

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y  
METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS MINERALES DEL  
PROYECTO CARHUACAYÁN - JUNIN - PERÚ**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bachiller. Jainor Saúl TERÁN YUCRA**

**Bachiller. Yuri Yancarlo MAYORGA CASTILLO**

**Asesor: Ing. Iván Cáceres Angulo**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
GEÓLOGO  
CUSCO – PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

A mi madre Julia Yucra Benites por haberme formado con valores el cual me ayudo a salir adelante, por su dedicación, y su preocupación día a día por mi bienestar. A mi padre Grimaldo Terán Jordán, por estar siempre conmigo, por el enorme en incansable sacrificio, por creer en mí, y enseñarme los valores de la vida.

A mi novia Sindy Meza Atencio, por su incansable dedicación y apoyo incondicional, por la alegría y la dicha de llenar mi alma, y compartir la vida conmigo.

A mi hermana Darenka Terán Yucra por los todos años compartidos como amigos, por su comprensión, por su apoyo y por su gran cariño hacia mí.

*Jainor Saúl Terán Yucra*

## DEDICATORIA

A mi madre Eva Castillo Meza por su dedicación y su abnegada labor como madre, que por sus valores y su gran amor me hace hoy la persona que soy, a mi padre el Dr, Francisco Rigoberto Mayorga Arce, por su ejemplo y la gran labor como padre hoy siento admiración por él.

A mis hermanos Richard, Jarol y Rebeca, los que nunca dejaron de confiar en mí y siempre estuvieron ahí para apoyarme en las buenas y malas.

Y a John Rosenthal Arias por esas palabras sabias y sus grandes consejos

*Yuri Yancarlo Mayorga Castillo*

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro creador por permitir que nos juntemos y que este trabajo se haya realizado sin ningún tipo de dificultades.

Debemos manifestar nuestro agradecimiento a Volcán Cia. Minera S.A.A., a la Gerencia Corporativa de Exploraciones, Ing. Cesar Farfán, a la Jefatura de Exploraciones del Proyecto Carhuacayán liderado por el Ing. Carlos Velásquez Díaz de manera muy especial al Ing. Mario Diaz Isuiza por su constante apoyo para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

Agradecemos también a todos nuestros profesores por sus enseñanzas impartidas durante el periodo académico que pase en la escuela de Formación Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y en especial al ingeniero Iván Caceres Angulo por su asesoramiento incondicional.

Finalmente hacemos extensivo este agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera han contribuido al desarrollo del presente trabajo, así como la complementación en nuestro desarrollo personal y profesional.

# INDICE GENERAL

## CAPITULO I ASPECTOS GENERALES

|   |    |
|---|----|
| CAPITULO I.....   | 1  |
| ASPECTOS GENERALES .....  | 1  |
| 1.1.    Determinación del Problema.....                                       | 1  |
| 1.2.    Formulación del Problema .....  | 1  |
| 1.2.1.    Problema General.....   | 1  |
| 1.2.2.    Problemas Específicos .....   | 1  |
| 1.3.    Objetivos .....   | 2  |
| 1.3.1.    Objetivo General .....  | 2  |
| 1.3.2.    Objetivos Específicos.....  | 2  |
| 1.4.    Hipótesis .....   | 2  |
| 1.4.1.    Hipótesis General.....  | 2  |
| 1.5.    Variables .....   | 2  |
| 1.5.1.    Variable Independiente .....  | 2  |
| 1.5.2.    Variable Dependiente.....   | 2  |
| 1.6.    Justificación .....   | 3  |
| 1.7.    Antecedentes.....   | 3  |
| 1.7.1.    Ubicación.....  | 4  |
| 1.7.2.    Accesibilidad.....  | 4  |
| 1.7.3.    Clima, Vegetación y Actividad Económica .....                       | 6  |
| 1.8.    Recursos Naturales y Recursos Humanos.....                            | 7  |
| 1.9.    Historia.....   | 7  |
| 1.10.    Metodología de Trabajo .....   | 8  |
| 1.10.1.    Etapa de Gabinete .....  | 9  |
| 1.10.2.    Etapa de Campo .....   | 9  |
| 1.10.3.    Etapa de Laboratorio .....   | 10 |
| 1.10.4.    Etapa de Gabinete II.....  | 10 |
| 1.10.5.    Recopilación de Información .....                                  | 10 |
| 1.10.6.    Validación de Leyes.....   | 14 |
| 1.10.7.    Interpretación Geológica y Generación de Solidos por Dominios..... | 15 |
| 1.10.8.    Composición .....  | 15 |
| 1.10.9.    Análisis Estadístico y Geoestadístico.....                         | 15 |
| 1.10.10.    Modelo de Bloques .....   | 16 |
| 1.10.11.    Interpolación de Leyes .....                                      | 16 |
| 1.10.12.    Validación .....  | 17 |

|  |    |
|--|----|
| CAPITULO II .....  | 19 |
| GEOMORFOLOGIA .....  | 19 |
| 2.1.    Unidades Geomorfológicas.....                                  | 19 |
| 2.1.1.    Montaña Cordillerana. ....                                   | 19 |
| 2.1.2.    Circo Glaciar .....  | 19 |
| 2.1.3.    Valles Glaciares .....                                       | 20 |
| 2.1.4.    Bofedales.....   | 20 |
| 2.1.5.    Altiplano .....  | 20 |
| 2.1.6.    Valles .....   | 21 |
| CAPITULO III GEOLOGÍA REGIONAL .....                                   | 23 |
| 3.1.    Unidades Litoestratigráficas .....                             | 23 |
| 3.1.1.    Grupo Excelsior (Silúrico - Devónico): .....                 | 23 |
| 3.1.2.    Grupo Mitú (Pérmico):.....                                   | 23 |
| 3.1.3.    Grupo Pucará (Triásico Superior - Liásico):.....             | 24 |
| 3.1.4.    Formación Chambará (Triásico Superior): .....                | 24 |
| 3.1.5.    Formación Aramachay (Liásico: Hetangiano-Sinemuriano): ..... | 25 |
| 3.1.6.    Formación Condorsinga (Liásico Toarciano): .....             | 25 |
| 3.1.7.    Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior):.....             | 25 |
| 3.1.8.    Formación Chúlec .....                                       | 26 |
| 3.1.9.    Formación Pariatambo .....                                   | 26 |
| 3.1.10.    Formación Jumasha.....                                      | 27 |
| 3.2.    Intrusivos.....  | 30 |
| 3.3.    Diques y Sills Maficos .....                                   | 31 |
| 3.4.    Geocronología.....   | 31 |
| CAPITULO IV GEOLOGÍA LOCAL.....  | 34 |
| 4.1.    Estratigrafía Local.....                                       | 34 |
| 4.1.1.    Grupo Goyllarisquizga - Indiferenciado .....                 | 34 |
| 4.1.2.    Formación Pariahuanca.....                                   | 34 |
| 4.1.3.    Formación Chulec .....                                       | 35 |
| 4.1.4.    Formación Pariatambo .....                                   | 36 |
| 4.1.5.    Formación Jumasha.....                                       | 37 |
| 4.1.6.    Diabasa.....   | 37 |
| 4.1.7.    Formación Casapalca .....                                    | 38 |
| 4.2.    Rocas Ígneas .....   | 39 |
| 4.2.1.    Pórfido Dacítico (PDAC).....                                 | 39 |
| 4.2.2.    Cuarzo Monzonita (CM).....                                   | 41 |
| 4.2.3.    Pórfido Cuarzo Feldespático (PQF) .....                      | 42 |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 4.2.4.                                    | Brechas.....  | 42 |
| 4.2.4.2.                                  | Brecha Intrusiva Polimíctica .....  | 44 |
| 4.2.4.3.                                  | Brecha de Turmalina.....  | 44 |
| 4.2.4.4.                                  | Brecha de Biotita Secundaria.....   | 45 |
| 4.2.4.5.                                  | Brecha Freática .....   | 46 |
| 4.2.4.6.                                  | Brecha .....  | 47 |
| 4.2.4.7.                                  | Brecha de Óxidos .....  | 47 |
| CAPITULO V .....                          |   | 51 |
| GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....                |   | 51 |
| 5.1.                                      | Geología Estructural .....  | 51 |
| 5.2.                                      | Pliegues.....   | 51 |
| 5.2.1.                                    | Anticlinal Carhuacayán.....   | 51 |
| 5.2.2.                                    | Sinclinal .....   | 51 |
| 5.3.                                      | Fallas.....   | 52 |
| 5.3.1.                                    | Fallas Mayores .....  | 52 |
| 5.3.2.                                    | Fallas Locales.....   | 52 |
| 5.4.                                      | Plegamientos.....   | 53 |
| 5.5.                                      | Mineralización y Alteración.....  | 54 |
| 5.6.                                      | Vetas .....   | 55 |
| 5.7.                                      | Tectonismo.....   | 56 |
| 5.7.1.                                    | Ciclo Tectónico Hercínico .....   | 56 |
| 5.7.1.1.                                  | Fase Eoherciniana .....   | 56 |
| 5.7.2.                                    | Ciclo Tectónico Andino:.....  | 57 |
| CAPITULO VI.....                          |   | 62 |
| IMPACTOS POTENCIALES DE LA ACTIVIDAD..... |   | 62 |
| 6.1.                                      | Procedimiento De Análisis De Impactos Ambientales .....   | 62 |
| 6.2.                                      | Identificación Y Evaluación De Impactos .....   | 63 |
| 6.2.1.                                    | Identificación De Actividades Del Proyecto Y Componentes Ambientales Interactuantes .....                     | 63 |
| 6.3.                                      | Impactos Previsibles En La Etapa 1: Habilitación De Accesos, Plataformas, Pozas Y Componentes Auxiliares..... | 64 |
| 6.4.                                      | Impactos Previsibles En La Etapa De Exploración.....  | 70 |
| CAPITULO VII .....                        |   | 74 |
| ANALISIS Y VALIDACION DE DATOS.....       |   | 74 |
| 7.1.                                      | Mapeo Geológico.....  | 74 |
| 7.2.                                      | Perforación Diamantina. ....  | 75 |
| 7.2.1.                                    | Desviación de Sondaje .....   | 79 |
| 7.3.                                      | Registro Geológico .....  | 79 |

|                                      |  |     |
|--------------------------------------|--|-----|
| 7.4.                                 | Muestreo de Testigos .....                           | 80  |
| 7.4.1.                               | Muestreo de Testigos de Perforación.....             | 80  |
| 7.4.2.                               | Toma de Densidad en Testigos .....                   | 82  |
| 7.4.3.                               | Preparación de Muestras .....                        | 83  |
| CAPITULO VIII.....                   |  | 86  |
| GENERACIÓN DEL MODELO GEOLOGICO..... |  | 86  |
| 8.1.                                 | Modelamiento Geológico.....                          | 86  |
| 8.2.                                 | Modelo Litológico .....                              | 86  |
| 8.3.                                 | Modelo Estructural.....                              | 89  |
| 8.4.                                 | Dominios de Mineralización.....                      | 90  |
| 8.4.1.                               | Dominio A .....                                      | 90  |
| 8.4.2.                               | Dominio B.....                                       | 91  |
| 8.4.3.                               | Dominio C.....                                       | 91  |
| 8.5.                                 | Información Empleada:.....                           | 94  |
| CAPITULO IX.....                     |  | 95  |
| ESTIMACIÓN DE RECURSOS .....         |  | 95  |
| 9.1.                                 | Base de datos y Wireframes.....                      | 95  |
| 9.2.                                 | Acotamiento.....                                     | 95  |
| 9.3.                                 | Compositación y Análisis Exploratorio de Datos ..... | 96  |
| 9.3.1.                               | Modelo de Bloques .....                              | 101 |
| 9.3.2.                               | Clasificación de Recursos .....                      | 106 |
| 9.3.3.                               | Esterilización.....                                  | 106 |
| 9.3.4.                               | Conclusiones .....                                   | 107 |
| 9.4.                                 | Metalurgia .....                                     | 107 |
| CONCLUSIONES .....                   |  | 111 |
| RECOMENDACIONES .....                |  | 113 |
| BIBLIOGRAFIA .....                   |  | 114 |



## INDICE DE LAMINAS

|   |    |
|---|----|
| Lamina N° 1:Plano de Acceso y Ubicación.....                                  | 5  |
| Lamina N° 2: Geoquímica de rocas, muestras de orientación zona La Tapada..... | 13 |
| Lamina N° 3: Plano Geológico Regional.....                                    | 28 |
| Lamina N° 4: Columna estratigráfica del Proyecto Carhuacayán .....            | 29 |
| Lamina N° 5: Mapa Geológico local del Proyecto Carhuacayán. ....              | 50 |
| Lamina N° 6: Mapa Estructural del Proyecto Carhuacayán. ....                  | 60 |
| Lamina N° 7: Sección transversal del proyecto Carhuacayán. ....               | 61 |
| Lamina N° 8: Plano Geológico Local. ....                                      | 88 |
| Lamina N° 9: Modelo litológico de La Tapada.. ....                            | 89 |
| Lamina N° 10: Modelo en 3D de los dominios de mineralización. ....            | 93 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 1: Organización de la base de datos. ....   | 13  |
| Figura N° 2: Bissig et al. / Journal of South American Earth Sciences 26 .....                                  | 32  |
| Figura N° 3: Acotamiento de Zn en el dominio TPDC.....  | 96  |
| Figura N° 4: Cambio de soportes desde longitudes de muestreo a compósitos de<br>1.5m para el dominio TPDC. .... | 97  |
| Figura N° 5: Análisis de límites para el Zn del dominio TPDC. ....  | 98  |
| Figura N° 6: Coreogramas y elipse de búsqueda de Zn para el dominio TPDC. ...                                   | 99  |
| Figura N° 7: Dominio TPDA, Leyes de Zn vs leyes de Entrada.. ....   | 102 |
| Figura N° 8: Dominio TPDA, compósitos. Vista mirando al NE.....   | 102 |
| Figura N° 9: Swath plot Este de la estimación de Zn en el dominio TPDC. ....                                    | 103 |
| Figura N° 10: Swath plot Este de la estimación de Ag en el dominio TPDC.....                                    | 103 |
| Figura N° 11: Swath plot Este de la estimación de Pb en el dominio TPDC. ....                                   | 104 |
| Figura N° 12: Swath plot Norte de la estimación de Zn en el dominio TPDC.....                                   | 104 |
| Figura N° 13: Swath plot Norte de la estimación de Ag en el dominio TPDC. ....                                  | 105 |
| Figura N° 14: Swath plot Norte de la estimación de Pb en el dominio TPDC.....                                   | 105 |
| Figura N° 15: Wireframes utilizadas para la esterilización. ....  | 107 |
| Figura N° 16: La Tapada Norte, modelo de bloques mostrando valores de Zn....                                    | 109 |
| Figura N° 17: La Tapada, modelo de bloques mostrando valores de Zn.....   | 110 |

