílica avanzada con cuarzo, caolinita y, raramente, alunita (Panteleyev, 1996). Hacia los flancos de estos sistemas, o en profundidad, se encuentra alteración propilítica con clorita, óxidos de Fe, zeolitas y escasa adularia. Cerca de la superficie, puede haber importantes acumulaciones locales de selenita, alunita y otros sulfatos, junto con azufre nativo.

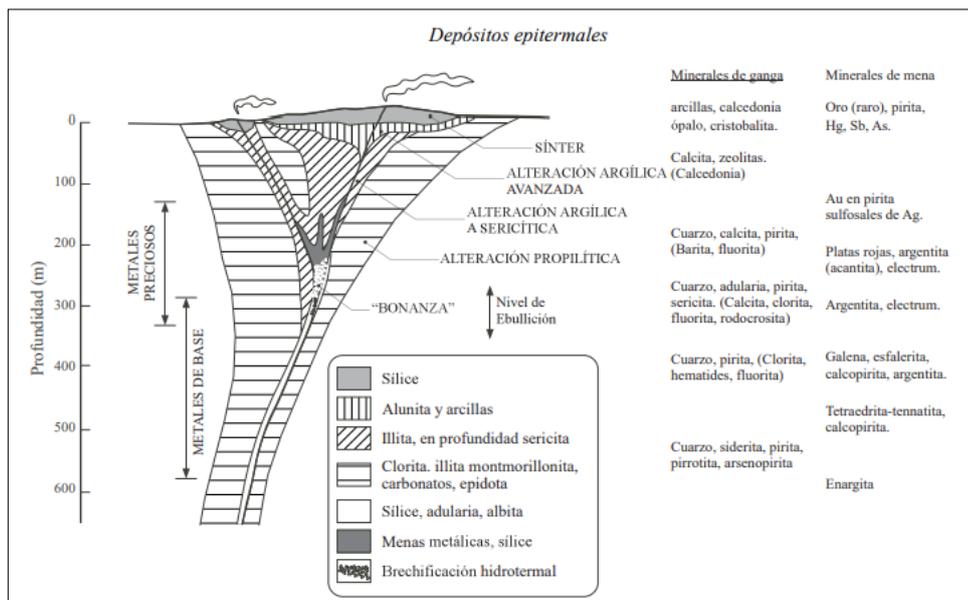


Fig.13 Esquema estructural general de los depósitos epitermales alcalinos (baja e intermedia sulfuración), indicando la mineralogía de ganga, la generalización de los patrones de alteración típicos, y la variación en la mineralogía de mena típica en profundidad, y en la morfología de la mineralización (Buchanan, 1981).

Zonación vertical de las texturas

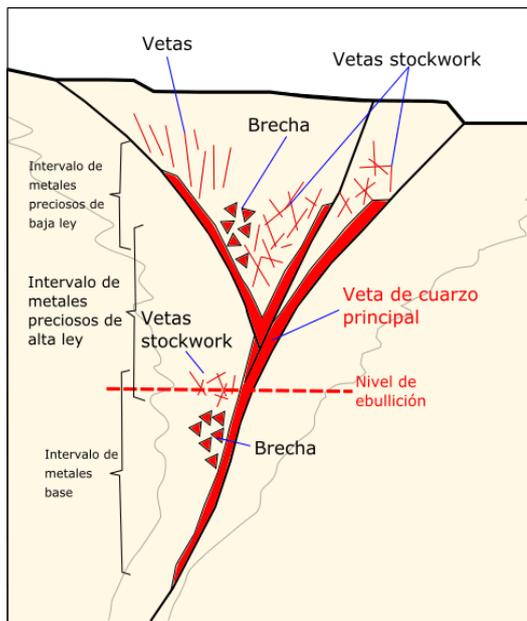


Fig. 14 Se Muestra la zonación que tienen los depósitos epitermales de baja sulfuración en texturas.

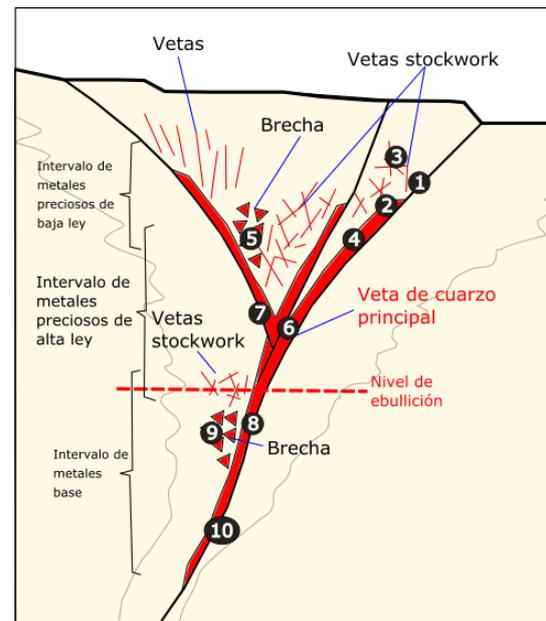
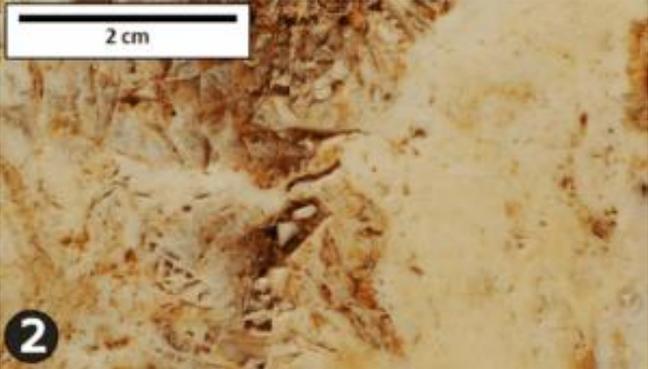


Fig.15 Se Muestra las rocas asociadas a las texturas en depósitos epitermales de baja sulfuración. Mirar las imágenes de las rocas.

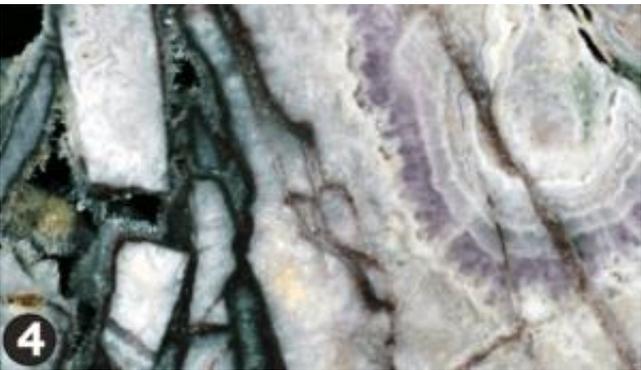
Las partes más altas de las venas (vetas) epitermales tienen texturas diferentes, a manera de láminas y moldes de carbonato, que generalmente se reemplazan por sílice (formando vetas de cuarzo resistentes).

Las concentraciones de metales preciosos son generalmente de ley muy baja en las vetas de cuarzo azucarado y las láminas de cuarzo, incluso en sistemas donde los brotes de mineral de alta ley están presentes a profundidad.

	<p>Fig.16. Veta de cuarzo que muestra textura bladed. Esta textura se genera por el reemplazo de carbonato por cuarzo a manera de láminas (White, 2006).</p>
	<p>Fig.17 Veta de cuarzo con textura saccharoidal (azucarada). La textura de carbonato a manera de cuchillas es reemplazada por cuarzo (White, 2006).</p>

Las vetas de Stockwork con textura de calcedonia y ágata son comunes en las partes más altas del sistema y el cuarzo puede reemplazar totalmente a las tobas (roca huésped). Las brechas generalmente conservan espacios abiertos (debido a las bajas presiones de confinamiento).

Los sulfuros incluyen marcasita (polimorfo de pirita a baja temperatura) y pirita. Los metales preciosos (si están presentes) son de bajo ley.

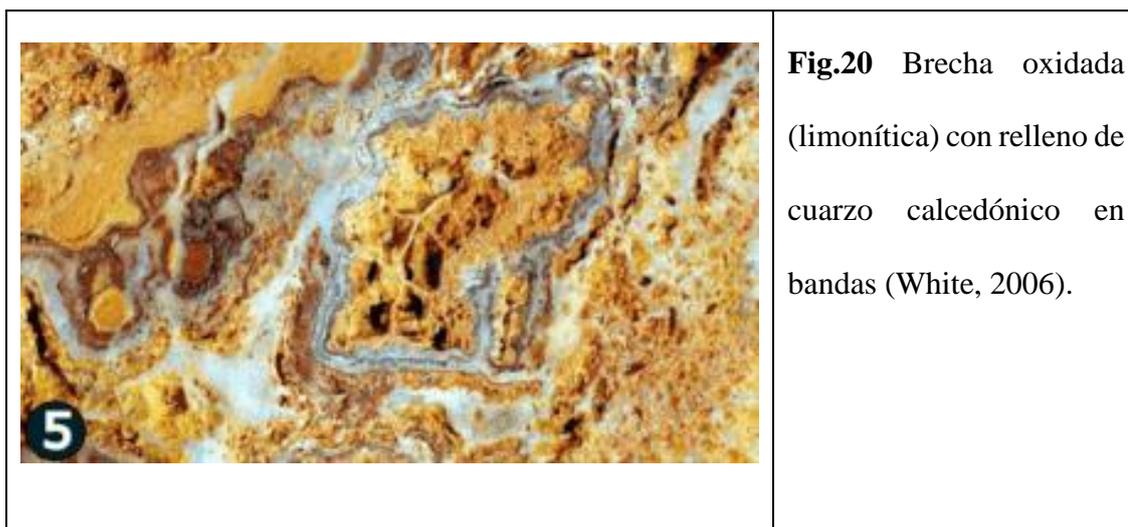
	<p>Fig.18 Toba alterada débilmente a arcilla que contiene vetas de cuarzo calcedonia traslúcido a marrón con estructura en Stockwork (White, 2006).</p>
	<p>Fig.19 Veta de cuarzo estéril, perteneciente a la parte superior del sistema Epitermal. Se observa cuarzo amatista (púrpura) temprano y brechas con espacios angulares, parcialmente rellenos con cuarzo y marcasita (White, 2006)..</p>

La deposición de oro y plata en brotes de mineral de alta ley está asociada con el proceso de ebullición del fluido. La deposición de minerales de cuarzo y minerales ganga desde los fluidos hidrotermales rellena las fracturas en las rocas huéspedes (rocas caja).

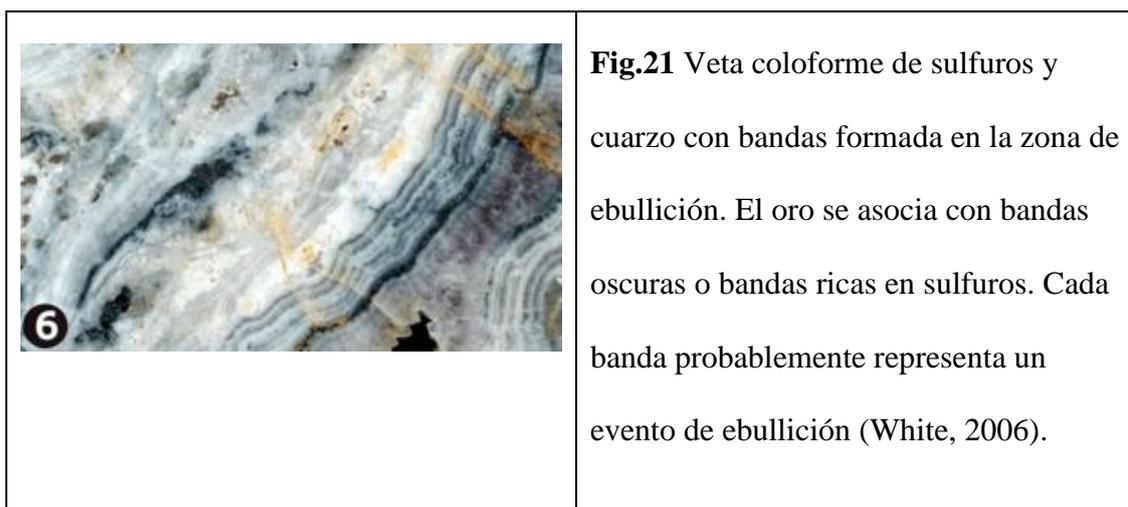
Esto da como resultado fluidos sobrepresionados que eventualmente causan la fractura hidráulica repentina de las rocas encajonante. Los fluidos hierven a

medida que se libera la presión y precipitan el metal y los minerales de ganga de la solución.

En sistemas mineralizados, cuantas más veces se repite el proceso en una veta determinada, más alto es el grado.



Algunos fragmentos de brechas (clastos) muestran texturas de la roca caja después de los sulfuros disueltos.



Los sulfuros de metales básicos como la galena y la esfalerita se forman típicamente por debajo del nivel de ebullición. El cuarzo sulfuroso gris oscuro con oro y plata de alta ley puede estar presente con los metales base en una zona de transición cerca de la base de la zona de ebullición. Los cambios localizados en la presión y la temperatura pueden hacer que el nivel de ebullición migre hacia arriba y hacia abajo, lo que provoca la telescopía de las zonas minerales y las texturas de las vetas.