## INDICE DE FOTOS

|   |    |
|---|----|
| Foto N° 1: Muestra del Pórfido Dacítico .....   | 41 |
| Foto N° 2: Muestra del Pórfido Cuarzo Feldespático .....  | 42 |
| Foto N° 3: Imagen mirando al NE observando la zona de Candelaria .....  | 43 |
| Foto N° 4: Muestra de la Brecha Intrusiva Monomíctica .....   | 44 |
| Foto N° 5: Muestra de la Brecha Intrusiva Polimíctica. ....   | 44 |
| Foto N° 6: Muestra de la Becha con Matriz de Polvo de Roca. ....  | 45 |
| Foto N° 7: Muestra de la Brecha Polimíctica con Biotita Hidrotermal .....   | 46 |
| Foto N° 8: Muestra de la Brecha Freática.....   | 46 |
| Foto N° 9: Muestra de la Brecha de Cuarzo-Sericita-Pirita.....  | 47 |
| Foto N° 10: Foto mirando al E, se observa el proyecto Oriente .....   | 48 |
| Foto N° 11: Foto mirando al E. Extensión de la formación Casapalca aflorando en el proyecto Carhuacayán. ....   | 49 |
| Foto N° 12: C° La tapada con excavaciones antiguas sobre vetas y fallas, al lado Sur la Brecha Toldojirca y la boca mina del Niveles 400 y 600.....   | 75 |
| Foto N° 13: Cuerpo Candelaria colapsado por la explotación subterránea. ....  | 75 |
| Foto N° 14: A) Marcado de contactos litológicos. B) Uso de lápiz imán para identificar minerales magnéticos. C) Uso de lápiz de dureza. D) Uso del gotero con ácido clorhídrico para identificación de carbonatos. E) Ingreso de datos en el DHLogger. .... | 80 |
| Foto N° 15: Ubicación de los tacos al final de cada tramo de muestreo.....  | 81 |
| Foto N° 16: Etiquetado y proceso de muestreo.....   | 82 |
| Foto N° 17: A; Sala de corte de testigos. B; Petrótomo de marca Norton.....   | 84 |
| Foto N° 18: A; Línea de corte de color azul. B; Proceso de corte. C; Testigos cortados. ....  | 85 |

## INDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro N° 1: Tres Rutas de Acceso al Proyecto Carhuacayán.....  | 4  |
| Cuadro N° 2: Sondajes perforados – Proyecto Carhuacayán Campaña 2017.....                                   | 12 |
| Cuadro N° 3: Cuadro resumen con edades de algunos yacimientos cordilleranos..                               | 33 |
| Cuadro N° 4: Metros Perforados versus metros Programados - Proyecto Carhuacayán y Pórfido Carhuacayán. .... | 76 |
| Cuadro N° 5: Metros Perforados por Empresas.....  | 77 |
| Cuadro N° 6: Detalle de los sondajes perforados en el Proyecto Carhuacayán.....                             | 78 |

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro N° 7: Muestras de Densidad.....   | 83  |
| Cuadro N° 8: Eficiencia de discos de corte en el Proyecto Carhuacayán.....   | 83  |
| Cuadro N° 9: Cuadro de resumen con la ocurrencia de códigos litológicos para cada dominio de mineralización generado. .... | 93  |
| Cuadro N° 10: Base de datos de La Tapada, diciembre del 2017.....  | 95  |
| Cuadro N° 11: Acotamiento de valores anómalos para cada metal por cada .....   | 96  |
| Cuadro N° 12: Valores geoestadísticos para los soportes desde longitudes de muestreo a compósitos. ....                    | 97  |
| Cuadro N° 13: Rangos de la elipse de búsqueda para el dominio TPDA .....   | 99  |
| Cuadro N° 14: Rangos de la elipse de búsqueda para los dominios TPDC.....  | 100 |
| Cuadro N° 15: Plan/Criterios de búsqueda para los dominios TPDA. ....  | 100 |
| Cuadro N° 16: Plan/Criterios de búsqueda para los dominios TPDC.....   | 100 |
| Cuadro N° 17: Método de estimación por dominio. ....   | 100 |
| Cuadro N° 18: Reconciliación del volumen de los bloques y wireframes.....  | 101 |
| Cuadro N° 19: Leyes medias globales para la estimación NN vs estimación OK/IDW. ....                                       | 106 |
| Cuadro N° 20: Recursos minerales Insitu de La Tapada, reportado con cut-off de 2% ZnEq.....                                | 107 |

## **RESUMEN**

Para generar la interpretación del yacimiento se generaron secciones verticales que cortan transversal y longitudinalmente a los mantos y vetas presentes.

El modelo geológico y la cantidad mineral presente, se realizó a partir de la información geoquímica para poder realizar una buena interpolación y/o definición.

El software utilizado para este proceso fue el Leapfrog 4.0.

Se realizó la interpolación para cada zona mineral (mantos de reemplazamiento y cuerpos de esfalerita-galena), en donde, la geoquímica para el caso del Skarn de Sp-Mgt-Po-Py y los Cuerpos de Sp-Gn-Py-Cal, Después de tener definido los intervalos máximos y mínimos de leyes de Zinc se procedió al cálculo de volumen para cada zona de mineral, definiendo los siguientes rangos de mineralización, Ya establecido el volumen, se procedió al cálculo de mineral, empleando 3 gr/cm<sup>3</sup> como gravedad específica y se sumó ambas zonas de mineral para encontrar el volumen total de mineral de Zn.

# **CAPITULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Determinación del Problema**

Al noreste de la mina Alpamarca se ubica la antigua mina Carhuacayán que fue trabajada por el Sindicato Minero Río Pallanga por más de 50 años hasta el año 1983, extrayendo aproximadamente 2 millones de TM de mineral polimetálico (plomo, zinc y plata). La información refiere a que hubo 3 estadios de mineralización: en un primer episodio (A) la mineralización se presentó en forma de manto de magnetita, esfalerita y pirrotita, en un segundo episodio (B) hubo un reemplazamiento de piritita que reemplaza a la magnetita y pirrotita, en un tercer episodio (C) de reemplazamiento de las vetas de esfalerita y galena principalmente.

Es en este tercer episodio donde se originó la mineralización de interés para nuestro proyecto en la que se determinó nuevos blancos mineralizados en superficie, por lo que hay una necesidad de definir los cuerpos mineralizados y estimar los recursos de mineral, para ello se plantea las perforaciones dirigidas a partir de esos dos blancos de interés; se tiene previsto hacer 25 perforaciones dirigidas.

### **1.2. Formulación del Problema**

#### **1.2.1. Problema General**

- ¿Existen recursos de minerales de interés económico en el proyecto Carhuacayán?
- ¿Cuál será la forma que presenta el cuerpo mineralizado?

#### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las características geológicas, petrográficas y mineralógicas que presenta el proyecto Carhuacayán?

- ¿Cuáles son las características geoquímicas que evidencia mineralización en el proyecto Carhuacayán?
- ¿Cuál es la estimación de las leyes de mineralización del proyecto Carhuacayán?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Determinar los recursos de minerales del proyecto Carhuacayán y definir la forma del cuerpo mineralizado.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Realizar mapeo a detalle a escala 1:1000.
- Realizar muestreo y análisis geoquímico.
- Construir una malla y perforación diamantina.
- Realizar interpretación geológica a través de secciones geológicas.
- Construir un modelo geológico preliminar.
- Hacer una estimación de los recursos de minerales.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis General**

El cuerpo mineralizado se encuentra en vetas y por los estudios previos realizados consideramos que las leyes de los minerales son favorables para continuar con una etapa de explotación de los recursos minerales.

### **1.5. Variables**

#### **1.5.1. Variable Independiente**

Características geológicas, geomorfológicas, petrográficas y mineralógicas.

#### **1.5.2. Variable Dependiente**

Determinación de recursos de minerales, cuerpo de minerales, valor de las leyes estimadas.

## **1.6. Justificación**

Este trabajo de tesis se justifica porque con la determinación preliminar de las leyes de los minerales y la definición del cuerpo mineralizado del proyecto Carhuacayán, obtendremos la estimación de reservas minerales, ampliando las áreas explotación de la mina Alpamarca y además servirá como información geológica para futuras campañas, todo esto a través de la correcta interpretación de la mineralización y geología basadas en la perforación diamantina y el logueo detallado de los sondajes ejecutados.

## **1.7. Antecedentes**

Al noreste de la Mina Alpamarca se ubica la antigua Mina Carhuacayán que fue trabajada por el sindicato minero Río Pallanga por más de 50 años hasta el año 1983, extrayendo aproximadamente 2 millones de TM de mineral polimetálico (plomo, zinc y plata). La información refiere que en vetas, cuerpos y mantos a través de galerías subterráneas.

En el año 2012 Volcan Compañía Minera obtiene los derechos de la propiedad que perteneció al sindicato minero Río Pallanga S.A.

En el 2015 por encargo de la gerencia de exploraciones se realizó una evaluación geológica regional en los alrededores de la antigua mina hallando y definiendo blancos de exploración.

El proyecto Carhuacayán consiste de un yacimiento Polimetálico, clasificado como del tipo “cordillerano”, alojado en las rocas carbonatadas de las Formación Jumasha, en el pórfido Dacítico y brechas hidrotermales asociadas a las vetas dentro del corredor estructural E-W. La mineralización de Zn-Pb-Ag está en vetas, mantos y Brechas hidrotermales. En el 2017, se ha perforado un total 20000 metros (HQ 89% y NQ 11%), distribuidos en 45 sondajes.

Los datos que se obtuvieron a partir de la perforación diamantina fueron; el logueo geológico, logueo geotécnico, estructuras en sondajes para este fin se utilizó el instrumento manual de medición y registro estructural Reflex-iq Logger, el muestreo de testigos de perforación donde las muestras fueron analizadas en el laboratorio ALS CHEMEX, Para los ensayos multielementales se usó el método ME-ICP61, usando el análisis ICP-AES convencional, descomponiendo la muestra con digestión de HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>-HF-HCl, lixiviación de HCl (GEO-4ACID) y se analiza con plasma acoplado inductivamente - espectroscopia de emisión atómica (ICP - AES).

### 1.7.1. Ubicación

El área de estudio se ubica en el Distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, a 27 kilómetros de la Mina Alpamarca, geológicamente se enmarca en el cuadrángulo de Ondores (23-k) del Ingemmet, las coordenadas UTM del proyecto son: 8765,896N / 351,634E. (WGS84, Zona 18S). Las cotas varían de 4,162 a 4,585 m.s.n.m.

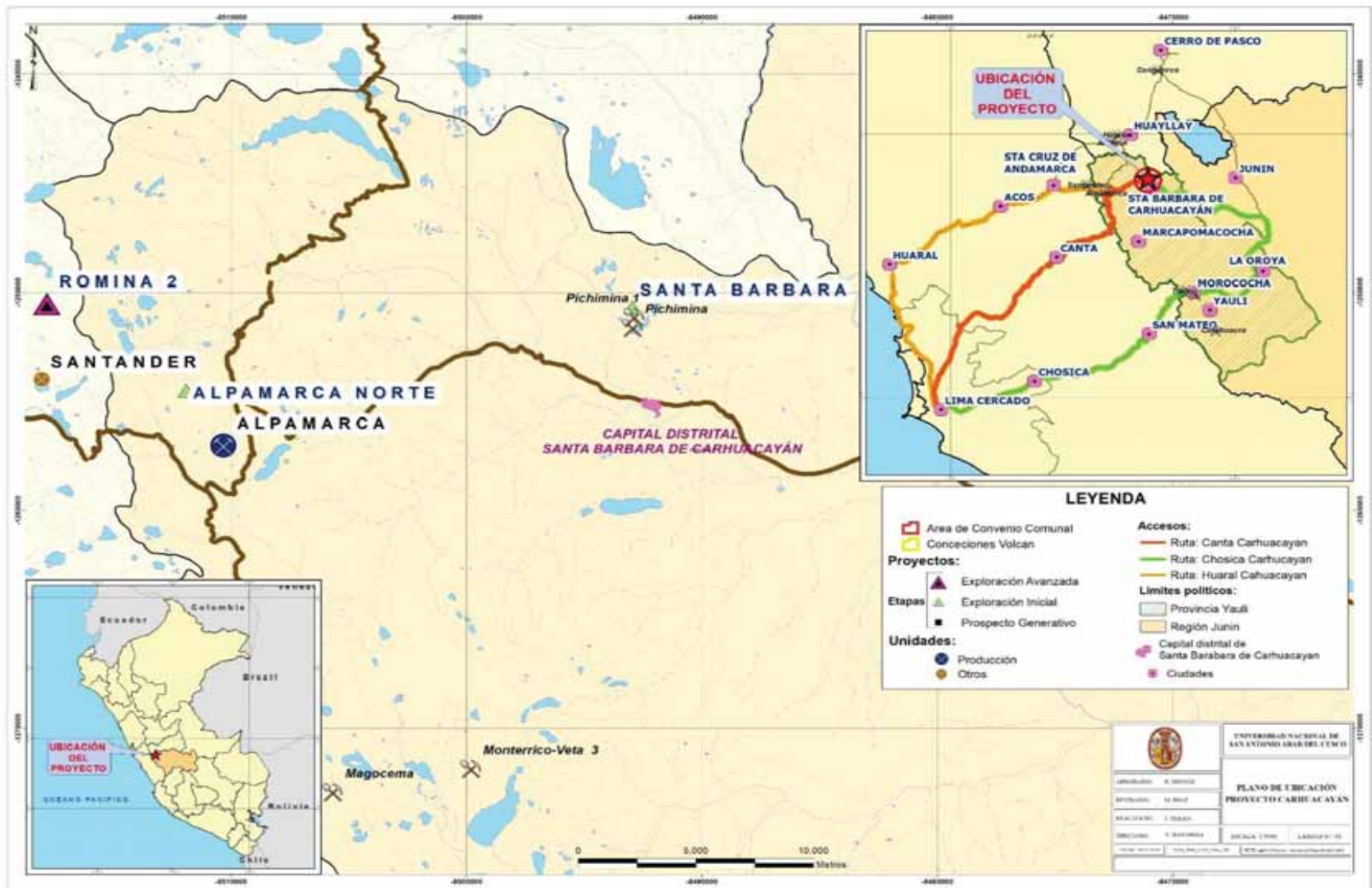
### 1.7.2. Accesibilidad

El acceso se realiza por medio de tres rutas, todas ellas terrestres, como se muestra en el cuadro N.º 1 (2017).

| RUTA                      | TIPO             | KM         | TOTAL, KM  | HRS        | TOTAL, HRS |
|---------------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|
| Lima - Huaral- Acos       | Asfaltada        | 200        | 265        | 3.0        | 5.5        |
| Acos - Carhuacayán        | Afirmada         | 65         |            | 2.5        |            |
| <b>Lima - Canta</b>       | <b>Asfaltada</b> | <b>100</b> | <b>180</b> | <b>2.5</b> | <b>5.0</b> |
| <b>Canta- Carhuacayán</b> | <b>Afirmada</b>  | <b>80</b>  |            | <b>2.5</b> |            |
| Lima-Oroya-La Cima        | Asfaltada        | 190        | 240        | 4.5        | 6.0        |
| La Cima-Carhuacayán       | Afirmada         | 50         |            | 1.5        |            |

*Cuadro N° 1: Tres Rutas de Acceso al Proyecto Carhuacayán (Fuente Concesiones Volcan 2017)*





Lamina N° 1: Plano de Acceso y Ubicación

### **1.7.3. Clima, Vegetación y Actividad Económica**

#### **1.7.3.1. Clima**

El clima en la región es frígido y seco, con marcado cambio en los últimos años por el cambio climático, marcado por dos estaciones: la húmeda de noviembre a abril con precipitaciones de lluvia, nevada y granizo y la seca durante el resto del año con frío más intenso y precipitaciones esporádicas.

El área de estudio se encuentra ubicada a una altitud promedio de 4800 m.s.n.m. La zona está representada por un área de relieve moderado con formas topográficas de típico modelado glaciar y fluvioglaciar integrado por pampas, colinas, cadena de cerros suaves y concordantes, Corresponde geográficamente a las regiones Puna y Janca. La Puna está comprendida entre los 4,000 y 4,800 m.s.n.m. y la región Janca para las zonas encima de los 4,500 m.s.n.m.

#### **1.7.3.2. Vegetación**

La vegetación está en íntima relación con el clima. En el altiplano, entre los 4,000 y 5,000 msnm, la agricultura desaparece, en cambio predominan los pastos naturales como el ichu (stepa ichu); en el fondo de los valles y en las proximidades de lagunas hay turba delgada que constituye bofedales y champas; además existen algunas gramíneas y hierbas pequeñas. Esta vegetación sirve de forraje para el ganado ovino, vacuno y auquénido de la zona.

#### **1.7.3.3. Fauna**

Está compuesta principalmente por ovinos, corderos y la fauna silvestre, la principal actividad económica y fuente de ocupación de la población del

Centro Poblado Santa Bárbara de Carhuacayán y de la Comunidad Campesina de Carhuacayán es la actividad pecuaria. El territorio de la Comunidad Campesina de Carhuacayán tiene una altitud mayor a los 4,100 msnm. Las condiciones climáticas extremas de puna no permiten el desarrollo de la actividad agrícola, no obstante, la abundancia de pastos naturales y agua han dado lugar a una intensa actividad pecuaria.

### **1.8. Recursos Naturales y Recursos Humanos**

El principal recurso natural de la zona son los minerales, la mina Santa Bárbara de Carhuacayán comenzó sus actividades en 1962 y en 1985 paralizaron sus actividades. Esta actividad dio trabajo directo e indirecto a más de 500 familias.

El recurso agua es suficiente, los ríos Huascacahca y Posta se unen y forman el río San Pedro. Otro recurso natural son las lagunas que con un mejoramiento en la crianza de truchas puede generar una actividad de importancia en la zona.

La principal fuente de ingresos de la población de Carhuacayán es la ganadería; para ello Vichaycocha en diciembre del 2017 ha hecho un convenio multisectorial con la comunidad de Carhuacayán, Municipalidad distrital y la ONG Prisma con el objetivo de desarrollar la actividad ganadera como fuente de principales ingresos de la población; este programa tiene una estructura modular sistemática donde la participación de los comuneros en las actividades de los módulos es activa y garantiza que el programa tenga en el futuro próximo los éxitos esperados.

### **1.9. Historia**

La mina Carhuacayán fue una operación minera antigua de mediana escala, que operó hasta el año de 1,983. Trabajó por más de 50 años, extrayendo aproximadamente 2 millones de TM de mineral polimetálico (plomo, zinc y plata).

Bisa en 1983, al cierre de la mina, realizó un cálculo de reservas aún sin extraer, reportando casi 3.0 MT con 2.5%Zn, 1.56%Pb y 1.46 oz.Ag/t.

Reportes antiguos indican que explotaron vetas delgadas de 0.30 a 0.80 m de potencia en 320 metros en la vertical y 150 metros en la horizontal, pero muy ricas en ley, todas dentro del intrusivo Pórfido Dacítico, Asimismo, se indica que explotaron mantos de reemplazamiento emplazados en secuencias carbonatadas skarnificadas favorables y en contacto con los intrusivos.

El año 2012<sup>12</sup> Volcan Compañía Minera S.A.A. a través de su subsidiaria Compañía Minera Vichaycocha SA.A. obtiene los derechos de la propiedad que perteneció al Sindicato Minero Río Pallanga S.A

En octubre del 2014 se firma el convenio con la Comunidad Campesina de Carhuacayán de otorgamiento de derecho de superficie, servidumbre y usufructo de 2000 hectáreas.

En Agosto del 2015 por encargo de la Gerencia de Exploraciones se realizó una evaluación Geológica Distrital del área de la mina así como en la zona del Pórfido, posteriormente se realizó el cartografiado geológico a escala 1:5000 principalmente de la zona de La Tapada y alrededores, definiéndose blancos de exploración; se elaboró un programa de perforación diamantina de 5000 metros, enfocado a la exploración de las zonas con mejores posibilidades, evidencias e información de explotación subterránea de mantos y cuerpos.

#### **1.10. Metodología de Trabajo**

El presente trabajo de tesis está basado en la toma de datos de campo, de forma objetiva y sistemática, en donde se investigaron “como son” o “como están” las variables que se estudian y la frecuencia con que ocurre un hecho o precisando donde o cuando ocurre situaciones naturales, mediante enfoques de observación.

La metodología empleada comprendió la recopilación, toma de datos, caracterización, análisis, adecuación, actualización, procesamiento y generación de información del presente estudio.

Se desarrollaron cinco etapas de trabajo:

- Etapa de gabinete
- Etapa de campo
- Etapa Laboratorio
- Etapa de gabinete II
- Preparación del informe

#### **1.10.1. Etapa de Gabinete**

- Se recopilaron, analizaron, clasificaron y seleccionaron la información de los equipos de perforación y del proceso de acuerdo a los objetivos del estudio.
- Se recopilaron información sobre la geología, cartografiado geológico del área de estudio.
- Se seleccionaron, delimitaron y digitalizaron los mapas a escala 1:1000.
- Se elaboró el Mapa Base a escala 1:25 000.
- Se realizó el planeamiento integral del trabajo de campo.

#### **1.10.2. Etapa de Campo**

- Se realizó la malla de perforación a partir del cartografiado geológico para ello se hizo dos salidas de campo con el propósito de verificar en el campo la información geológica obtenida en el
- Se realizó el levantamiento o mapeo sistemático de campo de las unidades estratigráficas y estructuras geológicas establecidos en los

mapas temáticos preliminares, con la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS),

- Se realizó el levantamiento topográfico de las plataformas propuestas para la perforación diamantina.

#### **1.10.3. Etapa de Laboratorio**

- Se enviaron las muestras de cores al laboratorio para su análisis.
- Se realizaron el análisis de los resultados del laboratorio.

#### **1.10.4. Etapa de Gabinete II**

- Se elaboró los mapas temáticos definitivos: Ubicación de la zona de trabajo, planos: geológico regional, local y ubicación de plataformas.
- Se digitalizaron mapas temáticos definitivos en la base a datos georreferenciados, utilizando el software Arcgis.
- Se utilizaron los planos elaborados por el equipo topográfico responsable de este estudio, para caracterizar la zona.
- Se realizó el logueo geológico a detalle describiendo la litología, alteración y mineralización.
- Elaboración de Secciones geológicas para la interpretación geológica.
- Se realizó un posible modelo de la zona de mineralización en el software Leapfrog.
- Se realizó la estimación de recursos en el Leapfrog.

#### **1.10.5. Recopilación de Información**

Se revisaron los informes geológicos y técnicos de la zona de estudio, así también se tomaron datos de campo sobre los trabajos geológicos para analizar sus características en la zona de estudio y se revisarán los métodos de perforación diamantina y métodos de logueo geológico de cores diamantinos.

Para el procesamiento de datos se utilizarán métodos convencionales o en su caso computarizados.

Los trabajos de evaluación consistieron en complementar la información existente con el cartografiado Geológico complementario a escala 1:2000 de la zona central de La Tapada (Mina Antigua ), dando énfasis al tema estructural determinando dos sistemas de fallas y fracturamiento, el sistema MNW con buzamiento al NE (fallas Huascachaca y Huascapallanan) que controlan el stock Pórfido Dacítico y el Sistema E-W con buzamiento al Norte determinado como un corredor estructural que controla el emplazamiento de las Vetas en La Tapada y las Brechas hidrotermales en la zona de Candelaria.

***Perforación Diamantina:*** En la campaña de perforación 2017 de La Tapada, se han perforado un total 12790 metros (HQ 92.86% y NQ 7.14%), distribuidos en 24 sondajes; se construyeron un total de 29 plataformas, de las cuales solo se utilizaron 9 por cambio en los objetivos del programa. El cuadro “A” resume las características de los sondajes ejecutados.

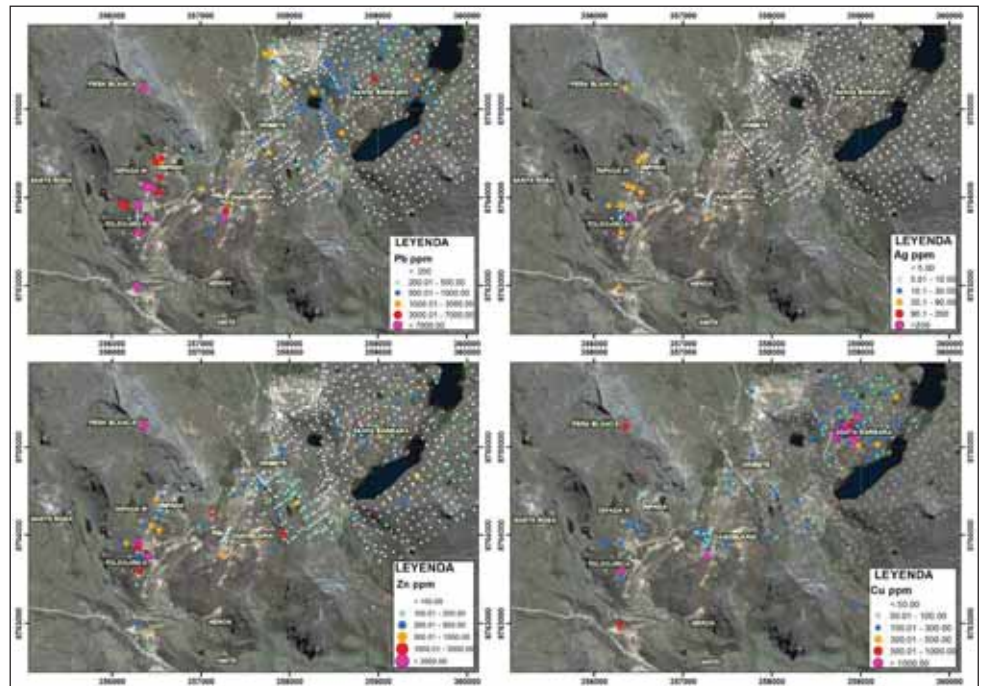
| Nro | Ubicación | PTF | FECHA      |            | DATA TALADRO |            |           | ESTADO PERFORACION |        |       |
|-----|-----------|-----|------------|------------|--------------|------------|-----------|--------------------|--------|-------|
|     |           |     | INICIO     | FIN        | ID           | AZIMUT (°) | INCL. (°) | EJECUTADO (m)      | HQ (m) | NQ    |
| 1   | La Tapada | 8   | 15/06/2017 | 24/07/2017 | DDHTPD17001  | 317.59     | 40.02     | 617.1              | 617.1  | 0     |
| 2   | La Tapada | 8   | 26/07/2017 | 5/08/2017  | DDHTPD17002  | 315        | 55        | 407.3              | 407.3  | 0     |
| 3   | La Tapada | 3   | 13/08/2017 | 24/08/2017 | DDHTPD17003  | 317.35     | 59.23     | 435.3              | 435.3  | 0     |
| 4   | La Tapada | 8   | 16/08/2017 | 5/09/2017  | DDHTPD17004  | 315.14     | 55.02     | 454.4              | 454.4  | 0     |
| 5   | La Tapada | 2   | 23/08/2017 | 1/09/2017  | DDHTPD17005  | 315.93     | 53.44     | 422.1              | 422.1  | 0     |
| 6   | La Tapada | 2   | 2/09/2017  | 21/09/2017 | DDHTPD17006  | 314.48     | 30.95     | 527.1              | 273.4  | 253.7 |
| 7   | La Tapada | 8   | 6/09/2017  | 22/09/2017 | DDHTPD17007  | 314.86     | 55.5      | 582.6              | 582.6  | 0     |
| 8   | La Tapada | 1   | 22/09/2017 | 4/10/2017  | DDHTPD17008  | 315.28     | 50.64     | 364.7              | 257.7  | 107   |
| 9   | La Tapada | 42  | 25/09/2017 | 17/10/2017 | DDHTPD17009  | 315.54     | 41.57     | 531.4              | 381    | 150.4 |
| 10  | La Tapada | 25  | 4/10/2017  | 30/10/2017 | DDHTPD17010  | 300.63     | 57.48     | 580.6              | 580.6  | 0     |
| 11  | La Tapada | 1   | 5/10/2017  | 17/10/2017 | DDHTPD17011  | 316.15     | 29.06     | 425.1              | 306.9  | 118.2 |
| 12  | La Tapada | 3   | 13/10/2017 | 3/11/2017  | DDHTPD17012  | 318.22     | 35.43     | 315.3              | 309.4  | 5.9   |
| 13  | La Tapada | 42  | 19/10/2017 | 4/11/2017  | DDHTPD17013  | 315.35     | 55.94     | 540.5              | 519.4  | 21.1  |
| 14  | La Tapada | 1   | 19/10/2017 | 25/10/2017 | DDHTPD17014  | 313.9      | 73.1      | 313.2              | 313.2  | 0     |
| 15  | La Tapada | 1   | 26/10/2017 | 11/11/2017 | DDHTPD17015  | 315.12     | 18.6      | 441.8              | 258.4  | 183.4 |
| 16  | La Tapada | 25  | 31/10/2017 | 14/11/2017 | DDHTPD17016  | 298.33     | 73.86     | 626.4              | 626.4  | 0     |
| 17  | La Tapada | 3   | 10/11/2017 | 2/12/2017  | DDHTPD17017  | 317.49     | 20.05     | 447.8              | 447.8  | 0     |
| 18  | La Tapada | 8   | 8/11/2017  | 25/11/2017 | DDHTPD17018  | 314.98     | 70.65     | 605.3              | 605.3  | 0     |
| 19  | La Tapada | 31  | 14/11/2017 | 1/12/2017  | DDHTPD17019  | 321.27     | 25.25     | 515.5              | 515.5  | 0     |
| 20  | La Tapada | 25  | 18/11/2017 | 8/12/2017  | DDHTPD17020  | 302.76     | 77.63     | 719.7              | 695.3  | 24.4  |
| 21  | La Tapada | 8   | 26/11/2017 | 13/12/2017 | DDHTPD17021  | 323.38     | 41.26     | 604.6              | 604.6  | 0     |
| 22  | La Tapada | 50  | 2/12/2017  | 9/12/2017  | DDHTPD17022  | 313.49     | 56.3      | 251.5              | 251.5  | 0     |
| 23  | La Tapada | 22  | 7/12/2017  | 21/12/2017 | DDHTPD17023  | 199.39     | 71.86     | 293.2              | 293.2  | 0     |
| 24  | La Tapada | 25  | 10/12/2017 | 21/12/2017 | DDHTPD17024  | 331.4      | 83.12     | 416                | 416    | 0     |

**Cuadro N° 2: Sondajes perforados – Proyecto Carhuacayán Campaña 2017.**  
(Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayán, 2018)

**Muestreo Superficial.** - En las diversas campañas de exploración, Vichaycocha ha tomado cerca de 744 muestras de orientación sobre estructuras mineralizadas, brechas intrusivas e intrusivos porfiríticos, ellos han servido para identificar nuevos targets, además de los que se conocían como Candelaria, La Tapada y otros donde se han encontrado labores antiguas. De los resultados geoquímicos obtenidos se tiene claras anomalías de oro, plata, plomo, zinc, cobre y molibdeno El oro presenta 7 muestras anómalas entre 0.4 y 4.3 gramos, la plata presenta 20 muestras anómalas entre 6.8 y 201 ppm, el plomo presenta 30 muestras anómalas entre 0.1 y 1% (6 muestras), el zinc tiene 5 muestras anómalas entre 0.1 y 3.8%, el cobre presenta 15 muestras anómalas entre 0.03 y 0.4%; asimismo, el molibdeno tiene 62 muestras anómalas entre 20 y 662 ppm, el arsénico presenta 15 muestras entre 300 y 6,382 ppm y el antimonio



presenta 12 muestras anómalas entre 50 y 10000 ppm. Como se puede observar en la Lámina N° 2, estas anomalías corresponden a los targets: La Tapada, Candelaria, Oriente, Anita, Peña Blanca, Toldojirca y pórfido Santa Bárbara.