Fig.22 Veta coliforme de sulfuros y cuarzo con bandas formada en la zona de ebullición. Observe la vetilla de marcasita tardía (White, 2006).



Fig.23 Vetas de cuarzo y sulfuros, en una brecha hidrotermal rellena con esfalerita y galena. La presencia de metales base indica que se ha formado debajo de la zona de ebullición (White, 2006)..

Yacimientos o depósitos epitermales de alta sulfuración

Modelo del depósito

Los yacimientos de alta sulfuración están espacialmente relacionados con centros volcánicos y diatremas, generados por intrusiones magmáticas muy próximas a la superficie en conjunto con la mineralización.

La mineralización y alteraciones ocurren cercanas a la superficie entre 500m a 2Km. Por lo general la geometría del cuerpo mineralizado es pequeño y equidimensional.

Con respecto a la temperatura de formación se encuentra entre 100°C a 320°C, sin embargo, se ha encontrado asociaciones de hasta 480°C. A manera general, los fluidos de alta sulfuración se derivan principalmente de una fuente magmática y depositan metales preciosos cerca de la superficie cuando el fluido se enfría o se diluye mezclándose con aguas meteóricas. Además, los fluidos (principalmente gases, vapores a alta temperatura) se caracterizan por ser extremadamente ácidos (tienen H₂S y HCl), es decir que tienen azufre en estado de oxidación +6 o +4, o sea, “alta sulfuración”, además, se presentan en desequilibrio químico con las rocas encajantes.

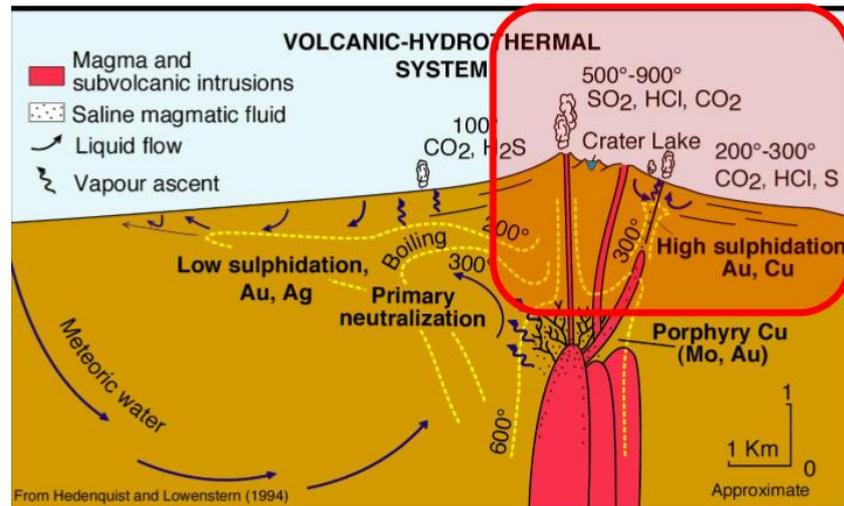


Fig. 24 Soluciones ácidas básicamente magmáticas. Cu, Au, As (Ag, Pb). Mena en diseminaciones, vetillas, Stockwork. Py, en-lz, cp, electrum. Cuarzo oqueroso. NO carbonatos. Alteraciones de alunita, pirofilita.

Control estructural

La configuración estructural de los depósitos de alta sulfuración en entornos volcánicos se presta a la mineralización debido a la alteración hidrotermal causada por intrusiones subyacentes y la generación de espacio a través de fallas extensionales al interior y alrededor de la cuenca de la caldera.

Además, las rocas volcanoclásticas y sedimentarias que suelen ser permeables se depositan en el mismo entorno y actúan como conductos de fluidos cargados de metales o fluidos mineralizantes.

Tabla comparativa de las características de los depósitos epitermales de alta y baja sulfuración.

- **Reconocimiento macro- a mesoscópico.**

	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Rocas volcánicas relacionadas	Vulcanismo subaéreo, rocas ácidas a intermedias (esencialmente andesita– riodacita). Encajante de cualquier tipo.	Vulcanismo subaéreo, rocas ácidas a intermedias (andesita–riodacita– riolita). Encajante de cualquier tipo
Controles de emplazamiento	Fallas a escala regional o intrusiones subvolcánicas(1).	Cualesquiera fallas o zonas de fractura estrechamente relacionadas a centros volcánicos.
Extensión de la zona de alteración periférica	Área extensa (comúnmente varios km ²) y visualmente prominente.	Generalmente bastante restringida y de visualización muy sutil, aunque puede abarcar áreas relativamente extensas.
Alteración asociada (ver Figura 1)	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Depósitos profundos: intensa alteración pirofilita–mica blanca. Depósitos someros: núcleo de sílice masiva, con un estrecho margen de alunita y caolinita que hacia el exterior es de mica blanca y arcillas interestratificadas. Depósitos subsuperficiales: ingente alteración argílica. Clorita: raramente. Generalización: alt. argílica avanzada → argílica (±sericítica).	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Gran cantidad de mica blanca en zonas con alta relación agua/roca. Alteración argílica dominante conforme disminuye la temperatura. Los gases escapados a partir de ebullición pueden originar alteración argílica o argílica avanzada en la periferia, o bien superpuesta a partir de fluidos profundos. Clorita: común. Generalización: alt. sericítica → argílica.

Minerales clave de alteración proximal	Alunita cristalina; en profundidad, pirofilita.	Sericita o illita ± adularia; roscoelita (mica-V) en depósitos asociados a rocas alcalinas; a veces, clorita.
Geometría del cuerpo mineralizado	Relativamente pequeño y equidimensional.	Tamaño variable y morfología tabular.
Características distintivas o notables	Presencia de niveles calentados por vapor (niveles superficiales), cuarzo poroso o vuggy (niveles intermedios), mineralización superpuesta a depósitos porfíricos (en profundidad).	Presencia de sínteres y niveles o cobijaduras de calcedonia (niveles superficiales), posible presencia de vetas de sulfuración intermedia en inmediaciones de cuerpos de alta sulfuración (en profundidad).
Carácter de la mineralización económica	Típicamente diseminada, tanto en zona de mica blanca–pirofilita como en sílice masiva. Poco común como relleno de cavidades o porosidad. La mineralización está asociada habitualmente a alteración argílica avanzada, típicamente con abundante pirita.	Característicamente como relleno de cavidades o porosidad, en vetas con contactos netos con el encajante. Típico relleno de filones en bandas, comúnmente con brechificaciones polifásicas. Hacia la superficie se presenta en stockwork o diseminada, según la naturaleza de la permeabilidad primaria y secundaria local.

- **Reconocimiento meso- a microscópico.**

	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Ganga de cuarzo	De grano fino, masivo, originado principalmente por reemplazamiento; el cuarzo es residual (vuggy). Calcedonia: ausente en la mayoría.	Cuarzo y calcedonia dispuestos en todo tipo de texturas primarias, de recristalización o reemplazamiento de carbonatos(2). Calcedonia: común, en bandas.
Otros minerales de la ganga	Carbonatos: ausentes. Adularia: ausente. Alunita y pirofilita: pueden ser abundantes. Barita: diseminada con la mena. Azufre nativo: suele estar presente, rellenando cavidades. Caolinita.	Carbonatos: presentes, comúnmente calcita y rodocrosita. Adularia: diseminada y en vetas. Alunita y pirofilita: escasas. Barita y/o fluorita: presentes localmente; la barita se halla por lo común por encima de la mena. Azufre nativo: ausente. Illita.
Abundancia de sulfuros	10–90% del volumen total, sobre todo de grano fino, pirita con textura parcialmente laminada. Contenido de azufre total típicamente alto. El contenido en metales base puede ser alto (Cu).	1–20% del volumen total, pero típicamente menos del 5%, pirita predominante. Contenido de azufre total típicamente bajo. Bajo contenido en metales base (Pb, Zn), aunque en numerosos depósitos son relativamente abundantes.
Minerales metálicos clave	Pirita, enargita–luzonita, calcopirita, calcosita, covellita, bornita, tetraedrita-tenantita, oro (esfalerita, galena, telururos). Arsenopirita: poco común. Sulfosales de Ag: raramente. Seleniuros: prácticamente ausentes. Bismutinita: ocasionalmente.	Pirita, esfalerita, marcasita, galena, electrum, oro (sulfosales de Ag, arsenopirita, argentita, calcopirita, tetraedrita). Telururos: relativamente abundantes en algunos depósitos(3). Enargita: muy raramente. Seleniuros: poco comunes. Bismutinita: muy raramente(4).

- **Datos analíticos.**

	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Profundidad de formación	En su mayor parte, entre 500 (?) y 2,000 (?) m bajo la paleosuperficie.	En su mayor parte, entre 0 y 1,000 m.
Rango de temperaturas de formación	Generalmente, entre 100–320°C (la mayoría entre 170–320°C; en ocasiones, hasta 480°C (5)).	Generalmente, entre 100–320°C (la mayoría entre 150–250°C (6))
Carácter de los fluidos (ver Figura 1)	En su mayor parte, de baja salinidad (1–24% en peso de NaCl eq.); algunos, de alta salinidad (hasta casi 50% en peso de NaCl eq.(5)). Magmáticos; mezcla con aguas meteóricas. Pueden evolucionar desde un fluido temprano muy reactivo, que lixivia la roca, hasta otro más reducido, que puede originar la mineralización. Oxidados. pH ácido debido a H ₂ S y HCl magmático, neutralizado al reaccionar con el encajante; dilución.	Baja salinidad (0–15% en peso de NaCl eq.). Aguas meteóricas; posible interacción con fluidos de origen magmático. Reducidos. pH aproximadamente neutro; puede volverse alcalino debido a ebullición; los gases separados pueden ser oxidados y producir fluidos ácidos.
Edad	Por lo general, Terciaria o más reciente. Ejemplos hasta el Neoproterozoico y el Arqueano(7).	Por lo general, Terciaria o más reciente. Ejemplos hasta el Neoproterozoico y Paleoproterozoico(8).
Diferencia de edad entre las rocas ígneas genéticamente asociadas y la mineralización	Por lo general, entre 0.3 y 2 M.a.	Entre 1 y 10 M.a. (frecuentemente entre 2 y 4 M.a.)
Distancia lateral de formación desde el foco de calor	Aproximadamente sobre la vertical del foco de calor motor del hidrotermalismo.	Hasta varios kilómetros lateralmente, más cercanos al foco de calor en el subtipo de epitermales de sulfuración intermedia.
Origen del azufre	Profundo, probablemente magmático.	Profundo, probablemente debido al lixiviado del encajante en profundidad.

Origen del plomo	Rocas volcánicas o fluidos magmáticos.	Rocas precámbricas o fanerozoicas en las que se emplaza el vulcanismo.
Metales predominantes	Cu, Au, As (Ag, Pb)	Au, Ag (Zn, Pb, Cu)
Metales presentes localmente	Bi, Sb, Mo, Sn, Zn, Te (Hg)	Mo, Sb, As (Te, Se, Hg)
Clasificaciones posibles	Según estilo de mineralización: en diseminaciones (Chinkuashih); en filones (El Indio); en brechas (Wafi River). Según contenido de metales base: "rico" (Motomboto); "pobre" (Nalesbitan). Según contexto geológico: estratovolcanes andesíticos; vulcanismo tipo Cordillera (Lepanto); islas volcánicas oceánicas.	Según estilo de mineralización: en stockwork (McLaughlin); en diseminaciones (Cracow); en vetas (Hishikari); en brechas (Kerimenge). Según contenido de metales base: "rico" (Fresnillo); "pobre" (Tayoltita). Según contexto geológico: depresiones con vulcanismo silíceo (Ohakuri Dam, N.Z.); estratovolcanes andesíticos (Woodlark); vulcanismo tipo Cordillera (Acupan); islas volcánicas oceánicas (Ladolam). Según profundidad de formación: "someros" (depósitos de Norteamérica); "profundos", (depósitos del SW del Pacífico). Según la mineralogía de las asociaciones de sulfuros: "sulfuración intermedia" y "baja sulfuración" (término extremo). Igualmente, se distingue el subtipo de "epitermales alcalinos", tanto en base a su mineralogía como a su asociación con rocas volcánicas alcalinas.
Manifestaciones de sistemas análogos actualísticos	Fumarolas y fuentes termales de alta temperatura cercanas al foco volcánico.	Sistemas geotérmicos con fuentes termales de pH neutro, mud pools.

Referencias en la tabla: (1) Relacionado con la permeabilidad, con control litológico del flujo en presencia de unidades permeables; en caso contrario, existe un fuerte control estructural (Hedenquist et al., 1994). (2) Véase Dong et al. (1995). (3) Véase Cooke y Bloom (1990) y Cooke et al. (1996). (4) Véase Ericksen y Cunningham (1993). (5) Las más altas salinidades y temperaturas pueden ser debidas a una intensa etapa de alteración previa a la deposición mineral. (6) Muy raramente se sobrepasan los 350°C, en cuyo caso se interpreta la presencia de procesos poco usuales: véase McInnes et al. (1990). (7) Huckerby et al. (1983), y Hallberg (1994). (8) Penczak y Mason (1997), y Cheilletz et al. (2002). (9) Incluidos en la relación de Arribas (1995). (10) Staude (2001). (11) Gray (2001). (12) Haller (1997), y Etcheverry et al. (1997). (13) Dong y Zhou (1996), y Wood et al. (1990). (14) Panteleyev (1988), y Thiersch et al. (1997). (15) Palacios et al. (1992). (16) Jianping et al. (1996). (17) So y Yun (1996). (18) Incluidos en la relación de Simmons (1995). (19) Hayba et al. (1985).