Lamina N° 2: Geoquímica de rocas, muestras de orientación zona La Tapada.



Figura N° 1: Organización de la base de datos.

#### 1.10.6. Validación de Leyes

El equipo de Generativos de la Gerencia de Exploraciones Regionales de Volcan, ejecutó un programa de muestreo sobre La Tapada de Carhuacayán. Se tomaron un total de 195 muestras de canal y rock chips; las muestras fueron analizadas por los laboratorios de Lima ALS CHEMEX (20 muestras) y SGS del Perú (175 muestras) por Au + ICP multielementos.

Las muestras se tomaron sobre intrusivos con stock work, vetas y vetillas de cuarzo con óxidos de fierro, brechas intrusivas matriz soportada con óxidos de fierro, mantos dolomitizados con calcita y óxidos de zinc.

Con los resultados del muestreo se han elaborado mapas geoquímicos donde se ha interpretado (Zonificado) que las anomalías de Cu-Zn-Pb-(Ag) se ubican en la parte central del proyecto los targets: La Tapada, Candelaria, Nerón y Toldojirca y alrededor de esta, la zona Zn-Pb-(Ag), donde se ubican los targets Oriente, Peña Blanca, Santa Rosa y Anita.

Para las muestras de sondajes diamantinos se usaron los siguientes métodos:

**Para los ensayos multielementales** se usó el método ME-ICP61, usando el análisis ICP-AES convencional, descomponiendo la muestra con digestión de HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>-HF-HCl, lixiviación de HCl (GEO-4ACID) y se analiza con plasma acoplado inductivamente - espectroscopia de emisión atómica (ICP – AES)

**Para los sobrelímites de Ag, Pb y Zn** se usó el método ME-AA62, evaluación de minerales y materiales de alto grado. Se descompone la muestra con digestión HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>-HF-HCl (ASY-4ACID) y se analiza con espectrometría de absorción atómica (AAS).

**Para los ensayos de Au** se usó el método Au-AA23. Es la fusión con ensayo al fuego, finalizando con Espectroscopia de Absorción Atómica. La muestra se descompone con ensayo al fuego (FA-FUS01 y FA-FUS02) y se analiza con Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS).

#### **1.10.7. Interpretación Geológica y Generación de Solidos por Dominios**

**Secciones Geológicas:** Dentro de la zona de La Tapada se realizaron 25 sondajes diamantinos durante el 2017, y 1 sondaje correspondiente a la campaña de exploración del 2016. Se consideró toda la información obtenida de estos 26 sondajes realizados hasta la fecha para generar la interpretación del yacimiento. Para lo cual se generaron 10 secciones verticales que cortan transversal y longitudinalmente a los mantos y vetas presentes.

**Sólidos Geológicos:** para la generación de solidos se han empleado las secciones transversales y los planos geológicos.

#### **1.10.8. Composición**

El criterio de la composición, ha sido la ley con respecto a la longitud de cada tramo por lo menos mineralizado, tomando como longitud mínima 20cm, y como máxima 2m.

Los compósitos han sido asignados a los dominios geológicos identificados.

#### **1.10.9. Análisis Estadístico y Geoestadístico**

Con la información de los compósitos diferenciados por cada dominio geológico se realiza el análisis estadístico por cada dominio individualmente para observar sus propiedades y las distribuciones estadísticas, los gráficos analizados han sido los histogramas y las curvas de probabilidad.

De los gráficos de probabilidad e histogramas se han determinado valores extremos de leyes en Zn, Pb, Ag, Au, Cu y Mo, por cada dominio geológico, estos valores son empleados en el proceso de interpolación con una influencia máxima de 2m.

Del análisis de los gráficos de cajas y bigotes se puede apreciar que cada dominio geológico tiene propiedades estadísticas diferentes.

Para el análisis de contacto se ha utilizado los gráficos de “Contact Plot” en cada dominio, para observar la variabilidad y comportamiento de las leyes en Zn, Pb, Ag, Au, Cu y Mo, entre cada dominio y si estas leyes tienen influencia hacia el otro dominio, se ha construido una matriz de relación de contactos para que este análisis sea incluido en el proceso de interpolación de leyes en el modelo de bloques.

En cada dominio estructural y geológico con suficiente información de compósitos se han analizados los variogramas.

#### **1.10.10. Modelo de Bloques**

El tamaño de Bloques es de 2m x 2m x 2m, este tamaño es proporcional a la separación entre canales de muestreo y a la altura promedio de las labores mineras explotadas.

Los sólidos definidos como dominios estructurales y geológicos han sido codificados al modelo de bloques.

#### **1.10.11. Interpolación de Leyes**

Como procesos de interpolación de leyes se han empleado el Kriging Ordinario y Kriging Simple, ambos métodos a su vez han sido delimitados por los valores extremos, este valor extremo tiene un rango de influencia de 2.5 m. Valor superior a esta distancia se ha restringido según el valor determinado.

Como segundo proceso de interpolación de leyes se ha usado el Kriging Ordinario y Kriging Simple, pero sin ninguna restricción

Otro proceso de interpolación de leyes es el Vecino más Cercano “Nearest Neighbor” este método asigna el valor del compósito más cercano al modelo de bloques.

El proceso de interpolación de la ley de oro se ha realizado en cuatro etapas, la primera etapa se ha considerado el valor del alcance, en la segunda etapa es el doble del alcance del variograma en el eje mayor ambas etapas usando el Kriging Ordinario, la tercera etapa emplea una búsqueda isotrópica a 90 m. el método de interpolación es Kriging Simple, la cuarta etapa es una simple asignación de medias al modelo de bloques.

Tanto el kriging Ordinario como el Kriging Simple ambos restringidos, son empleados para el reporte de leyes. El método Kriging Ordinario y Kriging Simple ambos no restringidos y el vecino más cercano “Nearest Neighbor” se emplearon en el proceso de validación

#### **1.10.12. Validación**

Los histogramas y curvas de probabilidad de los valores en oro estimados en el modelo de bloques se han comparado con los valores originales de los compósitos. En esta comparación se observa que la desviación global entre los valores de los compósitos y los valores en oro estimados es menor a 5% lo que indica que el modelo es aceptable. Los tipos de contactos entre cada dominio estructural y geológico con las leyes estimadas en el modelo de bloques ha servido para confirmar el grado de influencia entre cada dominio empleado al momento de ser interpolado.

Se ha realizado una comparación local entre los gráficos conocidos como “Swath plot” estos gráficos son los indicadores de la distribución de las

leyes en oro en cada línea de sección transversal y en todas las plantas, estos gráficos muestran las leyes de oro Krigeados las leyes del vecino más cercano y las leyes de los compósitos, así como el número de bloque y el número de compósitos.

## **CAPITULO II**

### **GEOMORFOLOGIA**

#### **2.1. Unidades Geomorfológicas**

El área de estudio está comprendida en la altiplanicie o Puna, donde destaca un conjunto de elevaciones que la enmarcan, destacando el cerro Piticocha, con una elevación de 4,670 m. s. n. m.

Morfogenéticamente, las unidades identificadas corresponden mayormente a geoformas de erosión, ocupando las cotas mayores, en tanto que el valle del río San Pedro y río Carhuacayán configura una geoforma de acumulación o agradación. Los rasgos geomorfológicos que caracterizan al área de estudio son Geoformas de Erosión:

##### **2.1.1. Montaña Cordillerana.**

Corresponde al alineamiento de los cerros más altos como el Shalapata. Se caracterizan por su relieve montañoso, agreste, mayormente rocosos, con fuertes pendientes; configurada por la actividad glaciaria. Estas geoformas están constituidas por rocas sedimentarias y volcánicas, del Cretácico superior (Formaciones Jumasha, Casapalca), y Paleogeno-Neogeno (Formación Yantac, Volcánicos Calipuy); e intrusivos.

##### **2.1.2. Circo Glaciar**

Es una depresión rocosa de forma semicircular ubicada en la cabecera de un valle glaciario, y producida por la erosión glaciaria. En general presenta forma de anfiteatro, de paredes pronunciadas de naturaleza rocosa, o verticales rodeados de crestas.

Esta geoforma se aprecia más nítidamente en la cabecera de la quebrada Huashuapallana, en tanto que remanentes se distinguen en las quebradas ubicadas entre los cerros Shalapata y Condorcenga. Se encuentran

tapizados por depósitos morrénicos y coluviales, con extensos bofedales y pequeñas lagunas distribuidas en forma escalonada.

### **2.1.3. Valles Glaciares**

Esta morfología se presenta en el curso medio a superior de las quebradas que disecan el sector oeste del área de estudio, entre las que destacan la quebrada Huashuapallana. Presentan una sección típica e “U”, con un fondo amplio de pendiente suave, con flancos asimétricos que conforman laderas de moderada altura, de cimas alargadas y redondeadas, y desniveles entre la cima y el fondo del valle de 100 a 300 m. Las quebradas son amplias en su cabecera y se van estrechando aguas abajo, adoptando una sección en “V”, con brusco aumento de la pendiente de fondo, configurando en algunos casos valles colgados. Es posible encontrar depósitos morrénicos y glacioaluviales en sus flancos y fondo de cauce.

### **2.1.4. Bofedales**

Se extienden en el sector este del área de estudio, entre las lagunas Puricocha y Lucmacocha. Conforman principalmente las lomadas y llanuras fluvioglaciares.

### **2.1.5. Altiplano**

Esta <sup>3</sup> zona de altiplanicie, está representada por un área de relieve moderado con formas topográficas de típico modelado glaciar y fluvioglaciar integrado por pampas, colinas cadena de cerros suaves y concordantes, cuya altitud va ascendiendo progresivamente desde los 4,000 m.s.n.m. hasta la divisoria continental.

Además, está disectada por ríos con valles de típico modelado típico modelado glaciar y fluvioglaciar, pues destacan formas topográficas de valles glaciares, con formas en “U”, valles colgados superficies estriadas,



circos glaciares, lagunas glaciares y depósitos morrénicos y fluvioglaciares. El altiplano con las características morfológicas indicadas representa un remanente de la superficie Puna.

Geográficamente corresponden a las regiones de Puna y Janca, según los establecen algunos autores. La Puna está comprendida entre 4,000 a 4,800 m.s.n.m. correspondiendo la región Janca para las zonas encima de los 4,500 m.s.n.m. y que el área alcanza hasta los 5,400 m.s.n.m.

#### 2.1.6. Valles

Los ríos de la vertiente del Pacífico y del Atlántico han desarrollado varias etapas “valles” como resultado de la erosión por procesos y agentes Geomorfológicos externos que han actuado en combinación con movimientos Epirogénicos ocurridos a fines del Terciario y en el Cuaternario

Como consecuencia de ellos se han formado superficies y cumbres concordantes topográficamente a uno y otro flanco de dichos valles.

En el Altiplano, los valles<sup>3</sup> son de típico modelado glaciar, destacándose valles en “U”, valles colgados, superficies estriadas, circos glaciares y lagunas glaciares. Además, las cumbres altas de la cadena principal de la divisoria continental, así como las cumbres de las cadenas secundarias por encima de los 5,000 m.s.n.m., están coronadas por nevados en proceso de desglaciación.

<sup>5</sup> Como consecuencia de la erosión glaciar antigua y residente, los valles en sección transversal son en partes cerrados y en partes amplios; generalmente están tapizados de depósitos glaciares morrénicos y depósitos fluvioglaciares.

En el flanco Occidental Andino está ampliamente desarrollada la etapa de erosión “valle”, como un ciclo de erosión maduro a juvenil que ha disectado a la superficie Puna durante el Cuaternario y el reciente.

Como resultado a este proceso erosivo se han formado las Cuencas de los ríos principales que bajan hacia la costa como el Rímac, Mala, Omas y Lurín.

Morfológicamente, los Valles de estos ríos están separados por Penillanuras y cadenas de cumbres concordantes que descienden de 4,000 a 1,000 m.s.n.m. en el caso del Valle Mala, y hasta 2,000 m.s.n.m. en el valle del Rímac, lo que indica que el desnivel es de 3,000 m. en el caso de valle de Mala en una distancia de 40km.

## CAPITULO III

### GEOLOGÍA REGIONAL

#### 3.1. Unidades Litoestratigráficas

##### 3.1.1. Grupo Excélsior (Silúrico - Devónico):

Las rocas más antiguas que afloran en el área son las del grupo Excélsior, nombre propuesto por Mc LAUGHLIN, D.H. (1925) en la mina Excélsior, Cerro de Pasco. Las rocas que afloran en las ventanas son pizarras grises y filitas con areniscas en capas delgadas, con muchas venillas de cuarzo como resultado probablemente a la segregación de un metamorfismo regional de bajo grado. Se caracteriza por presentarse, bastante plegados, fallados y fracturados, por efectos de erosión su morfología es suave ondulada. Sus mejores afloramientos se presentan en Cerro de Pasco de dirección Norte a Sur, limitados desde el cerro Uchuccocora hasta Smelter (Tinyahuarco) respectivamente; esta formación es incompetente mostrando abundantes pliegues.

##### 3.1.2. Grupo Mitú (Pérmico):

Se presenta discordantemente sobre las rocas del Grupo Excélsior, es una serie detrítica de color rojo que aflora en la localidad de Mitu próximo a Chacayán, consiste en la base conglomerados polimícticos, subangulosos cementados por una matriz areniscosa de grano fino de color rojo ladrillo, con estratos delgados de lutitas gris a rojizas con clara estratificación laminar. Los fragmentos son de esquistos, cuarcitas, micaesquistos, y pequeña proporción de calizas. De aproximadamente 45 m de potencia. En la parte media, se observa una alternancia de areniscas rojo ladrillo en conglomerados polimícticos, en estratos medios a gruesos con

estratificación cruzada a sesgada con niveles de areniscas finas, se estima 60 m de espesor; al tope conglomerado, areniscas de color rojo ladrillo a púrpura. Presenta sesuda estratificación sesgada, el conglomerado con clastos subangulosos a subredondeados, esquistos, cuarcitas, y calizas, con matriz arenosa rojiza, se considera un espesor de 40 m, se caracteriza por presentar suelos muy rojizos. Las intercalaciones volcánicas son reducidas en la parte occidental (Cerro de Pasco) y sobre la vertiente oriental; las coladas o brechas volcánicas de composición química mal definida, de tufos consolidados riolíticos.