2.3. Definición de términos básicos

Yacimiento de Minerales

Parte de la corteza terrestre, en la cual, debido a procesos geológicos, ha habido una acumulación de materia prima mineral, la cual por sus características de cantidad, calidad y condiciones de depósito es redituable su explotación.

Mineral

Cuerpo sólido que puede aparecer de formas muy diversas en la naturaleza ya sea aislado o como componente fundamental de las rocas.

Mineral comercial

Mineral cuyos contenidos poseen un valor económico comercializable en los mercados con base en el cual se justifica la explotación.

Minerales asociados

Aquellos que en el momento de la explotación pueden o no, tener un valor comercial.

Metalogenia

El término se ha utilizado en geología económica para designar el conjunto de conocimientos que estudian a los yacimientos minerales.

Mena

Es el mineral cuya explotación presenta interés, refiriéndose al mineral del que se extrae el elemento químico útil (Cu de la calcopirita, Hg del cinabrio, Sn de la casiterita, entre muchos ejemplos posibles). Este término es más comúnmente utilizado en minerales metálicos.

Ganga

Comprende a los minerales que acompañan a la mena, pero que no presentan interés minero en el momento de la explotación (cuarzo, calcita, etc.). Minerales considerados como ganga en determinados momentos se han transformado en menas al conocerse alguna aplicación nueva para los mismos.

Cuerpo mineralizado o depósito mineral (ore body)

Se refiere a la mezcla de mena y ganga y puede encontrarse a profundidad o en la superficie.

Ley media

Es la concentración que presenta el elemento químico de interés minero en el yacimiento. Se expresa en tantos por ciento (%), gramos por tonelada (g/t) partes por millón (ppm) u onzas por tonelada (oz/t).

Ley de corte (cut-off)

Es la concentración mínima que debe tener un elemento en un yacimiento para ser explotable.

Reservas

Cantidad (masa o volumen) de mineral susceptible de ser explotado. Depende de un gran número de factores (ley media, ley de corte) y de las condiciones técnicas, medioambientales y del mercado existentes en el momento de llevar a cabo la explotación. Comprenden las **Reservas Medidas** (calculada con datos concretos), **Reservas indicadas** (calculadas a partir de la proyección de las anteriores sobre el terreno considerado como productivo y en función de diversos indicadores geológicos) y, **Reservas inferidas** (basadas en el conocimiento del contexto geológico general).

Recurso

Cantidad total de mineral existente en la zona, incluyendo el que no podrá ser explotado por su baja concentración o ley.

Factor de concentración

Es el grado de enriquecimiento que tiene que presentar un elemento con respecto a su concentración normal para que resulte explotable.

Estéril

Las rocas que no contienen mineral o lo contienen en cantidades muy por debajo de la ley de corte. No suele corresponder con la ganga ya que esta se refiere a los minerales acompañantes de la mena.

Subproductos

Suelen ser minerales de interés económico, pero que no son el objeto principal de la explotación, por ejemplo, el manganeso contenido en los pórfidos cupríferos.

Explotación minera

Es el proceso o conjunto de procesos por el cual se extrae un material natural terrestre del que podemos obtener un beneficio económico puede ser desde agua, hasta diamantes) y se lleva a cabo mediante pozos (caso del agua o del petróleo, entre otros), en minas (subterráneas o a cielo abierto), o en canteras.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La evaluación geológica preliminar del Proyecto Patibal Este, región La Libertad, muestra el potencial geológico-económico del yacimiento.

2.4.2. Hipótesis específico

La caracterización geológica que presenta el yacimiento mineralógico donde se realizó el proyecto presenta un modelo epitermal, se puede realizar la explotación si se presentan estructuras con modelos epitermal.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables independientes

Evaluación geológica preliminar.

2.5.2. Variables dependientes

Patibal Este, región La Libertad.

2.5.3. Variables intervinientes

Utilización de software.

2.6. Definición operacional de variable e indicadores

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
La evaluación de yacimientos de tipo Epidermal	<p>La mayoría de yacimientos epitermales están ubicadas en la zona tectónica extensional y se relacionan íntimamente con rocas volcánicas, en la mayor parte de los depósitos más pequeños ó en porciones distales de los sistemas mineralizados más grandes.</p> <p>Los depósitos del tipo epidermal se originan agua del tipo magmático comúnmente, Existe una interacción con los fluidos de la corteza terrestre,</p>	Método Geológico. Reconocimiento, evaluación	<p>Libreta de campo</p> <p>Laptop</p> <p>Camara fotografica</p> <p>Picota</p> <p>Brujula</p> <p>Gps</p> <p>Textos - Libros</p> <p>Internet</p>
Como se reconocen los estructuras (vetas) del yacimiento epidermal	<p>El reconocimiento de los depósitos epitermales con presencia de Au y Ag son los conocimientos que se logra con los años de experiencia, bajo las condiciones como son: apariencia y color y por supuesto por las características físicas. Y en la redifinición tipológica de estos yacimientos</p>	Explorativo y descriptivo, además comprobando con el análisis.	<p>Libreta de campo</p> <p>Laptop</p> <p>Camara fotografica</p> <p>Picota</p> <p>Brujula</p> <p>Gps</p> <p>Textos - Libros</p> <p>Internet</p>

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

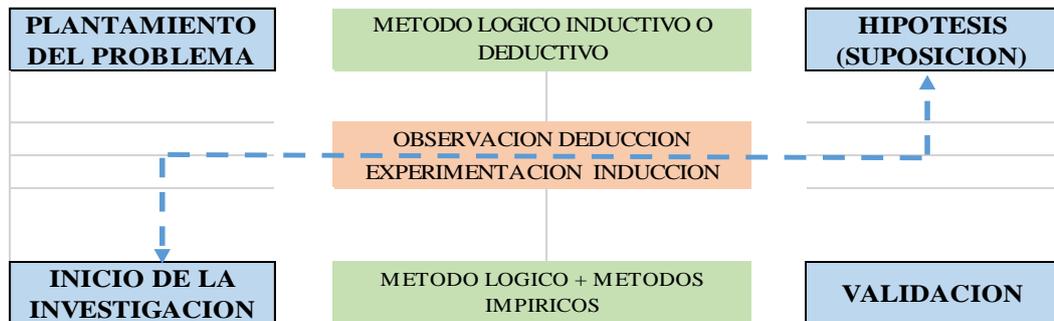
3.1. Tipo de investigación

De acuerdo a su aplicabilidad la investigación que se lleva a cabo es del tipo de Técnico Aplicativo, con este tipo de investigación se busca, conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar. Así mismo porque se requiere de un marco teórico. Mis resultados de esta investigación aplicada son para uso inmediato.

3.2. Métodos de la investigación

El método utilizado en la presente investigación es el método descriptivo-correlacional, porque se observarán los datos obtenidos para explicar la relación entre las variables, es decir, para saber en qué medida la variación de una de ellas afecta a la otra, con la finalidad de conocer su magnitud, dirección y naturaleza.

Asimismo, no se descarta el empleo del método analítico-sintético. A través de este método, se descompondrán todas las variables para observar sus relaciones, similitudes, diferencias, causas, naturaleza y efectos hacia otras variables, para luego reconstruirlas a partir de los elementos distinguidos por el análisis.



3.3. Diseño de investigación

La presente investigación se adecuó a los propósitos de la investigación no experimental, debido a que no se manipulará la variable independiente, además, la investigación será transeccional correlacional-causal.

3.4. Población y muestra

La población está representada por el potencial de sus recursos (minerales) que se tiene en el Proyecto Patibal Este – región la Libertad.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Toma de datos y de muestras in situ, revisión de perforaciones diamantinas antiguas, revisión y recopilación de estudios geológicos existentes del distrito Minero.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La metodología aplicada está ligada a la investigación misma. Estos incluyen la compilación bibliográfica, tecnología disponible, aspectos económicos, así como la situación, localización y tiempo, todos los cuales influyen en la calidad de la investigación.

3.7. Tratamiento estadístico

Se realizaron análisis estadísticos de las muestras para la obtención de resultados.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se entiende por Selección, validación y confiabilidad de investigación viene a ser el procedimiento o forma particular de obtener los datos o información.

Para el recojo de información se utilizó los siguientes instrumentos: Fuentes de información académica comprendiendo medios bibliográficos y electrónicos. Comunicaciones de geólogos cuya experiencia sirvió para reforzar el conocimiento sobre los diferentes tipos de yacimientos.

El equipo técnico para la extracción de muestras fue importante para obtener información geológica de los diferentes yacimientos.

3.9. Orientación ética

El compromiso ético es justamente en esta organización lo que legitima su propia esencia y su razón de ser, por lo que cualquier vulneración de aspectos éticos, atenta contra su propia línea de existencia: la propia naturaleza moral y legal de

misión de la organización, llegando incluso a poner en riesgo su viabilidad como tal.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El proyecto “Patibal Este”, se ubica en el distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad. La latitud y longitud para el proyecto es 8° 11´ 46” S, 78° 0´ 29” W. Altitudes en el proyecto entre 2600m y 3420m sobre el nivel del mar. El proyecto está a 113Km al este de la ciudad de Trujillo. El Datum utilizado es WGS 84 zona 18S.

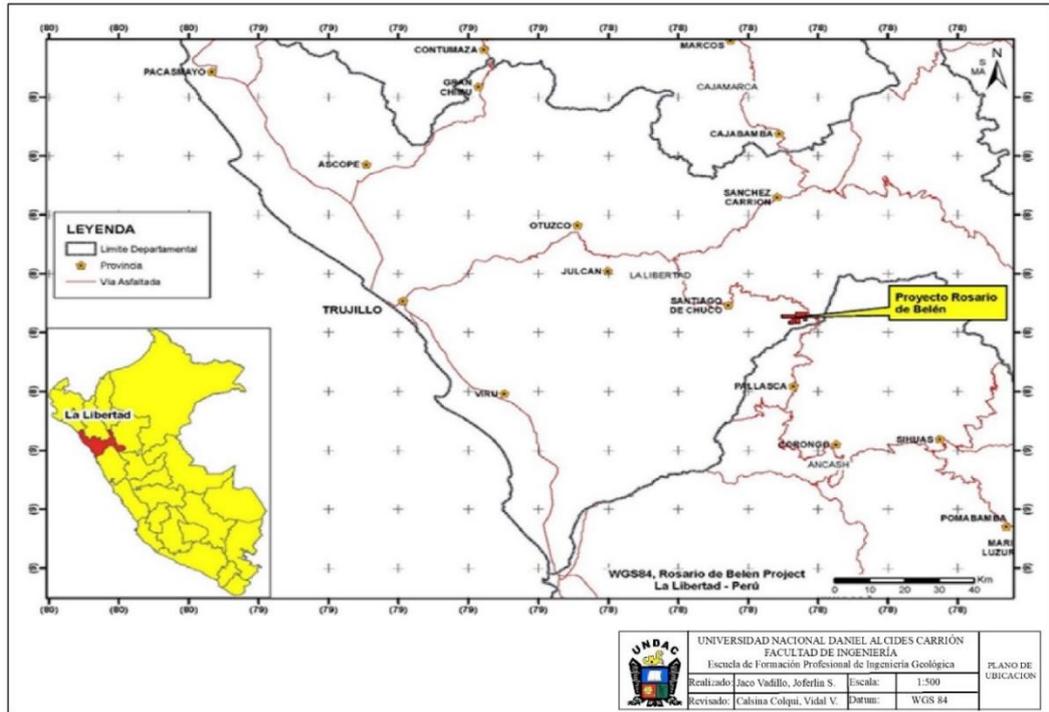


Fig. 25 Plano de ubicación - Proyecto Patibal Este.

4.1.1. Accesibilidad, hay dos rutas desde la ciudad de Lima a Trujillo, la primera es vía terrestre, por la Panamericana Norte, un total de 559 Km que toma 8 horas 15 minutos, la segunda es vía vuelo comercial desde la ciudad de Lima (35 minutos). Desde Trujillo se accede vía terrestre al distrito de Angasmarca, en total 205 km que toma 5 horas, de Angasmarca al proyecto Rosario de Belén son 27 km que toma 45 minutos. El clima es alpino, frío y semiárido.

DESDE	HASTA	VIA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (hora)
Lima	Trujillo	Autopista	559	8 h 15 min
Trujillo	Angasmarca	Asfaltada	205	5 h
Angasmarca	Proyecto	Asfaltada	27	45 min
Total			791	14 h

Tabla N° 1 Ruta vía terrestre al proyecto rosario de belén.

DESDE	HASTA	VIA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (hora)
Lima	Trujillo	Vuelo	559	35m
Trujillo	Angasmarca	Asfaltada	205	5h
Angasmarca	Proyecto	Afirmada	27	45m
Total			791	6h 20m

Tabla N° 2 Ruta vía vuelo comercial – terrestre al Proyecto Rosario de Belén.

4.1.2. Fisiografía y clima

El proyecto Patibal Este, se ubica a 100Km al este del océano pacífico, en la cordillera de los andes, con una máxima altitud de 3420 msnm y una altitud mínima de 2600 msnm (en la quebrada Angasmarca).