### **3.1.3. Grupo Pucará (Triásico Superior - Liásico):**

Un conjunto de facies calcáreas denominada Grupo Pucara reposa en marcada discordancia sobre el grupo Mitu; este conjunto está dividido en tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga (en el área solo existiría la parte superior del Aramachay y Condorsinga); estando íntimamente relacionado a la mineralización económica del área. A continuación, se realiza una descripción estratigráfica de ese grupo que fue descrita por varios geólogos, entre los cuales se pueden citar a J.V Harrison (1949), Skezely y Grosse (1972), F. Megard (1978).

### **3.1.4. Formación Chambará (Triásico Superior):**

En su base figura una serie terrígena seguida por otra calcárea constituida por calizas, calizas dolomíticas, dolomitas, separadas por capas calcáreo-arcillosas y tufos de algunos centímetros; las rocas calcáreas tienen un color gris claro variando a negro, que parece ligado a un porcentaje creciente de materia orgánica Brechas intraformacionales monogénicas están presentes, aunque raras veces.

### **3.1.5. Formación Aramachay (Liásico: Hetangiano-Sinemuriano):**

Está representada por pizarras limosas que predominan, seguidas de areniscas de grano fino, calizas y de chert en capas; las calizas se presentan en bancos de 20 a 50 centímetros, frecuentemente lenticulares, o en nódulos discoidales de hasta un metro de diámetro; se nota también capas vulcano-detriticas. El conjunto tiene un tinte negro y una pátina brunolilácea muy característica.

### **3.1.6. Formación Condorsinga (Liásico Toarciano):**

Es casi exclusivamente calcárea, las calizas que la componen en su mayor parte son oolíticas o bioclásticas, ellas contienen chert abundante en la mitad inferior de la formación; intercalaciones tufáceas de color gris claro, de grano fino a medio, son comunes. Las calizas varían de color gris claro a gris oscuro, son de grano fino, hay zonas donde están fuertemente brechadas.

La mineralización en este grupo es ampliamente conocida en la región central del Perú; en la zona, mantos que se emplazan al techo de Aramachay y base de Condorsinga tienen potencias variables desde unos cuantos centímetros hasta varios metros; la mineralogía está constituida principalmente por esfalerita, hematita, minerales de plata, carbonatos como siderita, rodocrosita etc.

### **3.1.7. Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior):**

Sobre el Grupo Pucará yace en discordancia paralela el Grupo Goyllarisquizga, el cual se depositó en dos fases sucesivas. La primera compuesta por depósitos de granulometría fina a muy fina, de facies llanura aluvial con pelitas rojas y escasas intercalaciones de areniscas de facies de desbordamiento, depositadas en un ámbito climático semiárido

mostrado en la fuerte oxidación de las pelitas. Durante la segunda fase hay un cambio brusco respecto a la primera, depositándose areniscas medianas hasta muy gruesas y niveles conglomeráticos con troncos de árboles actualmente silicificados, en un ambiente húmedo e importante actividad ígnea evidenciada por sills de basalto. En San Cristóbal, su potencia alcanza 100 metros. El Grupo Goyllarisquizga ha sido atribuido al Cretácico inferior-Valanginiano-Aptiano.

### 3.1.8. <sup>7</sup> Formación Chúlec

Originalmente descrita por Mc Laughlin (1924) como el miembro inferior del Grupo Machay, fue elevada al nivel de formación por Benavides (1956). Esta formación totalmente carbonatada, litológicamente está conformada por una alternancia de calizas y margas de facies de plataforma externa; es muy fosilífera y constituye la primera formación cretácica de los Andes Centrales correctamente datada. Toda la serie en su conjunto esta intensamente bioturbada. En potencia varía desde 250 m justo al SO de Morococha a 350 m en Carahuacra. La base de la formación Chúlec está considerada como la base del primer horizonte calcáreo arriba de las areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga y data del Albiano medio (Lámina N°3).

### 3.1.9. Formación Pariatambo

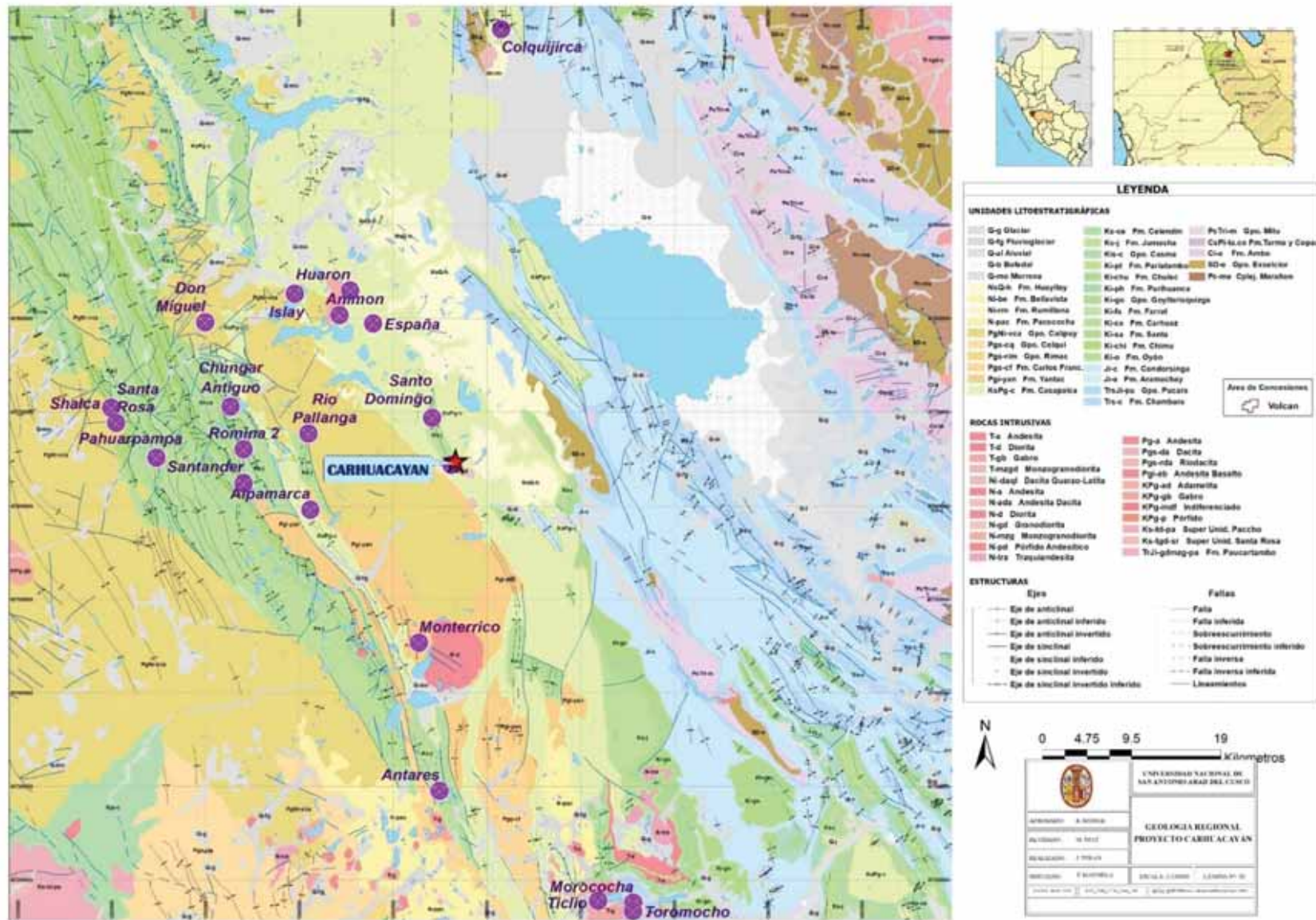
Definida por McLaughlin (1924) como el miembro superior del Grupo Machay, ahora se considera una formación separada. Esta formación fácil de localizar en el paisaje por su coloración negra característica, escasa resistencia a la erosión y litología monótona está constituida por una alternancia margo-caliza de pequeños bancos claros y oscuros generalmente muy bituminosos, señalados por un olor fétido muy

pronunciado. Los niveles claros son mudstones con «packstones» calcáreo-dolomíticos algunas veces ligeramente siltsos.

Los bancos oscuros son margas calcáreo-dolomíticas muy bituminosas. Toda esta formación depositada en una plataforma relativamente profunda y aislada contiene numerosos amonites poco fragmentados y restos de peces. El tope, está marcado por la aparición de sílex que se halla a veces en tal cantidad que llega a formar bancos decimétricos con dolomitas intercaladas. Las variaciones de espesor son pequeñas, entre 50 y 75 m; encontrándose los extremos en Morococha con 15 m y en San Cristóbal con 130 m, además en este último también se presenta una decena de metros de areniscas finas intercaladas en la parte media de la formación. La fauna de esta formación es Albiana superior e incluye *Inoceramus* y *Exogyra* (Wilson, 1963).

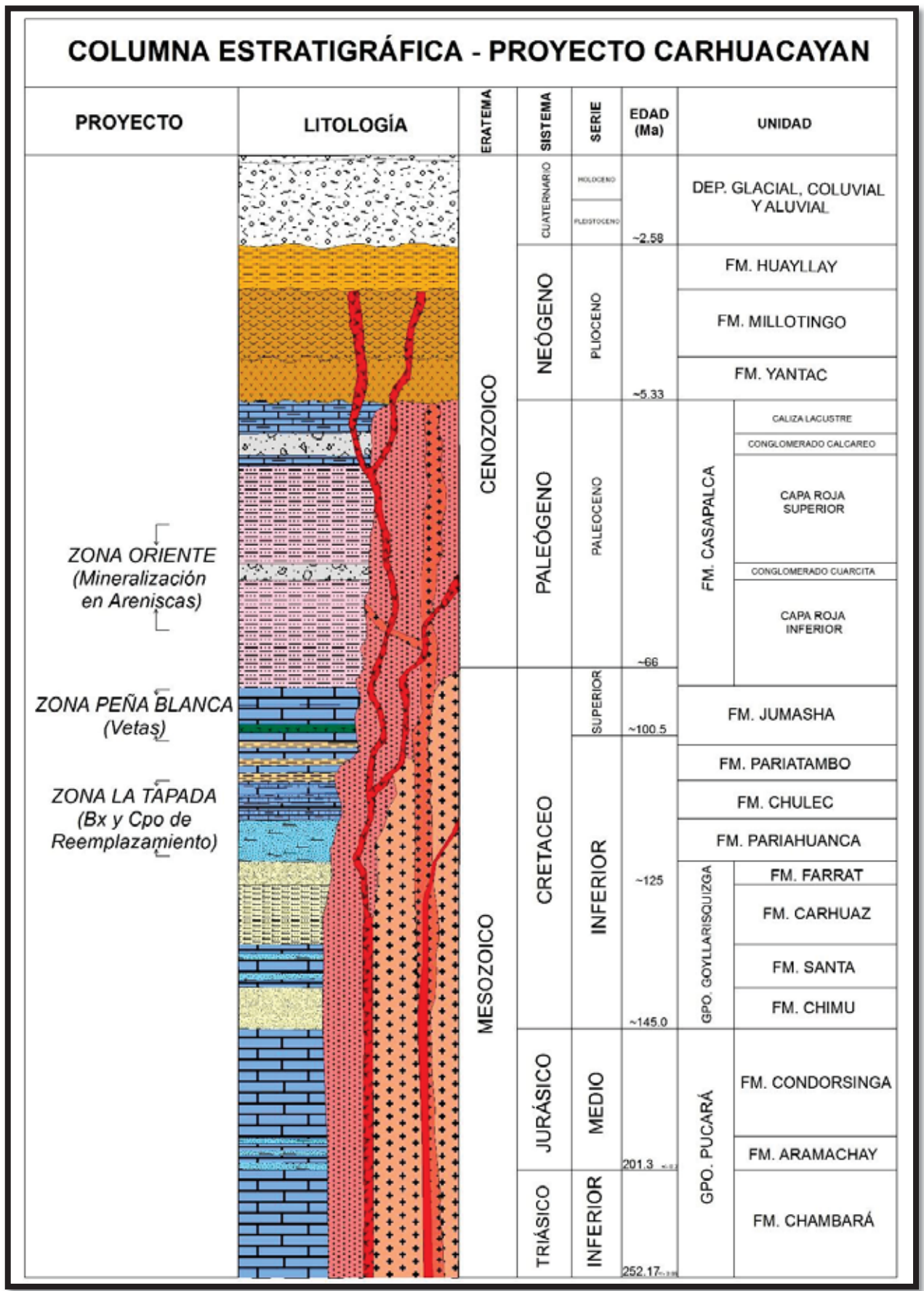
#### **3.1.10. Formación Jumasha**

Concordantemente sobre la Formación Pariatambo se encuentra la Formación Jumasha. Litológicamente, es la más homogénea de las formaciones cretácicas expuestas en el Domo de Yauli. Consiste casi enteramente de una serie carbonatada dolomítica, masiva y poco fosilífera con escasos lentes de areniscas y sílex, depositada en una plataforma ligeramente confinada y de poca profundidad. Los amonites encontrados pertenecen al Albiano Superior-Turoniano (Lámina N°3).



Lamina N° 3: Plano Geológico Regional





Lamina N° 4: Columna estratigráfica del Proyecto Carhuacayán

### 3.2. Intrusivos

Los intrusivos en la región, se encuentran limitados entre la Cordillera Occidental y la Oriental; son de tamaño generalmente de 4 km<sup>2</sup>, pero raramente pueden alcanzar 10 km<sup>2</sup>, comparados con respecto del batolito de Huánuco y al macizo de San Rafael, intruyen a rocas generalmente del Paleógeno. La composición de los stocks ampliamente distanciados, son porfiríticos con fenocristales de plagioclasas de 1 a 2 cm, la presencia de cuarzo es común en granos redondeados, sin embargo, muchos stocks no tienen cuarzo visible, siempre están presentes hojuelas negras brillantes de biotita y cristales de hornablenda prismática son comunes, pero no necesariamente se encuentran. La pasta es de grano fino, compuesta por cuarzo, plagioclasas, feldespatos alcalinos y son de composición monzogranítica. Comúnmente alterado por evidencias hidrotermales, en ese caso pueden ser blanqueados o caolinizados. Cuando el stock presenta sulfuros diseminados; la composición de las rocas es micromonzonitas-porfiríticas. Todos los stocks son similares y están dispersos sobre áreas amplias que es mejor considerarlas como formas tabulares. Es importante mencionar que en el Perú central sólo se han reconocido 3 pórfidos de Cu(Mo)-Au(Cu) como Toromocho, Carhuacayan y Puy Puy.

En Santa Bárbara de Carhuacayán (Ondores) se presenta un stock ligeramente elongado de pórfido de cuarzo de 5 km<sup>2</sup> y emplazado dentro del anticlinal de las calizas Jumasha. El intrusivo es posiblemente la causante de la mineralización de plomo, plata y zinc de la mina de Carhuacayán. Un cuerpo más pequeño (lado sur) de litología similar está emplazado dentro de la serie abigarrada de la Formación Casapalca.

En el Perú central hasta el momento se han reconocido pórfidos de Cu (Mo)-Au (Cu) como Toromocho, Carhuacayán y Puy Puy.

### **3.3. Diques y Sills Maficos**

Se observa sills de diabasa de color gris verdosa interestratificados en las calizas de la formación Jumasha de aproximadamente 40 metros de potencia, esta sigue el plegamiento de las calizas; así mismo, diques dacíticos y andesíticos cortan los intrusivos cuarzomonzoníticos y dacíticos.