El **clima** es alpino, frío y semiárido, se encuentra a una altitud de 3139 msnm, se cuenta con la siguiente información:

La temperatura es templada a fresca, presentando la mayor parte del tiempo un máximo de 15 °C y un mínimo de 2°C.

En la zona de investigación el periodo de lluvia dura 5 meses, del 19 de octubre al 2 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 23 de marzo, con una acumulación total promedio de 23 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 5,5 meses, del 2 de mayo al 19 de octubre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 26 de julio, con una acumulación total promedio de 1 milímetros.

4.1.3. Contexto geológico

Estratigrafía Regional

Regionalmente afloran rocas sedimentarias e ígneas, entre las primeras se **han observado formaciones que abarcan en edad desde el Jurásico al Cretáceo**. Los afloramientos de rocas sedimentarias forman una faja alargada de orientación NS, abarca las formaciones: Chicama, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Se muestra la columna estratigráfica de las principales unidades de la región. (Fuente: INGEMMET, 1964).

Formación chicama

La litología de esta formación está constituida por una secuencia gruesa de lutitas laminadas y de aspecto pizarroso, de color gris oscuro a negro, ocasionalmente intercalada con niveles de arenisca y cuarcitas claras y limolitas gris parduzcas por intemperismo. Por su constitución, presenta relieves suavizados.

Formación chimú:

La litología de esta formación se compone de cuarcitas de color blanco a gris claro, raras veces oscuras y con alteraciones rojizas ocasionados por

el intemperismo. La granulometría del cuarzo son sub-redondeados y de tamaño variable entre grueso y fino. La estratificación es en capas medianas a gruesas, algunas veces presentan estratificación cruzada y en ciertos lugares están intensamente diaclasadas.

Contiene mantos lenticulares de carbón tipo antracita, cuyos espesores varían desde pocos centímetros hasta un máximo de 3m. Por su dureza y resistencia al intemperismo, desarrolla un relieve prominente que destaca sobre otras rocas más blandas.



Fig. 26 Formaciones geológicas y rocas intrusivas del terreno de exploración.

Formación santa-carhuaz

Sobre yace a la formación Chimú, se ha considerado como una sola unidad debido a que el contacto entre la formación Santa y Carhuaz no está bien definida en la zona.

Litológicamente la serie inferior que representa a la formación Santa está constituida por limolitas gris amarillentas u oscuras, intercaladas con lutitas arenosas friables de color gris negruzco en la base y por calizas negras, fosilíferas, estratificadas en capas delgadas, en sus niveles superiores.

La serie superior corresponde a la formación Carhuaz y consiste en una secuencia de lutitas claras a marrones, gris oscuras hasta negras, finamente estratificadas e intercaladas con capas delgadas de calizas fosilíferas de color negro que intemperizan a marrón oscuro. Cerca de la base de esta serie superior se encuentran dos capas de yeso persistentes hasta 10m de grosor cada una que sirven como horizontes guías en el reconocimiento de la formación.

Formación farrat

La formación se compone de areniscas cuarcíticas de color blanco, crema o gris, de grano grueso a medio y formas sub-redondeadas, limpias y bien estratificadas en bancos gruesos, subordinadamente tienen intercalaciones de capas delgadas de lutitas de color gris o negro, areniscas conglomeráticas y conglomerados finos compuestos de cuarzo lechoso. Las areniscas algunas veces muestran estratificación cruzada.

Por su gran resistencia al intemperismo, presentas una topografía de perfiles agudos que destacan en medio de las formas redondeadas de las lutitas infra yacientes.

Grupo calipuy

Secuencia de rocas volcánicas que supra yacen con discordancia angulas a las formaciones del cretáceo inferior y superior.

Consiste en brechas y aglomerados volcánicos de color gris verdoso a marrón rojizo, con fragmentos sub-angulosos de tamaño 1 a 10cm con textura porfirítica, suceden superiormente lavas y piroclásticos de composición principalmente andesítica con algunos horizontes riolitas y riolodacitas, también se observan intrusiones de sub-volcánicos andesíticos en la zona del proyecto. Los volcánicos presentas suaves ondulaciones y en algunos sectores se muestras horizontales.

Rocas intrusivas

Principalmente al sur del proyecto, consiste en intrusiones plutónicas de composición granodioríticas – graníticas. Presentan una topografía accidentada; sin embargo, los cerros formados por estas rocas presentan contornos suaves.

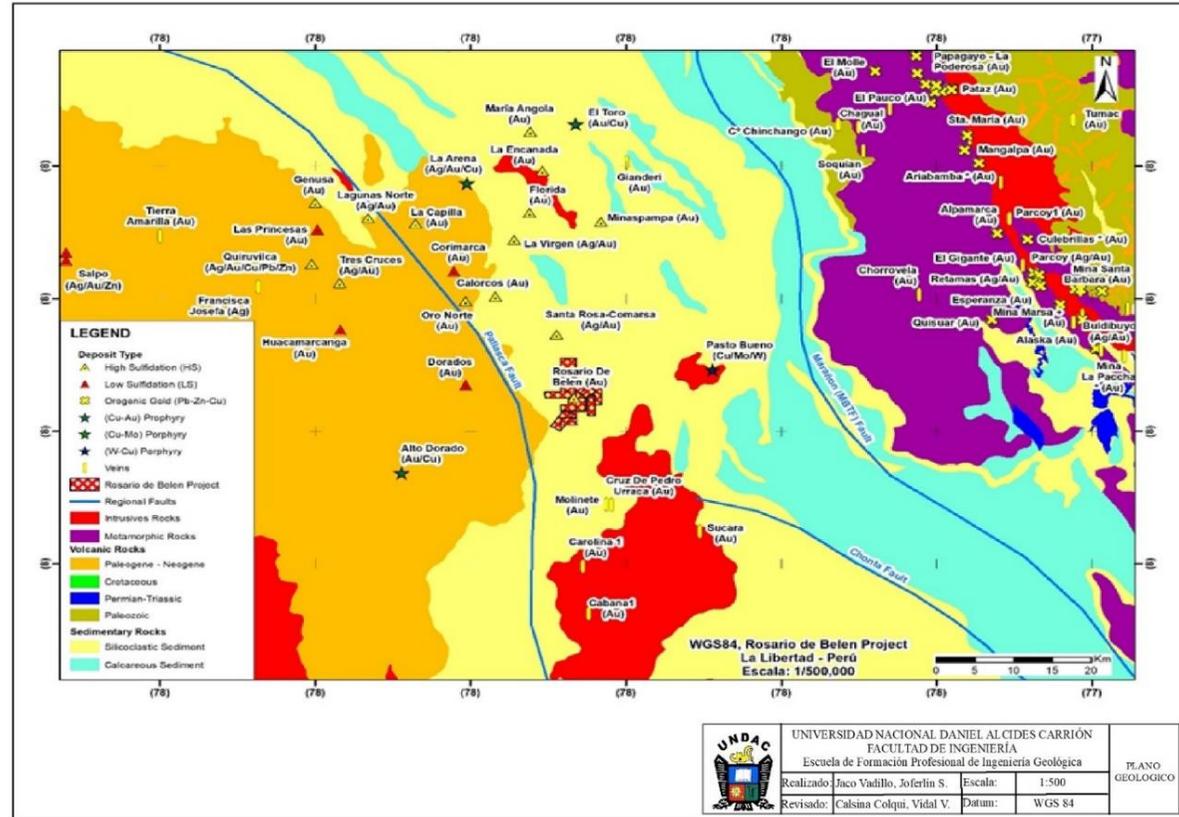


Fig. 27 Plano Geológico del Proyecto Patibal Este

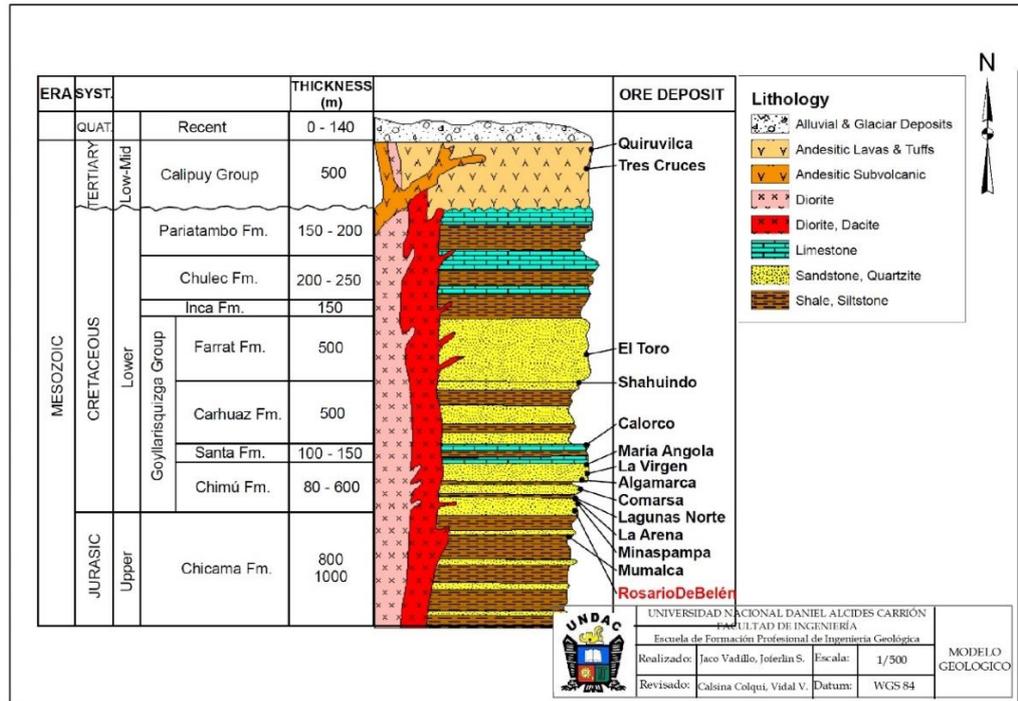


Fig. 28 Columna estratigráfica modificada de Gauthier, A.; Díaz, N.; Quirita, V (2000).

Geología estructural

La geología Estructural de la zona está dada por lineamientos normales mayormente con tendencia andina de orientación promedio N30° W, falla inversa N10° - 50/034W cortadas por lineamientos de rumbo N 35° E de alto ángulo; las formaciones jurásicas, cretácicas estén fuertemente plegadas falladas producto de la génesis andina producida a fines del Cretáceo y los subsiguientes emplazamientos del batolito y movimientos epirogenéticos que afectaron en general a la Cordillera de los Andes.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

El proyecto “Patibal Este” está dentro de un distrito tradicionalmente minero, corresponde a la franja metalogénica XXI de depósitos epitermales de oro, cercano a las minas: Lagunas Norte (14.5 Moz Au), La Arena (6 Moz Au), La Virgen (1Moz Au), COMARSA (Au, Ag), El Toro (Au-Cu) y así como proyectos de exploración: Tres Cruces (Ag-Au), Cushuro (Au-Ag), etc.

La empresa SMRL El Rosario de Belén, ha minado 4 tajos desde el año 2007 al 2013: Capilla, Gentiles, Patibal Este y Coluvial. Durante los recientes trabajos de exploración realizada por VI Mining, desde Setiembre del 2017, se han definido 2 blancos (“targets”) de exploración: Cerro Patibal y Cerro Yeso.

Por ello se requiere conocer el potencial de recursos del Proyecto Aurífero Patibal Este, que se debe definir y hacerlas sustentables el nivel de confianza de la información de sus recursos de exploración y su información económica. Con esa finalidad se decide realizar la evaluación geológica, geoeconómica y la evaluación económica preliminar del prospecto, la cual se realizaron un primer sondeo a profundidad de 4 taladros diamantinos para poder definir el comportamiento estructural y mineralógico, la cual el resumen se presenta en el cuadro:

DDH				
SONDAJE	DESDE (m)	HASTA (m)	LONGITUD (m)	Ley OzAu/tc
DDH-PM-0001-19	38.00	41.40	3.40	0.004
DDH-PM-0001-19	62.53	65.77	3.24	0.402
DDH-PM-0002-19	60.22	61.42	1.20	0.008
DDH-PM-0002-19	61.42	63.08	1.66	0.918
DDH-PM-0003-19	57.04	57.53	0.49	0.102
DDH-PM-0003-19	60.7	62.11	1.41	0.015
DDH-PM-0004-19	70.59	71.65	1.06	0.016
DDH-PM-0004-19	71.65	72.92	1.27	0.949
PROMEDIO			13.73	0.30

4.3. Prueba de hipótesis

Evaluación geológica preliminar

Geología local

En el área del proyecto afloran principalmente rocas sedimentarias de las formaciones Chicama y Chimú, secuencias volcánicas del grupo Calipuy (lavas y piroclastos), instruidas por sub-volcánicos de composición andesítica.

Afloran principalmente un sub-volcánico de composición andesítica, de tonalidad gris verdosa. Leve a moderada argilización (illita – montmorillonita). Principalmente mineralización Au-Ag-(Cu) en forma de venillas paralelas (“Sheeted Vein”) de cuarzo con óxidos de Fierro, de hasta 5cm de espesor, principalmente cortando al sub volcánico andesítica, la orientación del sistema principal es NE (N220°/Az45°) y el secundario NW (N310°/Az45°).