### **3.4. Geocronología**

Las rocas intrusivas en la región no son abundantes, se puede decir que la actividad magmática está vinculada a lo largo de los ejes anticlinales, como lo que ocurre en Carhuacayan, las edades de estos intrusivos varían desde el eoceno hasta el mioceno superior.

La empresa KAIZEN DISCOVERY representada por el Sr. Gustavo Zulliger en visita al proyecto se llevó una muestra del pórfido Santa Bárbara del sondaje DDHPCRH17002 (687.2-688.4 m) para datación radiométrica, el resultado les dio una edad de U/Pb de 7.9+/- 0.1 Ma.

Una publicación del año 2008 en el Journal of South American Earth Sciences de los autores Thomas Bissig, Thomas D. Ulrich, Richard M Tosdal, Richard Friedman y Shane Ebert titulada “*The time-space distribution of Eocene to Miocene magmatism in the central Peruvian polymetallic province and its metallogenic implications*” presentan un cuadro con información compilada que hace referencia a dataciones radiométricas en Carhuacayan realizadas para ese estudio en mención, dando una edad de  $8.2 \pm 0.18$  Ma (Dacite dome yields) y otra hecha por Noble and McKee (Magmatic steam alunite) de  $7.8 \pm 0.2$  K-Ar y (1999) . Cobbing le da una edad de  $8.2 \pm 0.5$  a estos stocks intrusivos de

Carhuacayán (Publicación INGEMMET, 1973).

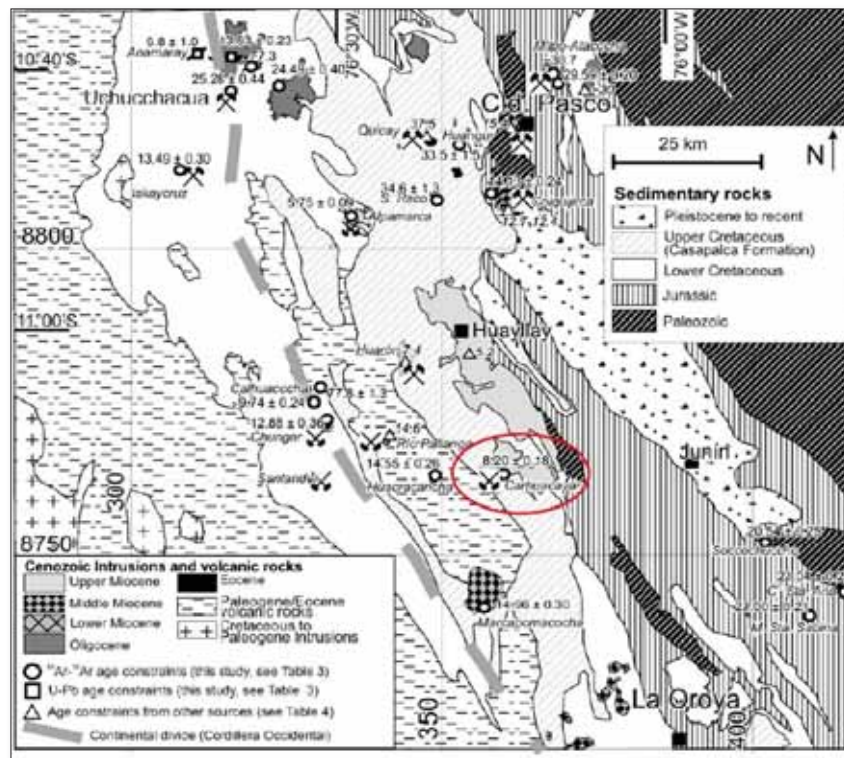


Figura N° 2: Bissig et al. / Journal of South American Earth Sciences 26 (2008) 16–35

De los resultados obtenidos de la datación y de las publicaciones mencionadas líneas arriba, podemos ubicar a Carhuacayán dentro de la época del Mioceno, muy similar a las edades que se registran en los yacimientos que se encuentran dentro de la región. Si bien dicho estudio no refleja la verdadera edad de la actividad hidrotermal económica, sí nos permite tener una idea de que efectivamente pertenece a la franja metalogénica de yacimientos cordilleranos del neógeno-paleógeno en la sierra central del Perú. A continuación, se adjunta un cuadro con algunas edades referenciales (Cuadro N° 3).

| <b>Yacimiento</b> | <b>Edad</b>      | <b>Roca Caja</b> | <b>Referencia</b>                                   |
|-------------------|------------------|------------------|---|
| Cerro de Pasco    | 15-11 M.a.       | Gpo. Pucará      | Baumgartner (2003); Einaudi (1977), Petersen (1956) |
| Colquijirca       | 10.6 – 12.4 M.a. | Fm. Pocobamba    | Bendezú (2003); Fontboté y Bendezú (2001)           |
| Huanzala          | 7.7 +/- 0.4 M.a. | Fm. Santa        | Imai (1985); Soler (1986)                           |
| Morococha         | 9.1 y 6.4 M.a.   | Gpo. Pucará      | Beuchat (2003)                                      |
| San Cristóbal     | 5-6 M.a.         | Gpo. Pucará-Mitu | Beuchat (2003), Campbell (1983)                     |
| Yauricocha        | Mioceno tardío   | Fm. Machay       | Petersen (1956), Thomson (1960), Alvarez (1988)     |
| Huarón            | 15 M.a.          | Volc. Calipuy    | Thouvenin (1984)                                    |

*Cuadro N° 3: Cuadro resumen con edades de algunos yacimientos cordilleranos. Fuente: Regina Baumgartner. (2008).*

De todo lo descrito anteriormente, podemos concluir que Carhuacayán estrechamente relacionado espacial y temporalmente con los yacimientos cordilleranos más importantes de la región, compartiendo varias características que son favorables para la ocurrencia de mineralización.

## CAPITULO IV

### GEOLOGÍA LOCAL

#### 4.1. Estratigrafía Local

##### 4.1.1. Grupo Goyllarisquizga - Indiferenciado

No se tienen afloramientos en superficie de estos sedimentos sílico clásticos. Las evidencias de esta formación podrían hallarse en los sondajes de más de 400 metros hechos hacia la zona de La Tapada donde se describen orto-cuarcita de color gris claro y desde el punto de la mineralización esta secuencia no contiene ningún nivel reemplazo o alterado.

De acuerdo a los estudios hechos por Wilson J. (1963); nos encontraríamos en el borde de la paleo-cuenca de depositación de esta unidad ya que las primeras facies proximales son principalmente de cuarcitas. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

##### 4.1.2. Formación Pariahuanca

Caliza y arenisca calcárea (Wilson J. 1963) en el área de estudio no se encuentran afloramientos de esta formación en superficie. Sin embargo, los sondajes diamantinos han interceptado “hornfels” resultado del proceso de metamorfismo de contacto de arenisca calcárea que tan igual que las calizas de la formación chulec, podrían atribuírseles. Se estima una potencia aproximada de 150 metros de esta formación sedimentaria. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

#### 4.1.3. Formación Chulec

En el cerro Peña blanca se encuentran los afloramientos más representativos, por lo que también es mencionada en las descripciones de Harrison J. (1956) como calizas grises del Albiano medio. Los estratos yacentes en Peña blanca constituyen el flanco este del Anticlinal Carhuacayan; en la Mina Santo Domingo, aparentemente esta sufre una erosión parcial.

Alrededor de la zona del estudio no se ha encontrado evidencia clara de afloramientos de esta formación, sin embargo, al norte del anticlinal Carhuacayan en inmediaciones de la mina de asphaltita Santo Domingo (J.A. Broggi 1919), se aprecia una caliza beige con intercalaciones de margas de grano medio a grueso, su estratificación es irregular y a veces se encuentran formando repliegues. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

Sus características están dadas principalmente por bancos con estratificación bien definida de caliza de color gris que intemperizan a un color blanco. Además, presenta intercalado algunos estratos dolomíticos.

La secuencia está compuesta de la siguiente manera:

- **Hacia el tope** se encuentra intercalando bancos de 1.5 metros con paquetes laminares de caliza con textura micrita, grano fino y color gris oscuro. Además, se observan esporádicas venillas de calcita.
- **En la parte media** se observan bancos de caliza gris oscura de grano medio a grueso divididos en paquetes de 5 a 20cm. Entre estos estratos se observan algunos mantos y vetas de O<sub>x</sub>Fe y O<sub>x</sub>Mn acompañado de venillas de calcita.

- **Hacia la base** se observa una intercalación de caliza color gris grano medio con caliza y margas/dolomitas color beige que conforman bancos de 50cm aproximadamente.

En el flanco este del anticlinal sobre la quebrada de Shalapata se observan calcosilicatos diseminados en forma esporádica lo que demuestra el desarrollo de un Skarn Incipiente entre el contacto de las calizas con el intrusivo.

Los testigos de perforación presentan una secuencia de margas y calizas que se encuentra infrayacente a la caliza bituminosa y mayormente con una alteración a Skarn, se podría atribuirle a esta formación, pero faltan más estudios para confirmarlo. Así mismo se resalta que esta secuencia sedimentaria es la favorable para la mineralización ya que los mejores intervalos de mineralización se dan en este nivel sedimentario. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

#### **4.1.4. Formación Pariatambo**

Está constituido por estratos de lutitas calizas y dolomitas todas bituminosas en los andes centrales (Wilson J. 1963) En la zona del proyecto ésta unidad no es muy apreciable en superficie y solo se tiene una exposición muy restringida al pie del cerro Peña Blanca donde se observan lutitas laminares muy deleznable y debido a su fácil erosión se encuentra cubierto por material cuaternario. Por medio de los sondajes diamantinos (2017) se ha llegado a interceptar niveles calacearos bituminosos con niveles fosilíferos que solo podrían pertenecer a dicha formación. El intercepto más completo de esta unidad se aprecia en el sondaje



DDHMCRH17003 donde se estima que posee un espesor de 90 metros. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

#### **4.1.5. Formación Jumasha**

Calizas grises en bancos con estratificación bien definida intercalados de estratos dolomíticos. Aflora en la zona de Peña Blanca (Harrison J. 1956). Los estratos yacentes constituyen el flanco del anticlinal Carhuacayán; hacia el norte en dirección a la mina Santo Domingo, esta secuencia sufre una erosión parcial, esta formación conforma la secuencia calcárea superior y con mayor exposición dentro del área del proyecto.

Hacia el tope se encuentra intercalado en bancos de 1.5 metros con paquetes laminares de caliza con textura micrita, grano fino y color gris oscuro con esporádicas venillas de calcita. En la parte media se observan bancos de caliza gris oscura de grano medio a grueso divididos en paquetes de 5 a 20cm. Entre estos estratos se observan algunos mantos y vetas de  $OxFe$  y  $OxMn$  (Peña Blanca) acompañado de venillas de calcita. Hacia la base se observa una intercalación de caliza color gris grano medio con caliza y margas/dolomitas color beige que conforman bancos de 50cm aproximadamente. En el flanco este del anticlinal sobre la quebrada de Challapata se observan calcosilicatos diseminados en forma esporádica lo que demuestra el desarrollo de un Skarn Incipiente entre el contacto de las calizas con el intrusivo (Peña Blanca). (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

#### **4.1.6. Diabasa**

Esta unidad litológica la encontramos a manera de sill emplazado entre los estratos inferiores de la formación Jumasha aflorando en la zona de Peña

Blanca. Desde el punto de vista mineralógico posee alrededor de 60% de plagioclasas con un 20% de minerales máficos como hornblenda y biotita alterándose a cloritas, como carácter secundario contiene epidota y material carbonatado, los minerales opacos lo compone la magnetita alterándose que en algunas partes se altera a limonita, la alteración que presenta es la propilitización. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

#### **4.1.7. Formación Casapalca**

Forma la unidad más superior del anticlinal Carhuacayán cuyos afloramientos tienen buena exposición al norte de Peña Blanca donde esta suprayaciendo en discordancia angular a las calizas de la Formación Jumasha. Se estima un espesor aproximado de 1000 metros de sección. En la zona se le reconocen **cinco miembros**, los cuales se describen de la base al tope. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

- **Capa Roja Inferior**

Secuencia de 260 metros de espesor, lo constituye una intercalación de limolitas y areniscas rojas con un ligero contenido calcáreo que en algunas partes intemperiza a un color verdoso. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

- **Conglomerado de Cuarcitas**

Compuesto por cantos de cuarcita bien redondeados y fracturados con un aspecto de color rojizo superficial, cementado por material silíceo, el cual posee un espesor de 40 metros. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

- **Capa Roja Superior**

Secuencia de 300 metros de intercalación de limolitas y areniscas bien estratificadas con un ligero contenido calcáreo y una coloración rojiza similar a la primera secuencia, hacia el tope se observa un estrato de 20 metros de espesor de caliza gris con nódulos de chert. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

- **Conglomerado Calcáreo**

Un segundo conglomerado de 60 metros de espesor a diferencia del primero está compuesto por clastos angulares predominantemente de caliza gris, cementada por un lodo arenoso calcáreo. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

- **Calizas Lacustrinas**

Finalmente, hacia el tope se observa una intercalación de calizas grises claras con areniscas verdosas y conglomerádicas de estratificación cruzada, la cual posee mayor exposición hacia la parte norte del anticlinal (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

## **4.2. Rocas Ígneas**

Dentro del proyecto existen dos cuerpos intrusivos los cuales de acuerdo a su relación de contacto muestran haber sido emplazados en diferentes episodios.

### **4.2.1. Pórfido Dacítico (PDAC)**

En mayor parte del área del prospecto de la mina de Carhuacayán aflora el intrusivo de composición dacítico caracterizado principalmente por tener

una alteración filica pervasiva. Como minerales principales solo se aprecia al cuarzo en forma de fenocristales con una abundancia de más del 10%, el resto de los minerales formadores se encuentran obliterados y solo se encuentran los moldes de las plagioclasas. Con respecto a minerales opacos se observa pirita diseminada en un rango promedio de 1% en la mayor parte de afloramientos expuestos.

Inicialmente se pensó que este intrusivo en la zona de La Tapada había englobado las secuencias calcáreas formando “*Roof pendant*” de Caliza. Sin embargo, las mediciones del ángulo de estratificación en los núcleos de los sondajes indicaban que eran similares a los que se encuentran en los afloramientos de Peña blanca. Se concluye que este intrusivo tuvo un emplazamiento en forma de lacolito, concordante a la estratificación del anticlinal. Aunque algunos bloques de caliza si fueron englobados al momento del emplazamiento del intrusivo lo que se constata a 600 metros. en la zona de Nerón, donde se presentan 2 paquetes segmentados de las calizas marmolizadas de rumbo N 20° W y buzamiento 70° E, asimismo entre la zona de La Tapada y Toldojirca se observan bloques de caliza junto a la diabasa yacentes sobre el intrusivo que parecen constituir colgantes de techo del stock intrusivo. El Pórfido dacítico parece enlogarse paralelamente a la charnela del anticlinal aprovechando los niveles inferiores del Jumasha para emplazarse, así mismo en el flanco este del anticlinal lo hace del mismo modo con los niveles inferiores areniscosos-lutíticos de la Formación Casapalca. Respecto a estructuras mineralizadas que afloran en superficie como vetas, brechas, éste intrusivo alberga la

mayor cantidad. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)



*Foto N° 1: Muestra del pórfido dacítico correspondiente al sondaje DDHMCRH16001 a los 437.10 m.*

#### **4.2.2. Cuarzo Monzonita (CM)**

Es el intrusivo que ocupa una extensión importante después del Pórfido dacítico y se encuentra en el entorno de éste, sus exposiciones lo podemos encontrar hacia el lado oeste en la zona de Santa Rosa y en mayor dimensión en el cerro Condorsinga en el extremo Sureste del proyecto. Sus características petrográficas están dadas por que presentan una cantidad proporcional entre feldespatos potásicos y feldespatos calcosódicos, con una abundancia aproximada mayor al 10% de fenocristales de Cuarzo, aparentemente en esta unidad solo se observan importantes estructuras con mineralización económica en la zona de Santa Rosa. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)

#### 4.2.3. Pórfido Cuarzo Feldespático (PQF)

Llamamos así al cuerpo ígneo que aflora en la zona de Candelaria, como minerales primarios tiene una semejanza a las características del pórfido dacítico con respecto a las plagioclasas, pero con una menor cantidad de fenocristales de cuarzo <10%. Su característica distintiva en superficie es que presenta una alteración argílica intermedia compuesta por magnetita, biotita secundaria y clorita diseminada. A través de sondajes se ha podido identificar claramente la existencia de un stock work con venillas tempranas de cuarzo-pirita. Como minerales opacos posee un promedio de: pirita diseminada 1%, magnetita diseminada <1% y trazas de molibdenita, esta unidad es la menor en extensión. Posee estructuras como fallas y vetas que afloran en superficie y tiene una orientación aproximada Oeste-Este. Esta roca alberga principalmente la mineralización de Candelaria (Foto N° 2). (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)



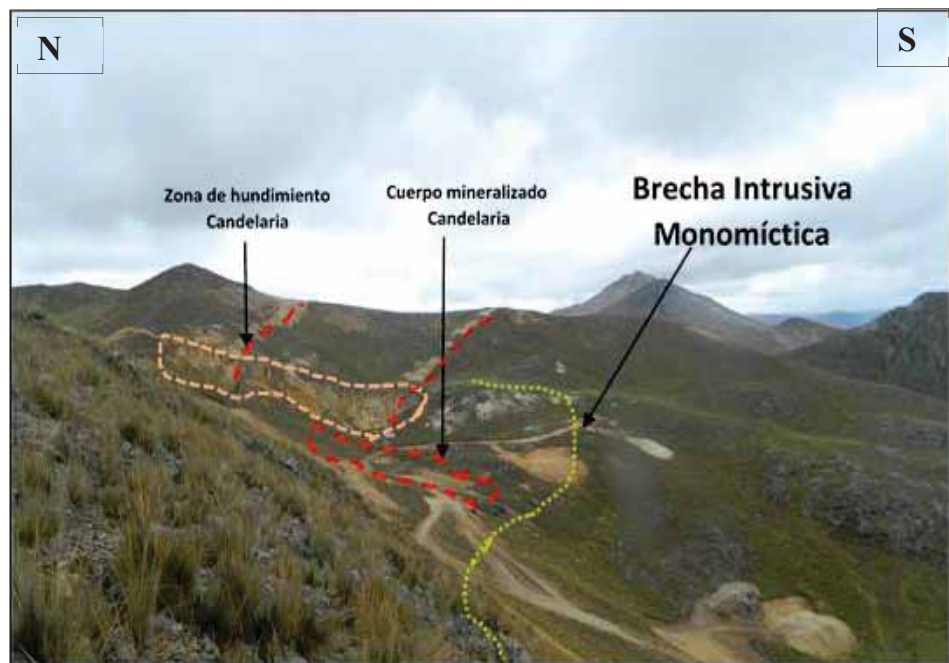
*Foto N° 2: Muestra del pórfido cuarzo feldespático correspondiente al sondaje DDHMCRH16001 a los 499.55 m.*

#### 4.2.4. Brechas

Dentro del proyecto se encuentra el complejo de brechas ubicadas en la parte central del pórfido dacítico.

#### 4.2.4.1. Brecha Intrusiva Monomítica (BIM)

Es la que ocupa mayor extensión y tiene una ligera elongación casi paralela al eje del anticlinal, esta brecha es mayormente matriz soportada y sus clastos aparentemente son en mayoría del pórfido dacítico y en menor cantidad del pórfido cuarzo feldespático, la forma predominante de los clastos es subangulosa. La matriz tiene composición parecida al pórfido dacítico (PDAC), también es de textura porfirítica pero a diferencia es de grano fino. Presenta mayormente alteración cuarzo-sericita-pirita tanto en los clastos como la matriz (Foto N° 3). (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)



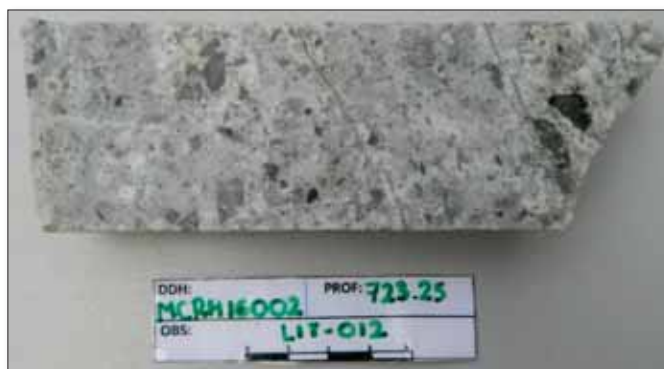
*Foto N° 3: Imagen mirando al NE observando la zona de Candelaria, las estructuras mineralizadas y la zona de hundimiento, todos presentes dentro de la brecha intrusiva monomítica*



*Foto N° 4: Muestra de la brecha intrusiva monomítica correspondiente al sondaje DDHMCRH17006 a los 372.41 m. En ella se puede observar como un clasto sub redondeado del intrusivo de grano grueso es asimilado por un intrusivo de grano medio de similar composición*

#### **4.2.4.2. Brecha Intrusiva Polimítica**

El afloramiento representativo se encuentra al sur de la zona de San Roque; la brecha tiene matriz soportada de grano fino, su composición es también similar al de pórfido dacítico con fenocristales de cuarzo y plagioclasas que se encuentran obliteradas quedando solo sus moldes. En cuanto a los clastos son de pórfido dacítico - pórfido cuarzo feldespático, calizas y cuarcitas en forma sub-angulosa a sub-redondeada de tamaño heterométrico. Al igual que la brecha intrusiva monomítica también tiene como mayor alteración la filico en la matriz (Foto N° 5). (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)



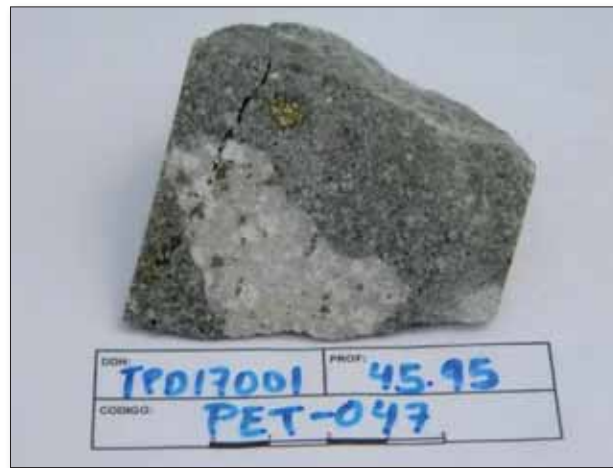
*Foto N° 5: Muestra de la Brecha Intrusiva Polimítica correspondiente al sondaje DDHMCRH16002 a los 723.25 m.*

#### **4.2.4.3. Brecha de Turmalina**

Esta brecha se encuentra en la zona de San Roque y en menores dimensiones alrededor de la brecha intrusiva monomítica. Generalmente es del tipo clasto



soportado, posee clastos sub-angulares a sub-redondeados de: cuarcita, pórfido dacítico, pórfido cuarzo feldespático y fragmentos de vetas cuarzo. La matriz es similar al de la composición del pórfido cuarzo feldespático, pero presenta parches de turmalina gris oscura de hábito acicular con alteración filica predominante (Foto N° 6). (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)



*Foto N° 6: Muestra de la brecha con matriz de polvo de roca y parches de turmalina correspondiente al sondeaje DDHTPD17001 a los 45.95 m.*

#### **4.2.4.4. Brecha de Biotita Secundaria**

Esta brecha se ha podido distinguir claramente en los sondeos diamantinos. Su organización no es muy bien definida ya que en ciertos tramos es clasto soportada y en otros, matriz soportada. Sus clastos son del intrusivo huésped y de rocas sedimentarias como cuarcita, calizas y lutitas. La matriz es aparentemente de composición similar al del pórfido cuarzo feldespático (PQF) pero esta obliterada por biotita secundaria y clorita manera de parches (Foto N° 7). (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018).



*Foto N° 7: Muestra de la brecha polimíctica con biotita hidrotermal en la matriz correspondiente al sondaje DDHMCRH17009 a los 516.96 m.*

#### 4.2.4.5. Brecha Freática

En superficie se ha reconocido en forma de canales puntuales al este de Peña Blanca. Los sondajes también lo han intercepto. Es del tipo clasto soportada con clastos angulosos heterométricos de naturaleza intrusiva y sedimentaria, la matriz está compuesto por roca triturada y polvo de roca de color gris de granulometría media. En algunas partes la matriz presenta cloritización y argilización (Foto N° 8). (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)



*Foto N° 8: Muestra de la brecha freática correspondiente al sondaje DDHMCRH17003 a los 18.80 m.*

#### 4.2.4.6. Brecha Cuarzo-Sericita-Pirita

Esta brecha hidrotermal se ubica en la zona de Candelaria teniendo como roca caja al pórfido cuarzo feldespático, no se encuentran afloramientos de roca fresca en superficie. Es del tipo clasto soportado teniendo como clastos a fragmentos de vetas de cuarzo, clastos del pórfido cuarzo feldespático y algunos del pórfido dacítico. La matriz está constituida por sílice y pirita con sericita en menor proporción (Foto N° 9). (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)



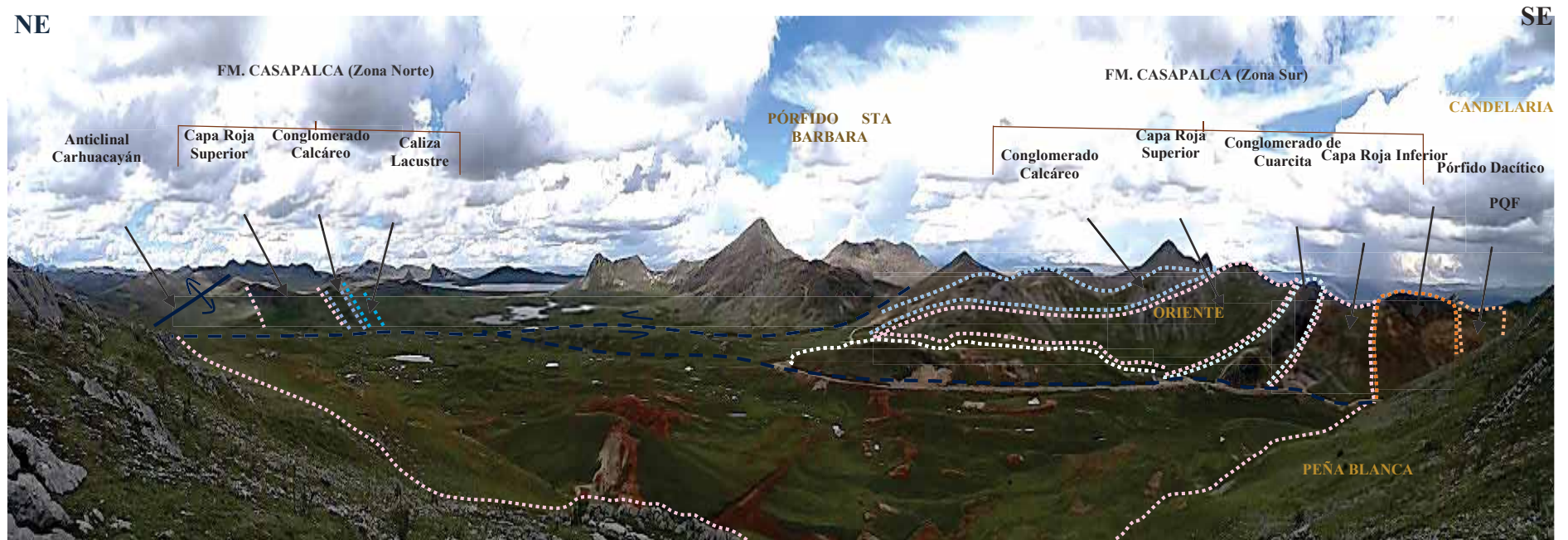
*Foto N° 9: Muestra de la brecha de cuarzo-sericita-pirita correspondiente al sondaje DDHMCRH16001 a los 412.10 m.*

#### 4.2.4.7. Brecha de Óxidos

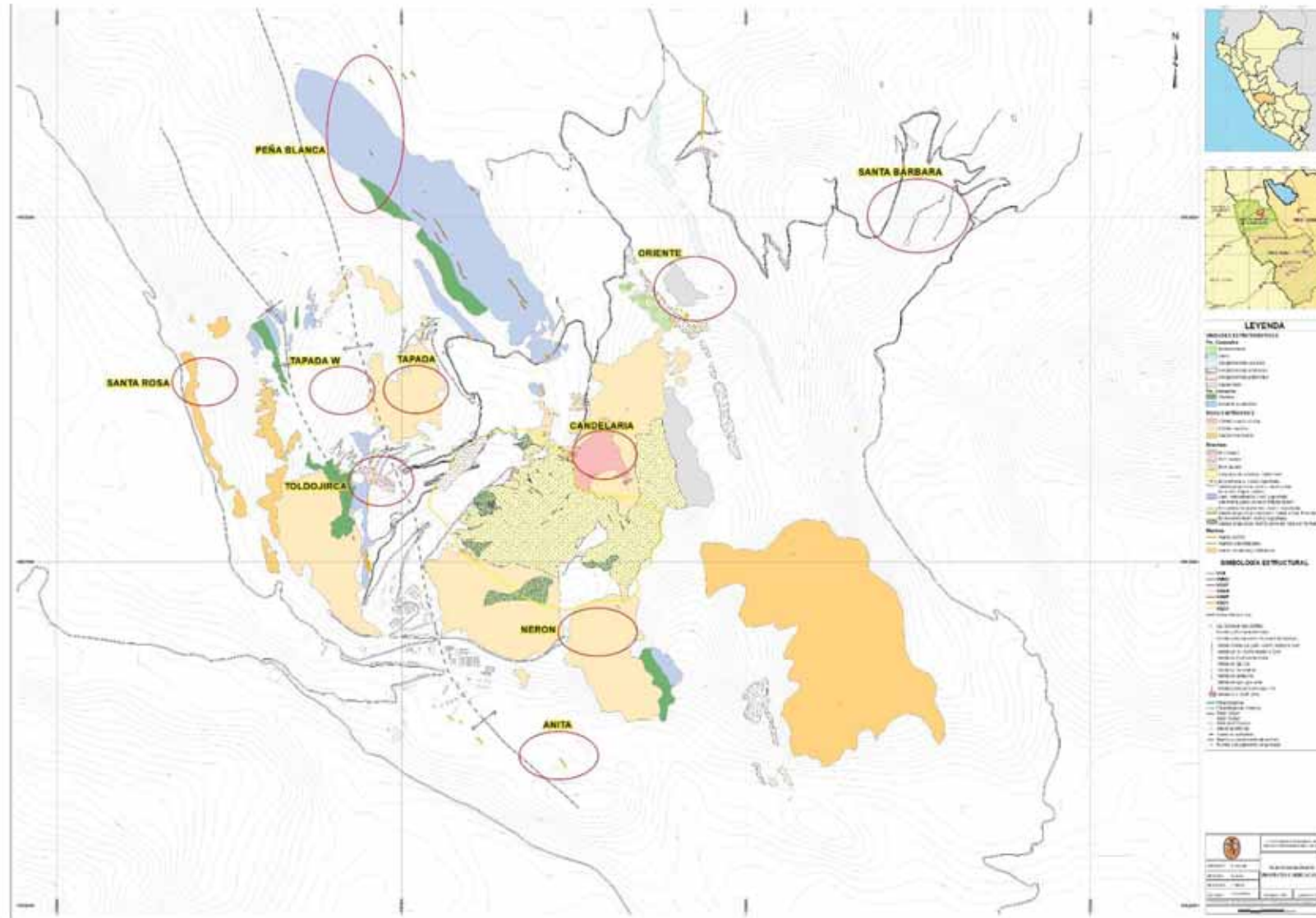
Como característica principal es que su matriz se encuentra alterada por  $OxFe$ , con un aspecto oqueroso. Los clastos son subangulosos y pertenecen a la brecha intrusiva monomictica. En la zona de Candelaria probablemente estaría ligada a la brecha de cuarzo-sericita-pirita reconocida en sondajes. (Velasquez, Espinoza, Bernaola, Meza, & Brañez, Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayan, 2018)