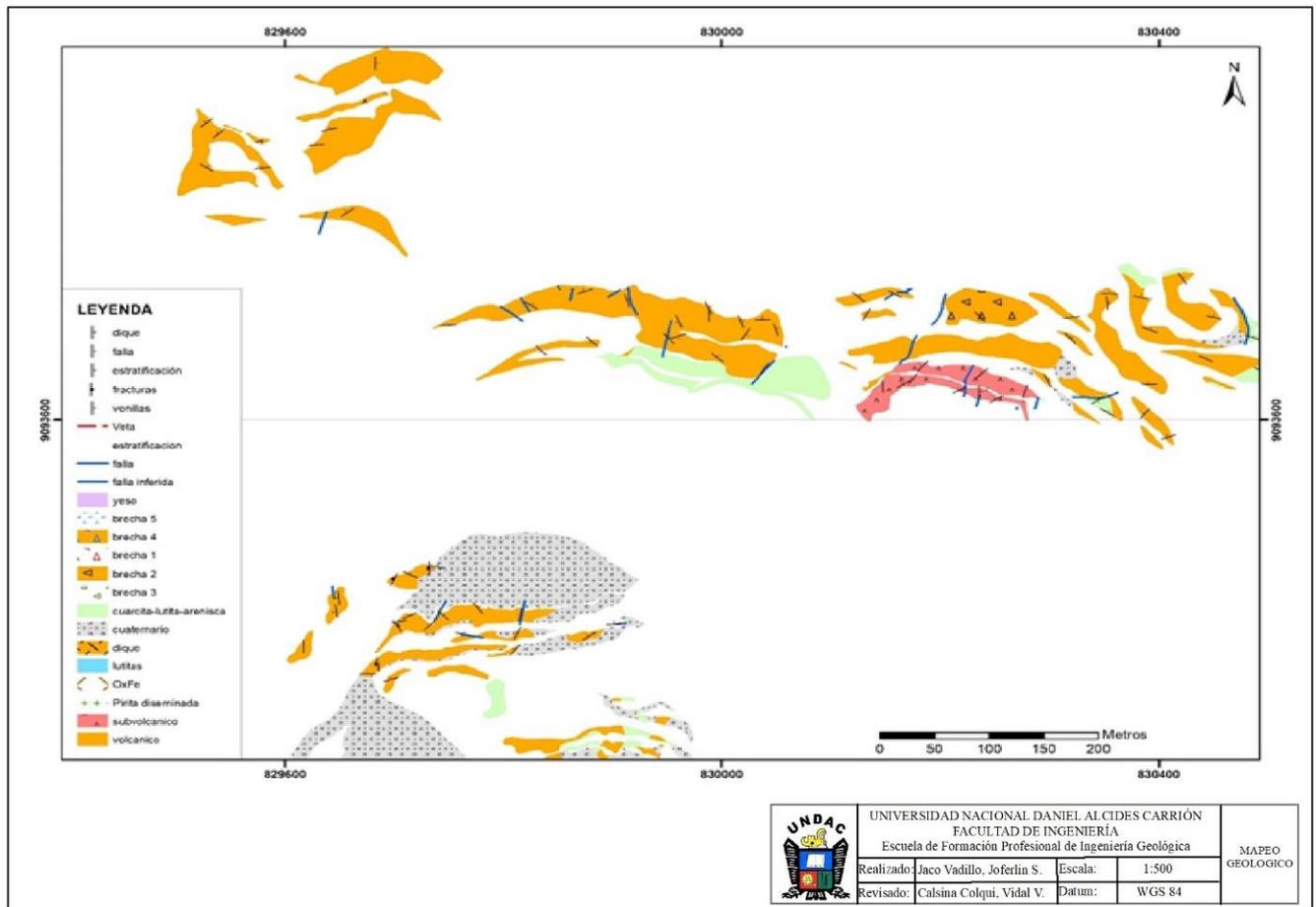


Fig. 29 Mapeo geológico detalle Tajo Patibal Este

El área esta mayormente cubierta por suelo de cultivo, debajo presenta una cobertura de material heterogéneo de color blanquecino, rojizo, amarillenta y gris oscuro con una potencia promedio de 6 m; esta capa está depositada en forma ondulada aparentemente concordante al parecer a una topografía antigua, según se observa en los cortes de carretera, en ciertas zonas presentan mayormente fragmentos de cuarcitas silicificada y pátina de jarosita, goethita, hematita y escorodita que reportan valores eventualmente expectativos en contenido de oro.

Todo el material arriba indicado sobre yace a rocas subvolcánicas de composición andesita, afanítica, melanocrata, microporfirítica, que en ciertos lugares se le observa gris verdoso a verde clara y en otros grises violáceos; notorios en los afloramientos se observan argilizados moderadamente a fuerte de color blanquecina y también localmente silicificado débil a moderado y, débilmente oxidada, pero con pobre mineralización de oro.

Asimismo, se observa un vetilleo milimétrico de calcita y vetillas centimétricas de cuarzo lechoso fracturado, con relleno de óxidos goethíticos en Stockwork. En ciertos tramos engloban fragmentos de cuarzo lechoso fracturado y remanentes de bloques de cuarcitas silicificada con Stockwork tapizado por óxidos de jarosita y goethita; localmente se ha observado vetas de cuarzo lechoso instruyendo el sub volcánico andesíticos, donde es notorio el desarrollo de enjambres tabulares de cuarzo pseudomorfo después de baritina; la presencia de algunos sulfuros de galena, argentita y pátinas de escorodita es localmente distribuida dentro de ésta

unidad subvolcánicas, la cual se toma fuertemente fracturada en las cercanías de los contactos con la unidad silíceo del Chimú.

En el área evaluada aflora un paquete de la Formación Chimú, algo alargado de cuarcita de color gris claro silicio cada masivo fuertemente disturbado, de estratificación mediana a gruesa, con vetilleo de cuarzo hialino tardío de aproximadamente 200 m por 300 m, cuyas capas tienen un rumbo de N5°E y N20°E, y buzcan 30° y 40° al NW respectivamente; este block levantado de cuarcitas se asume que es un techo colgante, dentro del subvolcánico infrayacente; el contacto de estas dos unidades hacia el Norte, el subvolcánico adopta una configuración interdigitada dentro de algunos tramos de cuarcita, propia de una intrusión en profundidad, mientras que al sureste limitan con las cuarcitas con falla de contacto N45°E de alto ángulo. En ambos casos existe mineralización aurífera interesante a lo largo de éste contacto, asumiendo que todo este contexto geológico de mineralización de Au, Ag, Pb, As y otros, sea el foco mineralizante (epigenético) de toda la mineralización dispersa en la parte baja del talud con la posterior formación de remanentes de deposición de mineral coluvial (singenético) que globalmente suprayacen a rocas subvolcánicas andesíticas asociadas a una actividad magmática.

Génesis y paragénesis del yacimiento

El Proyecto de Patibal Este tiene características geológicas bastante similares a depósitos asociados a rocas sedimentarias del Cretácico, ubicados en la extensa y bien reconocida faja metalogénica aurífera septentrional de la cordillera

occidental. Esta similitud se da por la fuerte alteración del block de cuarcitas que afloran en la Formación Chimú ubicada al sur y en la parte alta del recurso evaluado y su ensamble mineralógico de alteración hidrotermal típico de este ambiente de depositación de minerales preciosos, y polimetálicos, estos últimos exponiéndose ahora como minas inactivas aproximadamente a 16 Km. al SW del proyecto Patibal Este dentro de rocas volcánicas posiblemente de la Formación Calipuy.

Esta deducción tiene argumentos geológicos sólidos y convincentes en la relación tiempo y espacio en el Proyecto Patibal Este, entre la mineralización y la actividad ígnea que se manifiesta por la presencia de roca andesítica microporfirítica hipabisal/subvolcánica que engloba y levanta a la roca silíceas de la Formación Chimú: a manera de un techo colgante.

La alteración hidrotermal de la roca subvolcánica es mayormente sericitica con débil silicificación en superficie, tornándose gris verdoso por la propilitización, pero cercana a la superficie y más al Norte de ella, donde existe minerales asociados como vetas de cuarzo lechoso con restos de baritina, calcita, pirita y magnetita, estos dos últimos altamente disseminados.

El intenso fracturamiento de las dos unidades litológicas sugieren fuerte tectonismo durante el Cretáceo tardío y Terciario temprano que han debilitado esta zona de contacto y constituyendo el foco feeder mineralizante, produciendo fuerte liberación explosiva de fluidos hidrotermales de un sistema magmático principal subyacente.

Elementos geoquímicos trazas indican la existencia de pulsos mineralizantes asociados con metales preciosos dentro de rocas de la Formación Chimú, como es el caso de la correlación evidente de Au-Ag, As y ensambles de alteración hidrotermal relacionados. semejando a depósitos diseminados auríferos de alta sulfuración y polimetálicos dentro de roca mayormente subvolcánica andesítica que presenta la correlación geoquímica evidente de Pb-Ag-As/Bi, que sugiere una fuerte mineralización vetiforme, comúnmente.

Por lo tanto, se postula ante los argumentos arriba mencionados que la mineralización del proyecto Patibal Este desde el punto de vista genético está relacionado a un sistema hidrotermal, producto de varios pulsos de rocas andesíticas /félsicas, eventos casi coetáneos en tiempo, cuya liberación de la fase volátil se direcciono en zonas estructuralmente débiles con formación mayormente de estructuras mineralizadas según se observa en la superficie del actual nivel de erosión de la zona Sur, por lo que se sostiene que la mineralización en general, corresponde a la base de un sistema hidrotermal cuyos fluidos mineralizantes igual o de mejor ley originalmente, se han emplazado en niveles superiores conformando rellenos de fisuras de mineral polimetálico y de vetas de oro en fisuras y/o pequeños cuerpos acompañados de cuarzo lechoso, ahora, totalmente erosionados.



Mineralización

La mineralización de metales preciosos del proyecto Patibal Este es Epitermal de Alta Sulfuración caracterizado por el ensamble mineralógico de cuarzo-sericita, pirofilita y titanita, similar al patrón geoquímico de depósitos auríferos de la faja metalogenética septentrional del Perú; sin embargo, a diferencia de estos últimos, la mineralización aurífera tiende a concentrarse principalmente en la zonas de contacto/falla entre las unidades litológicas subvolcánicas y cuarcitas y en venillas, asociados con óxidos dentro de rocas encajonante silíceas del remanente de la Formación Chimú y también por la presencia considerable de Pb, Ag y Ba cuyas especies mineralógicas rellenan vetillas que sugieren fuertemente otro ambiente de depositación del tipo vetiforme, como se exponen dentro de rocas subvolcánicas andesíticas.

La destrucción/desintegración de la fuente mineralógica de la zona del proyecto Patibal Este, como consecuencia natural del ciclo geoquímico que soporta la litósfera del planeta, comprende procesos superficiales de intemperismo,

formación del suelo, erosión. transporte, deposición y re-deposición de material, conformado íntegramente por fragmentos de composición similar de la roca madre y su mineralización asociada, en la base de los taludes, adoptando cobertura discontinua en forma de abanico en las partes más bajas. En el actual nivel de erosión se han identificado pequeñas terrazas a las que se le denomina coluvial, material singenético/secundario. que también ha sido evaluado y que constituye el ambiente más importante de mineralización económica en el recurso de Patibal Este.

El rasgo más obvio dentro de la mineralización de Patibal Este es la presencia de óxidos de hierro de goethita y jarosita en cantidades regularmente notorias, como lo corrobora el contenido de hierro reportado por el laboratorio S.G.S. razón por la cual el color de las muestras asociadas con tramos/intervalos de oro, son de color pardo rojizo a pardo claro; el arsénico comúnmente con alto contenido se deriva probablemente de la arsenopirita y otros minerales sulfo-antimoniuros y arsenicales que conjuntamente con el plomo de la galena formaron arsenatos de hierro y sulfatos que se exhiben en los remanentes del material coluvial (escorodita, anglesita); la plata se encuentra asociada íntimamente con la argento-jarosita ampliamente distribuida en el depósito. El oro es libre y visible, ocurre en finísimas laminillas entre 5-10 micras de diámetro y con una pureza de aproximadamente 850 basado en la comparación visual microscópica de color con muestras de conocida pureza; también debe existir oro libre no visible.

Alteración

La silicificación se manifiesta en la parte alta y Sur del proyecto y es notoria en las cuarcitas gris clara de la Formación Chimú, tornándose totalmente masiva; en menor cantidad se observa dentro de la roca subvolcánica como vetillas, pero mayormente blanco lechoso y ocasionalmente gris claro.

La argilización es débil a moderada, asociada principalmente en las zonas de contacto desarrollándose principalmente en la roca subvolcánica asignándole una coloración blanquecina.

La sericitización es débil en las rocas silíceas y está localizada en intersticios y esporádicas fracturas; sin embargo, en las rocas subvolcánica se manifiestan mayormente en fracturas y en menor proporción en intersticios y en los microfenocristales de plagioclasas.

La propilitización es extensa, típica de la alteración hidrotermal de la roca subvolcánica, muy cercana a superficie y extensa en todo el recurso de color verdoso, acompañado por venillas de calcita, clorita, epidota y pirita fina diseminada.

En conclusion, se puede afirmar con alto nivel de certeza que cantidades adicionales de cuarzo hidrotermal ha sido depositado en el foco epigenético y halos de mineralización, produciendo un ambiente favorable/positivo principalmente a lo largo de la falla contacto cuarcita Chimú y subvolcánico para la deposición tardía de los metales preciosos íntimamente asociados con fases de sílice.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Estimación de recursos

La estimación de recursos se realiza en base a los sondeos exploratorios (DDH-PM-0001-19, DDH-PM-0002-19, DDH-PM-0003-19, DDH-PM-0004-19), para realizar la caracterización en profundidad, se ha definido el área de la zona mineralizada con el software Datamine RM.

DDH-PM-0001-19

DDH-PM-0001-19								
Sample_Id	Hole_Id	From	To	INT.	Sample_Type	Sample_Ref	Au (gr/Ton) ppm	Au (Oz/Tc)
PM-101000	DDH-PM-0001-19	38.50	39.28	0.78	CORE	N.N.-1	0.057	0.002
PM-101001	DDH-PM-0001-19	39.28	40.37	1.09	CORE	N.N.-1	0.086	0.002
PM-101002	DDH-PM-0001-19	40.37	40.95	0.58	CORE	N.N.-1	0.075	0.002
PM-101003	DDH-PM-0001-19	40.95	41.40	0.45	CORE	N.N.-1	0.400	0.012
	PROMEDIO	38.5	41.4	2.90			0.125	0.004
PM-101020	DDH-PM-0001-19	62.53	63.03	0.50	CORE	N.N.- 2	21.392	0.624
PM-101021	DDH-PM-0001-19	63.03	64.07	1.04	CORE	N.N.- 2	10.587	0.309
PM-101022	DDH-PM-0001-19	64.07	64.93	0.86	CORE	N.N.- 2	19.507	0.569
PM-101023	DDH-PM-0001-19	64.93	65.77	0.84	CORE	N.N.- 2	7.345	0.214
	PROMEDIO	62.53	65.77	3.24			13.782	0.402

DDH-PM-0002-19

DDH-PM-0002-19								
Sample_Id	Hole_Id	From	To	INT.	Sample_Type	Sample_Ref	Au (gr/Ton) ppm	Au (Oz/Tc)
PM-700437	DDH-PM-0002-19	60.22	60.45	0.23	CORE	N.N.-1	0.167	0.005
PM-700438	DDH-PM-0002-19	60.45	61.05	0.60	CORE	N.N.-1	0.178	0.005
PM-700439	DDH-PM-0002-19	61.05	61.42	0.37	CORE	N.N.-1	0.546	0.016
	PROMEDIO	60.22	61.42	1.20			0.289	0.008
PM-700440	DDH-PM-0002-19	61.42	61.66	0.24	CORE	N.N.- 2	2.776	0.081
PM-700441	DDH-PM-0002-19	61.66	62.20	0.54	CORE	N.N.- 2	2.027	0.059
PM-700442	DDH-PM-0002-19	62.20	62.80	0.60	CORE	N.N.- 2	3.866	0.113
PM-700443	DDH-PM-0002-19	62.80	63.08	0.28	CORE	N.N.- 2	4.091	0.119
	PROMEDIO	61.42	63.08	1.66			3.148	0.092

DDH-PM-0003-19

Fig. 30 Sección transversal del sondaje.



Fig. 31 Caja porta testigo con cores del sondaje lista para ser llevada al área de logueo y posteriormente al core shack (bodega de almacenaje) para su corte y muestreo.

Calculada el área mineralizada, se aplicó el criterio de profundidad promedio para configurar el sólido económico de mineralización de acuerdo a la proyección de la ocurrencia de la mineralización en función al grado de influencia, la dispersión de polígonos contiguos se considera la estimación de los recursos con la influencia de la unidad litológica que alberga la mineralización económica.

Se utilizó un criterio técnico de investigación desde el análisis exploratorio de datos (EDA), la interpretación de toda la parte de litología hasta la determinación modelo como son contornos, estructuras, comportamiento geoquímico, y la parte de obtención de las leyes geológicas económicas por los metales preciosos en los diversos sólidos económicos, también se realizó el reconocimiento de los taladros en profundidad en la zona Patibal Este. La metodología aplicada en la

obtención de las muestras que, sumado a su volumen, ha sido crucial como parte de la técnica de evaluación de los recursos categorizados como potencial del yacimiento.

El ensayo de las muestras por Au, Ag, Cu y Pb procedentes del logueo geológico del sondeo fueron analizados en el laboratorio de S.G.S. para validar/certificar los ensayos en general.

La evaluación geológica, el estudio geoquímico y sus correlaciones por elementos metálicos y el estudio microscópico han permitido la correcta interpretación de la paragénesis del yacimiento de mineral del proyecto Patibal Este en su relación de tiempo - espacio y la distribución del depósito de los metales preciosos y metales básicos asociados. El tipo minado para poder explotar las zonas económicas de la zona mineralizado, será selectivo restringiéndose únicamente a los sólidos económicos, tanto en extensión superficial como en profundidad.

Geológicamente, los elementos trazas nos indican que hubo una existencia de diferentes pulsos hidrotermales dando así una mineralización de metales preciosos dentro de las rocas de la formación Chimú, dentro de la correlación isovalórica es evidente que la dispersión de los elementos como son Au-Ag-As esta delimitados por zonas de baja, media y alta ley; mientras que los polimetalicos dentro de roca mayormente subvolcánica andesítica presenta una íntima correlación de las curvas isovalóricas Pb

Ag-As-Bi que sugiere fuertemente, en este último caso, mineralización de metales básicos vetiforme.

Las evidencias de campo nos conducen a afirmar que el recurso Minero de Patibal Este desde el punto de vista genético, está relacionado a un sistema hidrotermal, cuya ubicación de la fase volátil se direccionó en zonas estructuralmente débiles con depositación de mineral en el actual nivel de erosión de la parte alta de la zona Sur, por lo que se sostiene que la mineralización en general corresponde a la base del sistema y cuyos fluidos mineralizantes mas importantes y económicos se han emplazado en niveles muy superiores, ahora erosionados, conformando relleno de fisuras de metales base en la roca encajonante subvolcánica andesítica y vetas/diseminación aurífera en la roca huésped silíceo de la formación chimú, que en el caso de Patibal Este esta última unidad litológica se encuentra a manera de techo colgante (roof pendant).

4.4.2. Método geoestadístico

La Estimación de Recursos con Software Estudio RM (Datamine)

La estimación geoestadística con Ordinary Kriging garantiza para cada bloque o celda dos aspectos:

- Estimación no sesgada o sea sin error sistemático.
- Optimizar la estimación en el sentido de proporcionar la varianza de estimación mínima:

- Para realizar el procedimiento se tomará en cuenta lo siguiente:
- Se calculará todos los paneles o bloques creados dentro del sólido de veta que proporciona Área de Modelamiento por la interpretación de geología.
- El algoritmo consiste básicamente en asignar un peso a cada valor de ley de un compuesto que se encuentre dentro del área de influencia dado por la elipse de radios de búsqueda (basados en los alcances variográficos).
- Se trabaja según el peso geológico que tiene la interpretación de las continuidades mineralógicas y de la continuidad de la estructura según opinión del geólogo que trabaja en el mapeo. Este criterio prevalece sobre el radio que puede darse de búsqueda, donde inicialmente para los Recursos medidos se otorga 50% del alcance variográfico y el doble para los Indicados. Los Recursos Inferidos se extenderán casi siempre más de 2 veces el radio de búsqueda.

4.4.3. Procedimiento

- ✓ Estadísticas de los datos iniciales, calculando los promedios de leyes ponderadas por la longitud de muestreo.
- ✓ Dependiendo del ancho de la estructura se realiza la composición de los datos para tener una población regularizada.

✓ Se calcula estadísticas de los compósitos y se presenta en cuadro parecido a los datos iniciales. Los promedios de leyes son ponderados por la longitud de los compósitos (LENGTH).

✓ Tareas para realizar el Capping (acotamientos de los valores altos de la población de compósitos, permite eliminar algunos sesgos de valores altos), se realiza con tres pasos básicos:

A. Estadísticas con histogramas.

B. Gráficos Probabilistic plots (Logarítmicos) para cada metal en estudio.

C. Centiles Metodología Irv_Parrish (Tabla detalle en Apéndice A de cada Reporte).

Este paso puede tener influencia subjetiva porque en algunos trabajos de Geoquímica se usa $TH = \text{media} + \text{dos desviaciones estándar}$. Como referencia se incluye TH en las tablas estadísticas, pero se espera la decisión o el visto bueno de Geología para usar los capping calculados.

1. Con tabla de Acotamientos (capping), en los compósitos se llega a determinar campos de leyes acotadas para cada metal: ag_ac para la plata, cu_ac para el cobre, pb_ac para el plomo y zn_ac para el zinc. Todos los valores altos mayores o iguales al capping serán reemplazados por este valor.

2. La variable Acumulada ($LENGTH * \text{Ley acotada}$), donde LENGTH es la longitud de compósito se determina para cada metal. Esta

variable calculada con las leyes acotadas para el caso de Proyecto Patibal. Este son ACCU para el cobre, ACPB para el plomo, ACZN para el Zinc y ACAG para la plata. El archivo de compósitos con estos campos se llama holes_com_capp.dm y será INPUT en cálculo de variogramas y en las interpolaciones de leyes.

3. Variogramas de variables acumuladas acotadas (ACCU, ACPB, ACZN y ACAG). Se lleva a cabo en dos etapas:

A. Los variogramas experimentales trabajados mayormente con datos horizontales de labores, a falta de datos verticales.

B. Modelamiento de los variogramas experimentales llevándolos a un ajuste a la función denominada esférica.

1. Tabla de parámetros variográficos, se obtiene del paso B) anterior, llegando a obtenerse tres parámetros básicos:

A. El efecto de pepita.

B. La meseta que sumada al efecto de pepita es 1.0 porque el ajuste se hace normalizado.

C. El alcance, parámetros en metros que nos entrega la influencia de auto-correlación de esa ley en la dirección estudiada.

1. Crear Modelo de bloques Rotado en sus 3 ejes, dependiendo su tamaño a la escala de trabajo que hay en la mina. Para vetas angostas pueden ser cubos de 1 metro de lado, pero en cuerpos (Santa Rosa, Franja 1 o Vanessa) llegan a ser cubos de 3 metros de lado.

2. Validación de sólido con el Volumen del Modelo de bloques, el modelo de bloques debe ser medida su volumen en comparación al volumen que genera el sólido. Las diferencias de estos volúmenes deben tender a 0.0.
3. Estimación de la Potencia del sólido en Modelo de bloques, dependiendo de la complejidad del sólido puede llegar a ser tarea que toma su tiempo de ejecución. Se generan sondajes ficticios creados en el sólido buscando perpendicularidad a éste. Luego son INPUT para calcular en modelo de bloques la Potencia veta (Pot_Vet).

Potencial del proyecto

Las vetas son estructuras de relleno que forman texturas tipo Rosario, clavos mineralizados de “zonas de apertura”, vetas echadas como “Vetas N1” y Sulfuros masivos mantiformes.

Veta N2

Tiene un rumbo N 60° E y buzamiento 80° SE, corresponde a una estructura de relleno, sinextral con tramos de apertura y cierre en las inflexiones e intersección de vetas. Se ha formado un halo de enriquecimiento supergeno con la formación de “Zona Óxidos” y “Mixtos” con altos valores en oro.

La etapa de mineralización y alteración rellena esta amplia estructura normalmente con flujos de clorita, calcita, diseminación de piritita, pirrotita,

etc, pero en las zonas más ricas está asociado a cuarzo con sulfuros a manera de clavos o concentraciones en las “Aperture Zone”.

La percolación de aguas meteóricas hasta el nivel freático ha disturbado la mineralización hipogena de sulfuros, formando buen halo de enriquecimiento supergénico con la formación de “Zona Óxidos” y “Mixtos”. Decantando nuevos minerales guías alterándose a hematita, jarosita, goetita, malaquita, gosslarita, cerusita, bornita, covelita, escorodita, etc. Entre las más importantes.

Veta N1

Corresponde a una estructura echada de rumbo N 75° E y buzamiento 45°SE afectada por un sistema de fallas NE con juego de desplazamiento en bloques con movimiento sinextral y normal. Presenta una alteración de sílice, sericita, poroso en tramos con pequeños flujos de sílice gris, microvenillas de cuarzo hialino y flujos irregulares de sulfuros de pirita fina y concentraciones de calcopirita, esfalerita, galena y pirrotita.

Corresponde a una estructura mantiforme en la que el flujo hidrotermal ha reemplazado un contacto permeable y fracturado con leve cizallamiento. Se caracteriza por presentar una alteración cuarzo sericita, color blanquecino, poroso o vuggy incipiente en tramos con pequeños flujos de sílice gris, con flamas, flujos irregulares de sulfuros de pirita fina deleznable, venas y concentraciones de calcopirita, esfalerita y galena. Es notorio observar algunos tramos con stocwork, brechas y craquel brecha.

Esta veta en los bordes muestra fuerte oxidación y hay una concentración de sulfuros mayormente al piso de la veta. La veta tiene un rumbo entre N 25°-35°E y buzamiento 33° SE, afectada por un sistema de fallas NE con juego de desplazamiento en bloques tipo sinextral y normal.

ESTIMACIÓN POTENCIAL DE LA MINERA PATIBAL ESTE 2019				
VETA	RECURSO	TM	Ley Au Oz/Tc	Ley Au Gr/Tm
N1	Potencial	10,000	0.280	9.5872
N2	Potencial	20,000	0.310	10.6144
TOTAL		30,000	0.300	10.272

CONCLUSIONES

- La evaluación geológica y sus correlaciones han permitido la correcta interpretación de la paragénesis del yacimiento de mineral del proyecto Patibal Este.
- Los elementos trazas indican la existencia de pulsos mineralizantes asociados con metales preciosos dentro de las rocas de la formación Chimú.
- Existe una correlación isovalórica evidente de Au-Ag-As y ensambles de alteración hidrotermal de alta sulfuración.
- Se presenta una íntima correlación de las curvas isovalóricas Pb Ag-As-Bi que los polimetalicos se encuentran dentro de roca mayormente subvolcánica andesítica.
- Las evidencias de campo nos conducen a afirmar que el recurso Minero de Patibal Este desde el punto de vista genético, está relacionado a un sistema hidrotermal, cuya ubicación de la fase volátil se direccionó en zonas estructuralmente débiles con depositación de mineral en el actual nivel de erosión de la parte alta de la zona Sur, por lo que se sostiene que la mineralización en general corresponde a la base del sistema y cuyos fluidos mineralizantes mas importantes y económicos se han emplazado en niveles muy superiores, ahora erosionados, conformando relleno de fisuras de metales base en la roca encajonante subvolcánica andesítica y vetas/diseminación aurífera en la roca huésped silíceo de la formación chimú, que en el caso de Patibal Este esta última unidad litológica se encuentra a manera de techo colgante (roof pendant).
- Considerando estas ocurrencias de vetas y los alos de enriquecimiento dentro de las areniscas cuarzosas, se ha estimado un potencial de proyecto en 30,000 TMH con una ley 0.30 Oz Au/Tm.

RECOMENDACIONES

- Dentro de la exploración geológica que se ha realizado en el área de estudio se ha encontrado dos estructuras con un potencial económico que es de 30,000 Tmh con una ley de 0.30 OzAu/tc, esto se estima que se debería realizar un programa de perforación diamantina infill – bronwfield con una malla de 20 x 20 m, ya que la ocurrencia económica es solo de 10 a 15 metros de continuidad de la zona mineralizada.
- El minado de la zona mineralizado, será selectivo restringiéndose únicamente a los sólidos económicos, tanto en extensión superficial como en profundidad.
- Realizar una un levantamiento topográfico a detalle de la zona de estudio en el sistema WGS 1984, a fin de realizar una base de datos como son mapeo geológico superficial, mapeo de las labores mineras (galerías, piques, subniveles, chimeneas), interpretación de secciones geológica en diferentes escalas, todas estas actividades nos van servir para un posterior modelamiento geológico del proyecto Patibal Este.

BIBLIOGRAFÍA

- Aurelio Cossio N. “Geología de los Cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa” (hojas 17 y 18g), Bol N° 8, In; Perú 2.
- José Alarcón “Manual de Muestreo en Minería Subterránea”, Banco Minero del Perú; 1982. 3.
- Jorge Paredes Angeles “Muestreo en la Minería” Ediciones Pezeta, Lima-Perú; 1998.
- M. Bustillo Revuelta y C. López Jimeno “Manual de Evaluación y diseño de Explotaciones Mineras”, Entorno Gráfico, Madrid-España; 1999.
- Marco Antonio Alfaro Sironvalle “Introducción al Muestreo Minero”, Instituto de Ingenieros de Minas de Chile –Santiago; 2002.
- Departamento de Geología Mina “Manual de procesos en el área de Ore control”, Mina Yanacocha; Perú, 2004.
- Departamento de Geología Mina “Manual de procesos en el área de Ore control”, Mina Tintaya; Perú, 2005.
- Ph.D. Armando Simón “Curso taller del aseguramiento y control de la calidad” Amec Internacional (Chile) S.A.-Santiago; 2005.
- Ph.D. Fernández Pimentel “Seminario Internacional optimización del Muestreo y Preparación de Minerales”, Actlabs (Chile); 2005.
- Ph. Edgar Paski “Taller Internacional de Muestreo Geológico”, Actlabs (Perú)-2006.

ANEXOS

ANEXO N° 1

Matriz de consistencia para el trabajo de investigación

Título de tesis. - Evaluación geológica preliminar en el potencial económico del proyecto Patibal Este, región la Libertad

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	IDENTIFICACION DE VARIABLES
¿Cuál será la evaluación geológica preliminar en el potencial económico del Proyecto Patibal Este, Región La Libertad?	Determinar la evaluación geológica preliminar en el potencial económica del proyecto Patibal este, región La Libertad.	La evaluación geológica preliminar en el potencial económico del Proyecto Patibal Este, región La Libertad, muestra el potencial geológico-económico del yacimiento.	Variable independiente Evaluación geológica preliminar.
Problema específico 1 ¿Cuál es la característica Geológica del proyecto Patibal Este - Región de la Libertad?	Objetivo específico 1 Identificar e interpretar los procesos geológicos ocurridos en el Proyecto Patibal Este.	Hipótesis específico La caracterización geológica que presenta el yacimiento mineralógico donde se realizó el proyecto presenta un modelo epitermal, se puede realizar la explotación si se presentan estructuras con modelos epitermal.	Variable dependiente Patibal Este, región La Libertad.
Problema específico 2 ¿Cómo será el comportamiento geológico-geo económico del Proyecto Patibal Este – Región la Libertad?	Objetivo específico 2 Definir el comportamiento geológico-geo económico del Proyecto Patibal Este – región la Libertad.		Variable interviniente Utilización de software.

DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES			DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACION Y MUESTRA	INSTRUMENTOS Y MATERIALES							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>VARIABLES</th> <th>DEFINICIÓN</th> <th>INDICADORES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>La evaluación de yacimientos de tipo Epitermal</td> <td>La mayoría de yacimientos epitermales están ubicadas en la zona tectónica extensional y se relacionan íntimamente con rocas volcánicas, en la mayor parte de los depósitos más pequeños ó en porciones distales de los sistemas mineralizados más grandes.</td> <td>Método Geológico. Reconocimiento, evaluación.</td> </tr> <tr> <td>Como se reconocen las estructuras (vetas) del yacimiento epitermal</td> <td>El reconocimiento de los depósitos epitermales con presencia de Au y Ag son los conocimientos que se logra con los años de experiencia, bajo las condiciones como son: apariencia y color y por supuesto por las características físicas.</td> <td>Explorativo y descriptivo, además comprobando con el análisis.</td> </tr> </tbody> </table>	VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	La evaluación de yacimientos de tipo Epitermal	La mayoría de yacimientos epitermales están ubicadas en la zona tectónica extensional y se relacionan íntimamente con rocas volcánicas, en la mayor parte de los depósitos más pequeños ó en porciones distales de los sistemas mineralizados más grandes.	Método Geológico. Reconocimiento, evaluación.	Como se reconocen las estructuras (vetas) del yacimiento epitermal	El reconocimiento de los depósitos epitermales con presencia de Au y Ag son los conocimientos que se logra con los años de experiencia, bajo las condiciones como son: apariencia y color y por supuesto por las características físicas.	Explorativo y descriptivo, además comprobando con el análisis.	<p>En la investigación se determinó aplicar el diseño de investigación experimental, con mediciones longitudinales, donde va existir manipulación de las variables donde se muestrean en tiempo espacio específico, además se van a describir las características físicas del yacimiento en evaluación. Se realizó la recolección de muestras para realizar el análisis correspondiente. Las variables son las siguientes: Au y Ag</p>	<p>La población está representada por el potencial de sus recursos (minerales) que se tiene en el Proyecto Patibal Este – región la Libertad.</p>	<p>Libreta de campo Laptop Cámara fotográfica Picota Brújula GPS Textos - Libros Internet</p>
VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES										
La evaluación de yacimientos de tipo Epitermal	La mayoría de yacimientos epitermales están ubicadas en la zona tectónica extensional y se relacionan íntimamente con rocas volcánicas, en la mayor parte de los depósitos más pequeños ó en porciones distales de los sistemas mineralizados más grandes.	Método Geológico. Reconocimiento, evaluación.										
Como se reconocen las estructuras (vetas) del yacimiento epitermal	El reconocimiento de los depósitos epitermales con presencia de Au y Ag son los conocimientos que se logra con los años de experiencia, bajo las condiciones como son: apariencia y color y por supuesto por las características físicas.	Explorativo y descriptivo, además comprobando con el análisis.										

RESULTADOS

DDH-PM-0001-19								
Sample_Id	Hole_Id	From	To	INT.	Sample_Type	Sample_Refer	Au (gr/Ton) ppm	Au (Oz/Tc)
PM-101000	DDH-PM-0001-19	38.50	39.28	0.78	CORE	N.N.-1	0.057	0.002
PM-101001	DDH-PM-0001-19	39.28	40.37	1.09	CORE	N.N.-1	0.086	0.002
PM-101002	DDH-PM-0001-19	40.37	40.95	0.58	CORE	N.N.-1	0.075	0.002
PM-101003	DDH-PM-0001-19	40.95	41.40	0.45	CORE	N.N.-1	0.400	0.012
PROMEDIO		38.5	41.4	2.90			0.125	0.004
PM-101020	DDH-PM-0001-19	62.53	63.03	0.50	CORE	N.N.-2	21.392	0.624
PM-101021	DDH-PM-0001-19	63.03	64.07	1.04	CORE	N.N.-2	10.587	0.309
PM-101022	DDH-PM-0001-19	64.07	64.93	0.86	CORE	N.N.-2	19.507	0.569
PM-101023	DDH-PM-0001-19	64.93	65.77	0.84	CORE	N.N.-2	7.345	0.214
PROMEDIO		62.53	65.77	3.24			13.782	0.402

DDH-PM-0002-19								
Sample_Id	Hole_Id	From	To	INT.	Sample_Type	Sample_Refer	Au (gr/Ton) ppm	Au (Oz/Tc)
PM-700437	DDH-PM-0002-19	60.22	60.45	0.23	CORE	N.N.-1	0.167	0.005
PM-700438	DDH-PM-0002-19	60.45	61.05	0.60	CORE	N.N.-1	0.178	0.005
PM-700439	DDH-PM-0002-19	61.05	61.42	0.37	CORE	N.N.-1	0.546	0.016
PROMEDIO		60.22	61.42	1.20			0.289	0.008
PM-700440	DDH-PM-0002-19	61.42	61.66	0.24	CORE	N.N.-2	2.776	0.081
PM-700441	DDH-PM-0002-19	61.66	62.20	0.54	CORE	N.N.-2	2.027	0.059
PM-700442	DDH-PM-0002-19	62.20	62.80	0.60	CORE	N.N.-2	3.866	0.113
PM-700443	DDH-PM-0002-19	62.80	63.08	0.28	CORE	N.N.-2	4.091	0.119
PROMEDIO		61.42	63.08	1.66			3.148	0.092

ESTIMACIÓN POTENCIAL DE LA MINERA PATIBAL ESTE 2019

VETA	RECURSO	TM	Ley Au Oz/Tc	Ley Au Gr/Tm
N1	Potencial	10,000	0.280	9.5872
N2	Potencial	20,000	0.310	10.6144
TOTAL		30,000	0.300	10.272

DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados presentados para la evaluación preliminar en el potencial económico del proyecto Patibal Este, se observa que los proyectos de perforación diamantina ejecutados, se logra interceptar dos estructuras con valores económicos en la variable de oro y plata, la malla geoquímica que se utilizo es de 10 x 10 metros (infill), por la discontinuidad de la mineralización. Estimando así un potencial de recursos minerales probados de las vetas interceptados.

CONCLUSIONES

- La evaluación geológica y sus correlaciones han permitido la correcta interpretación de la paragénesis del yacimiento de mineral del proyecto Patibal Este.

- Los elementos trazas indican la existencia de pulsos mineralizantes asociados con metales preciosos dentro de las rocas de la formación Chimú.

- Existe una correlación isovalórica evidente de Au-Ag-As y ensambles de alteración hidrotermal de alta sulfuración.

RECOMENDACIONES

- Dentro de la exploración geológica que se ha realizado en el área de estudio se ha encontrado dos estructuras con un potencial económico que es de 30,000 Tmh con una ley de 0.30 OzAu/tc, esto se estima que se debería realizar un programa de perforación diamantina infill – bronwfield con una malla de 20 x 20 m, ya que la ocurrencia económica es solo de 10 a 15 metros de continuidad de la zona mineralizada.

ANEXO N° 01

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

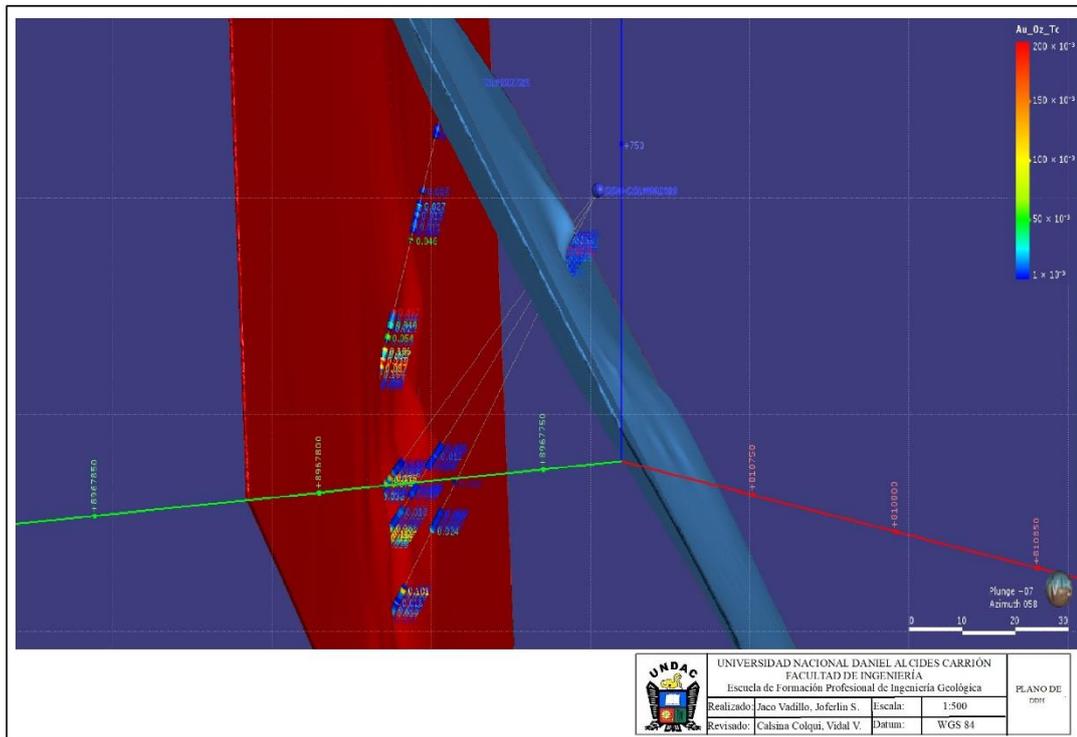
La presente investigación se realizó con los instrumentos necesarios, la cual consta del equipo de perforación diamantino, la cual son recomendados para utilizar para la toma de muestras a profundidad, posteriormente se procede a la recepción de los cores.

En la casa de cores (sala de logeo), se procede al logeo de cada DDH, tomando todos los datos necesarios (litología, alteración, estructuras, vetas, buzamiento), para su posterior toma de muestras. De los datos reportados por laboratorio se procede a comparación de datos para definir la zona económica.

Hole_Id	From	To		Sample_Type	Sample_Ref	Au (gr/Ton) ppm	Au (Oz/Tc)
DDH-PM-0001-19	0.50	0.75	0.25	CORE	N.N.-1	0.049	0.001
DDH-PM-0001-19	0.75	0.95	0.20	CORE	N.N.-1	1.868	0.054
DDH-PM-0001-19	0.95	1.45	0.50	CORE	N.N.-1	1.236	0.036
DDH-PM-0001-19	1.45	2.16	0.71	CORE	N.N.-1	0.034	0.001
DDH-PM-0001-19	2.16	2.62	0.46	CORE		0.070	0.002
DDH-PM-0001-19	2.62	3.10	0.48	CORE		0.104	0.003
DDH-PM-0001-19	3.10	3.53	0.43	CORE		0.096	0.003
DDH-PM-0001-19	3.53	4.60	1.07	CORE		0.060	0.002
DDH-PM-0001-19	4.60	5.00	0.40	CORE	Veta	0.118	0.003
DDH-PM-0001-19	5.00	5.60	0.60	CORE	Veta	0.065	0.002
DDH-PM-0001-19	6.25	6.70	0.45	CORE		0.072	0.002
DDH-PM-0001-19	10.75	12.00	1.25	CORE		0.064	0.002
DDH-PM-0001-19	12.72	13.12	0.40	CORE		0.175	0.005
DDH-PM-0001-19	13.12	13.72	0.60	CORE		0.057	0.002
DDH-PM-0001-19	13.72	14.24	0.52	CORE		0.083	0.002
DDH-PM-0001-19	14.24	14.82	0.58	CORE		0.059	0.002
DDH-PM-0001-19	14.82	15.34	0.52	CORE		0.068	0.002
DDH-PM-0001-19	15.34	15.74	0.40	CORE	Veta	0.009	0.000
DDH-PM-0001-19	16.58	17.00	0.42	CORE	Veta	0.155	0.005

DDH-PM-0001-19	17.00	17.20	0.20	CORE	Veta	0.341	0.010
DDH-PM-0001-19	17.20	17.40	0.20	CORE	Veta	0.087	0.003
DDH-PM-0001-19	18.80	19.00	0.20	CORE	Veta	0.063	0.002
DDH-PM-0001-19	19.00	19.85	0.85	CORE	Veta	0.173	0.005
DDH-PM-0001-19	20.10	20.55	0.45	CORE	Veta	0.096	0.003
DDH-PM-0001-19	20.55	21.33	0.78	CORE	Veta	0.226	0.007
DDH-PM-0001-19	21.33	21.82	0.49	CORE	Veta	0.160	0.005
DDH-PM-0001-19	21.82	22.34	0.52	CORE	Veta	0.074	0.002
DDH-PM-0001-19	22.34	22.74	0.40	CORE	Veta	0.065	0.002
DDH-PM-0001-19	22.74	23.44	0.70	CORE	Veta	0.153	0.004
DDH-PM-0001-19	23.44	23.93	0.49	CORE	Veta	0.057	0.002
DDH-PM-0001-19	37.81	38.50	0.69	CORE	Veta	0.060	0.002
DDH-PM-0001-19	38.50	39.28	0.78	CORE	veta	0.057	0.002
DDH-PM-0001-19	39.28	40.37	1.09	CORE	veta	0.086	0.002
DDH-PM-0001-19	40.37	40.95	0.58	CORE	veta	0.075	0.002
DDH-PM-0001-19	40.95	41.40	0.45	CORE	veta	0.400	0.012
DDH-PM-0001-19	41.40	40.85	-0.55	CORE	Veta	0.113	0.003
DDH-PM-0001-19	52.00	52.38	0.38	CORE	Veta	0.784	0.023
DDH-PM-0001-19	52.38	53.00	0.62	CORE	Veta	0.091	0.003
DDH-PM-0001-19	53.00	53.37	0.37	CORE	Veta	0.534	0.016
DDH-PM-0001-19	53.37	53.88	0.51	CORE	Veta	0.168	0.005
DDH-PM-0001-19	53.88	54.66	0.78	CORE	Veta	0.085	0.002
DDH-PM-0001-19	54.66	55.76	1.10	CORE	Veta	0.064	0.002
DDH-PM-0001-19	58.13	58.67	0.54	CORE	Veta	0.092	0.003
DDH-PM-0001-19	58.67	59.07	0.40	CORE	Veta	0.189	0.006
DDH-PM-0001-19	59.07	59.40	0.33	CORE	Veta	0.144	0.004
DDH-PM-0001-19	59.40	59.90	0.50	CORE	Veta	0.302	0.009
DDH-PM-0001-19	59.90	60.50	0.60	CORE	Veta	0.080	0.002
DDH-PM-0001-19	60.50	60.95	0.45	CORE	Veta	0.110	0.003
DDH-PM-0001-19	60.95	61.42	0.47	CORE	N.N.-2	0.558	0.016
DDH-PM-0001-19	61.42	61.76	0.34	CORE	N.N.-2	0.069	0.002
DDH-PM-0001-19	61.76	62.53	0.77	CORE	N.N.-2	0.371	0.011
DDH-PM-0001-19	62.53	63.03	0.50	CORE	N.N.-2	21.392	0.624
DDH-PM-0001-19	63.03	64.07	1.04	CORE	N.N.-2	10.587	0.309
DDH-PM-0001-19	64.07	64.93	0.86	CORE	N.N.-2	19.507	0.569
DDH-PM-0001-19	64.93	65.77	0.84	CORE	N.N.-2	7.345	0.214
DDH-PM-0001-19	65.77	66.43	0.66	CORE	Veta	0.747	0.022
DDH-PM-0001-19	66.43	67.55	1.12	CORE	Veta	0.475	0.014
DDH-PM-0001-19	67.55	68.35	0.80	CORE	Veta	0.091	0.003
DDH-PM-0001-19	68.35	69.42	1.07	CORE	Veta	0.063	0.002
DDH-PM-0001-19	69.42	70.04	0.62	CORE	Veta	0.372	0.011
DDH-PM-0001-19	70.04	71.13	1.09	CORE	Veta	0.701	0.020
DDH-PM-0001-19	71.13	71.65	0.52	CORE	Veta	0.065	0.002
DDH-PM-0001-19	71.65	72.28	0.63	CORE	Veta	0.044	0.001
DDH-PM-0001-19	72.28	72.65	0.37	95 CORE	Veta	3.188	0.093
DDH-PM-0001-19	72.65	72.94	0.29	CORE	Veta	0.211	0.006
DDH-PM-0001-19	72.94	73.24	0.30	CORE		0.118	0.003

PLANO DE INTERCEPTO - DDH



LEYENDA

LITHOLOGY						TEXTURE		
LITHO_TYPE	DESCRIPTION	RGB	COLOUR	CODE	UNIT	LITH_TEXT	DESCRIPTION	CODE
OVB	Cobertura	217, 217, 217		999	Dep. Cuaternario	CG	Grano Grueso (>0.5mm)	11
SS	Arenisca	255, 255, 0		100	Sedimentario	FG	Grano Fino (<0.5mm)	12
CZT	Cuarcita	0, 255, 0		105	Metamórfico	LAM	Laminación	13
SHL	Lutita	153, 102, 0		110	Sedimentario	FOL	Foliada	20
SLT	Lodolita	102, 51, 0		115	Sedimentario	AFA	Afánítica	31
LS	Caiza	0, 169, 230		120	Sedimentario	FP	Porfírico Fino	32
EVA	Manto Evaporita	0, 153, 153		130	Sedimentario	CP	Porfírico Grueso	33
COAL	Horizonte Carbón	0, 0, 0		135	Sedimentario	FB	Bandeamiento de Flujo	34
LV	Lava	255, 102, 0		150	Volcánico	ASH	Cinerítico	41
TB	Toba	191, 143, 0		155	Volcánico	LAP	Lapilli	42
SV	Sub-volcánico	255, 51, 204		160	Intrusivo	BXB	Brecha / Bloques	43
VN	Veta	153, 0, 255		170	Estructura	MON	Monomictica	51
QV	Veta Cuarzo	255, 0, 0		175	Estructura	POL	Polimictica	52
FLT	Falla	0, 0, 255		180	Estructura			
IBX	Inyección de brecha	255, 204, 153		190	Brecha			
IG	Indiferenciado igneo	255, 124, 128		198				
SED	Indiferenciado sed	204, 204, 204		199				

Descripción de leyenda - litología

ALTE_TYPE	DESCRIPTION	RGB	COLOUR	CODE
NA	Roca no alterada			299
SIL	Silicificación	255,0,0		200
ARG	Argílica (kao-ARCs)	255,255,0		211
IARG	Argílica Intermedia (Ill-esm)	255, 204, 0		212
AARG	Argílico Avanzado (aln, pyr,...)	255, 102, 0		213
PROP	Propílica (ep-chl,ca,py)	0,255,0		221
CLO	Cloritización (chl)	0,128,0		222
PHY	Fílica (qz, ser+/-ARCs)	204,0,255		241
SER	Sericítica	255, 124, 128		242

Descripción de leyenda – alteraciones

COMPOSITION			STRUCTURES			
LITH_COMP	DESCRIPTION	CODE	STR_TYPE		DESCRIPTION	CODE
QTZ	Cuarzosa	61	FLL		Falla	400
FEL	Feldespática	62	QVZ		Zona de venillas Qz (>2mm espesor)	401
AND	Andesita	63	VZ		Zona de venillas (>2mm espesor)	420
DA	Dacita	64	VN		Veta	430
BIT	Bituminosa	65	FBX		Brecha de Falla	440
SLT	Pizarrosa	66	CBX		Brecha Craquel	450
			STW		Stockwork	460

Descripción de leyenda – estructuras

ALT_MODE	DESCRIPTION	CODE
PV	Pervasivo	70
SM	Selectivo Matriz	71
SF	Selectivo Fragmento	72
SP	Selectivo Cristal	73
D	Diseminado	74
PC	Parches	75
V	Venillas	76

Descripción de leyenda – grado de alteraciones

MINERAL ZONE				
MIN_ZONE	DESCRIPTION	RGB	COLOUR	CODE
OXD	Zona de oxidos	102,51,0		310
SULF	Zona de sulfuros	255,0,0		320
MIX	Zona mixta	0,255,0		340

Descripción de leyenda – mineralización

LOGUEO RÁPIDO DE SONDAJES DDH				
PROYECTO	LITOLÓGIA	ALTERACIÓN	ZONA MIN	ESTRUCTURA
PROYECTO FORTAL 25/08/18 TUNO HAYO 0.40 - 6.75 (metros)	0.40 0.90 OXB SHL SHL/BIT 6.75m		0.4 OXD Vls de 2-3m de 3cm	
FECHA 25/08/18				
SONDAJE DDH-CAR-01				
PLATAFORMA				
COORDENADAS E: 829659.9 N: 9092142.42 Cota: 3378.35 msnm.				
Az: N 148° Incl: -50°				
Logueado Por: René T / Jorge M.				
Revisado Por: René T / Jorge M.				
	20.45m SV SV 29.30m SV 32.90m IDX POL 37.40m 39.40m SS 50.00	ARG ARG PROP CLO SIL 50.00	20.45m OXD (2-3m) Hacia Vls de Silice y Fe 29.30m OXD posible dique STW-dbl (Silice - Fe - Py - Mn - Cu - Ag - Au) 39.40m OXD OXD 50.00	

Logueo geológico del sondaje