*Foto N° 10: Foto mirando al E, se observa el proyecto Oriente, la cortada oriente, la formación Casapalca (conglomerado de arenicas y calcáreo, buzando al NE) en contacto con el pórfido dacítico (PDAC) y hacia la parte trasera el proyecto Candelaria*



*Foto N° 11: Foto mirando al E. Extensión de la formación Casapalca aflorando en el proyecto Carhuacayán.*



*Lamina N° 5: Mapa Geológico local del Proyecto Carhuacayán.*

## **CAPITULO V**

### **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

#### **5.1. Geología Estructural**

El área del estudio se encuentra en la configuración de grandes elementos estructurales de escala regional. Dicho así tenemos al anticlinal que aflora desde un área norte de Santo Domingo proyectándose hasta la zona de Anita al sur del proyecto. Por otro lado, tenemos la falla que corta al anticlinal mencionado y se extiende desde el lado oriente de la laguna Huascacocha y va alineado a la quebrada del río Carhuacayán. En el aspecto local encontramos un sinclinal de menor escala con respecto a la dimensión del anticlinal y una serie de fallas y fracturas que se agrupan para formar diferentes sistemas (Lámina N° 6).

#### **5.2. Pliegues**

##### **5.2.1. Anticlinal Carhuacayán**

Esta unidad estructural ocupa una gran extensión el cual sobrepasa el área del proyecto tiene una longitud mayor a 12km a lo largo de su eje y una separación máxima entre la parte inferior de sus flancos de 3km. Por medio de imágenes satelitales se observa que posee una inmersión hacia el norte. La orientación del eje en el proyecto es de N60°W sin embargo en el lado norte existe una deflexión, a la altura del río Chagacancha que cambia la orientación del eje a N83°W.

##### **5.2.2. Sinclinal**

Por la zona de Toldojirca y 300 metros al Nor-este de Santa Rosa. Pasa el eje de un sinclinal que tiene una longitud de 3km y un ancho de 250 metros aproximados. Se encuentra contiguo al anticlinal Carhuacayán en su lado Sur-este.

### **5.3. Fallas**

#### **5.3.1. Fallas Mayores**

Existen importantes fallas que controlaron el desplazamiento y movimientos de las unidades litológicas yacentes en éste área, afectando también a otras estructuras como los plegamientos existentes.

##### **5.3.1.1. Falla Huascacocha – Carhuacayán**

Esta Falla que se prolonga desde la laguna Huascacocha por el río del mismo nombre hasta el poblado de Carhuacayán, tiene movimiento compuesto:

- **1ro. Movimiento Inverso:** Pone en contacto el volcánico Millotingo y las calizas de la Formación Jumasha.
- **2do. Movimiento de Rumbo:** A causa de ello el anticlinal al sur de la zona de Anita se ve interrumpido. Y el bloque desplazado aparentemente se encontraría al Sur-Oeste del poblado de Carhuacayán.

##### **5.3.1.2. Falla Jochapucro**

Esta Falla tiene una orientación aproximada N11°E, separa en el lado norte cerca de la zona de candelaria al Pórfido dacítico y Brecha Intrusiva monomítica de la Cuarzo Monzonita. Y en el lado sur cerca de la zona de Anita se proyecta interceptando el eje del Anticlinal.

##### **5.3.1.3. Falla Huashuapallanan**

Posee una orientación tendente de N60°W por lo que se extiende en forma paralela al eje del anticlinal y la laguna Yanacocha. Al norte de del Prospecto pone en contacto a la Formación Casapalca y el Stock del Pórfido de Santa Bárbara.

#### **5.3.2. Fallas Locales**

Dentro del prospecto se puede encontrar dos sistemas principales de Fallas.



- **Fallas de Rumbo N70°E:** Este sistema tiene una dirección casi perpendicular al eje del anticlinal. Se halla ampliamente distribuido, pero tiene una mayor concentración en las zonas de La Tapada, Santa Rosa y Peña Blanca.
- **Fallas de Rumbo N20°W:** Tienen una concentración predominante en la zona de Candelaria y La Tapada. Algunas Vetas se hallan asociadas a estas estructuras.

#### **5.3.2.1. Alineamiento Peña Blanca – Candelaria**

Ubicada en la quebrada que discurre entre estas dos Zonas. No se encuentra evidencias de movimiento claro ya que las unidades litológicas yacentes en ambos lados de la quebrada no muestran desplazamiento. Aparentemente éste lineamiento solo es el contacto entre las calizas del Jumasha y el Pórfido dacítico de Candelaria. Lugar por donde se emplazó el intrusivo.

#### **5.2.2.2. Alineamiento Puricocha – Lucmacocha**

Une a estas dos lagunas prolongándose en dirección norte segmentado al Pórfido Santa Bárbara ligeramente.

### **5.4. Plegamientos**

Los rasgos estructurales principalmente están conformados por pliegues y fallas de rumbo andino NO - SE a N - S, que hacia el oeste constituyen la línea de cumbres de la Cordillera Occidental, donde la secuencia sedimentaria cretácica es puesta en contacto con las rocas del Terciario, por una gran Falla regional Inversa de Rumbo NO y buzamiento entre 60° a 75° al SO. Más al este, en la altiplanicie, se presentan plegamientos y fallamientos de rumbo NO - SE a N -

S, a los que estarían asociados los procesos volcánicos y piroclásticos, y el emplazamiento de stocks subvolcánicos; así como estructuras menores de rumbo E-O. Así mismo, Carhuacayan se ubica alineado en un borde de un posible bloque levantado de características regionales, donde al Norte de este borde existen yacimientos importantes como Cerro de Pasco y Colquijirca, y hacia el Sur están los yacimientos del Domo de Yauli y Toromocho.

En esta región central del Perú ocurren fallamientos en bloques y fallas verticales longitudinales asociados a sinclinales y anticlinales especialmente en rocas del Paleozoico. La estructura de mayor prominencia es el anticlinal de Huarón, el cual fue originado por la acción combinada de los esfuerzos tectónicos compresionales E-W y la actividad magmática intrusiva del Terciario.

#### **5.5. Mineralización y Alteración**

El proyecto Carhuacayán se divide en dos zonas principales con diferentes tipos de mineralización: La primera denominada como “Santa Bárbara de Carhuacayán”; caracterizada por una mineralización tipo pórfido de Cu-Au con trazas de Mo de manera puntual, relacionadas a la intrusión de un cuerpo ígneo. La segunda zona esta denominada como “La Tapada de Carhuacayán”, la cual está conformada por una mineralización polimetálica con valores importantes de Zn-Pb-Ag y valores anómalos de Au; depositándose dentro de estructuras de relleno que obedecen a un control estructural y como mantos de sulfuros que reemplazan a los niveles sedimentarios favorables.

Según su asociación mineralógica, ambas zonas corresponden a dos eventos hidrotermales con diferentes parámetros de temperatura, presión y Ph, pero que están estrechamente relacionados dentro de un mismo marco magmático-hidrotermal (Sillitoe, 2010).

## 5.6. Vetas

En superficie se exponen diferentes sistemas de vetas, algunas están agrupadas en corredores estructurales principales, siendo estos los siguientes:

- Se observan un importante número de Vetas paralela a los sistemas de fallas de rumbo N70°E y N20°W.
- En menor Proporción se observan vetas de orientación E-W y N-S.
- La mayor población de vetas se encuentra en el corredor Estructural Candelaria.
- La Tapada, que tiene una orientación aproximada de N17°W.

De todo lo descrito sobre la secuencia estratigráfica y los controles estructurales a los que estos han sido sometidos, podemos interpretar un orden cronológico de las diferentes litologías que se encuentran dentro del proyecto (Lámina 8). En primer lugar, se tiene la intrusión del Pórfido dacítico (PDAC) cortando a la secuencia sedimentaria cretácica, seguido a ello tenemos el emplazamiento de un segundo cuerpo ígneo de menores dimensiones, denominado como Pórfido cuarzo feldespático (PQF) ubicado debajo de la zona de Candelaria. Posteriormente tenemos la generación del complejo de brechas, iniciando con la formación de la Brecha intrusiva monomítica (BIM) de similar composición al del pórfido dacítico. La actividad magmática-hidrotermal continuó y generó el emplazamiento de las brechas restantes, tales como la Brecha intrusiva polimítica (BIP) conformada por los clastos de las rocas sedimentarias circundantes y la formación de la brecha con biotita hidrotermal que se caracteriza por ser de alta temperatura. El sistema empezó a enfriarse de manera progresiva, formando las brechas más tardías, tales como la brecha con parches de turmalina y matriz de polvo de roca y por último las brechas freáticas de menores dimensiones.

No se han realizado los estudios necesarios para poder determinar la edad de la actividad hidrotermal de importancia económica, pero se cree que debió ser en algún momento entre la intrusión del PQF y la generación de la brecha intrusiva monomíctica.

## **5.7. Tectonismo**

Un conjunto de eventos tectónicos trascurrió antes y durante la evolución orogénica andina. Los registros estratigráficos de campo indican que la tectónica hercínica es la más antigua

### **5.7.1. Ciclo Tectónico Hercínico**

(McLaughlin, 1924) (Steinmann, 1929) y (Harrison, 1943) reconocieron la existencia de una sedimentación del paleozoico inferior afectado por un metamorfismo regional. (Megard, y otros, 1971) y (Dalmalyrac, Laubacher, & Marocco, 1980) reconocieron un tectonismo herciniano el cual dividieron en:

#### **5.7.1.1. Fase Eoherciniana**

Posee estructuras de plegamientos bien diferentes a los pliegues andinos que solo afectan al paleozoico superior, siendo muy vistas en los domos de mal paso y el de Yauli (Megard, y otros, 1971). Además, se observa replegamientos y un metamorfismo regional cuyo nivel estructural origina un frente de esquistosidad así como un plutonismo sintectónico, este tectonismo se desarrolló en el Devónico Superior, (Palacios, 1995). (Megard, y otros, 1971) y (Dalmalyrac, Laubacher, & Marocco, 1980) indican como estructuras eohercinianos de fase inicial Fe(1) NE-SW y Fe(2) N110 - N150 a esta parte del Perú Central.

#### **5.7.1.2. Fase Tardihercínica**

(Megard, y otros, 1971) realizó una sección que relacionaba San Cristóbal, Tarma y La Merced; teniendo una orientación aproximada SW-NE la cual atravesó las

estructuras de: El Domo de Yauli, El Anticlinal de Mal Paso y el Anticlinorium de la Cordillera Oriental. En las cuales se identificó eventos tardihercínicos reflejados en un tectonismo frágil en el pérmico medio sobre la región de Tarma, y un vulcanismo bien desarrollado en el domo de Yauli acompañado de secuencias sedimentarias de tipo continental, mientras que en el domo de Mal Paso es menor la presencia de materiales del vulcanismo. Razón por la cual en estos lugares es visible la discordancia entre el pérmico superior y el paleozoico inferior; plegado y metamorfozido. (Palacios, 1995) menciona que esta tectónica tiene como característica un cambio litológico de facies marinas a continentales por el levantamiento en bloques, a lo largo de fallas de rumbo NW-SE con la formación de fosas y pilares tectónicos con el consiguiente retiro del mar seguido de una erosión que ocasionó la depositación de sedimentos del Grupo Mitu. En el tiempo se refiere que ocurre al pasar del Pérmico Inferior al Superior.

#### **5.1.7.3. Fase Finihercínica**

observó la presencia de un tectonismo muy tardío que afecta al pérmico superior generando pliegues abiertos en el domo de Yauli y fallas en la región de Tarma. (O. Palacios, 1995) señala que hubo una reactivación de la fase tardihercínica con fallamientos en bloques y desplazamientos importantes asociados a una tectónica distensiva, evidencia de ello, en el Perú Central se observa en un **contacto discordante** entre **el Grupo Mitu y el Grupo Pucara**.

#### **5.7.2. Ciclo Tectónico Andino:**

(Palacios, 1995) señala que el desarrollo del Ciclo Andino se dio entre el mesozoico y el cenozoico; comenzando por la formación del geosinclinal, posterior deformación y continuo con el levantamiento de esta megaestructura. Este ciclo comprende en general dos períodos: uno de mayor duración con depositación sobre el geosinclinal (Triásico Medio y

Cretácico Superior) y el otro comprendido en periodos de corta duración, el cual ha generado deformación compresiva y levantamiento del geosinclinal (Cretácico superior hasta la actualidad).

#### **5.7.2.2. Fase Nevadiana**

Este tectonismo generó una epirogénesis del geosinclinal a fines del Jurásico Medio y comienzos del Jurásico Superior; provocando la emersión de un bloque central conocido como el Arco del Marañón que separó en dos cuencas la parte del Centro y Norte del Perú: una noroccidental y la otra oriental. (Palacios, 1995).

#### **5.7.2.3. Fase Peruana**

Descrita por Steimman, está comprendida en el transcurso del Santoniano (finales del Cretácico Superior). La característica más importante es el cambio de sedimentación; de marina carbonatada a continental conocida como "Capas Rojas". Se forma el flanco oeste de la cordillera occidental que provee de material detrítico a las capas rojas ubicadas al este. En la cordillera oriental del centro del Perú; esta etapa se define mejor al NE de las altiplanicies. (Megard, 1978).

A esta fase también se le conoce como orogénica andina donde se producen amplios plegamientos en el sector occidental, así como fallamientos, delineándose, entonces la cordillera occidental. (Palacios, 1995).

#### **5.7.2.4. Fase Inca**

En el Perú central, afecta a una cobertura volcánica que tiene cerca de su base 40 M.A que yace discordantemente angular sobre apretados pliegues que deforman por igual unidades del Cretácico. (Megard, 1978). En la época del Eoceno; se inician perturbaciones que producen fuerte deformación compresional, evidenciadas en plegamientos que afectan las capas rojas, así también por fallamiento inverso; siendo

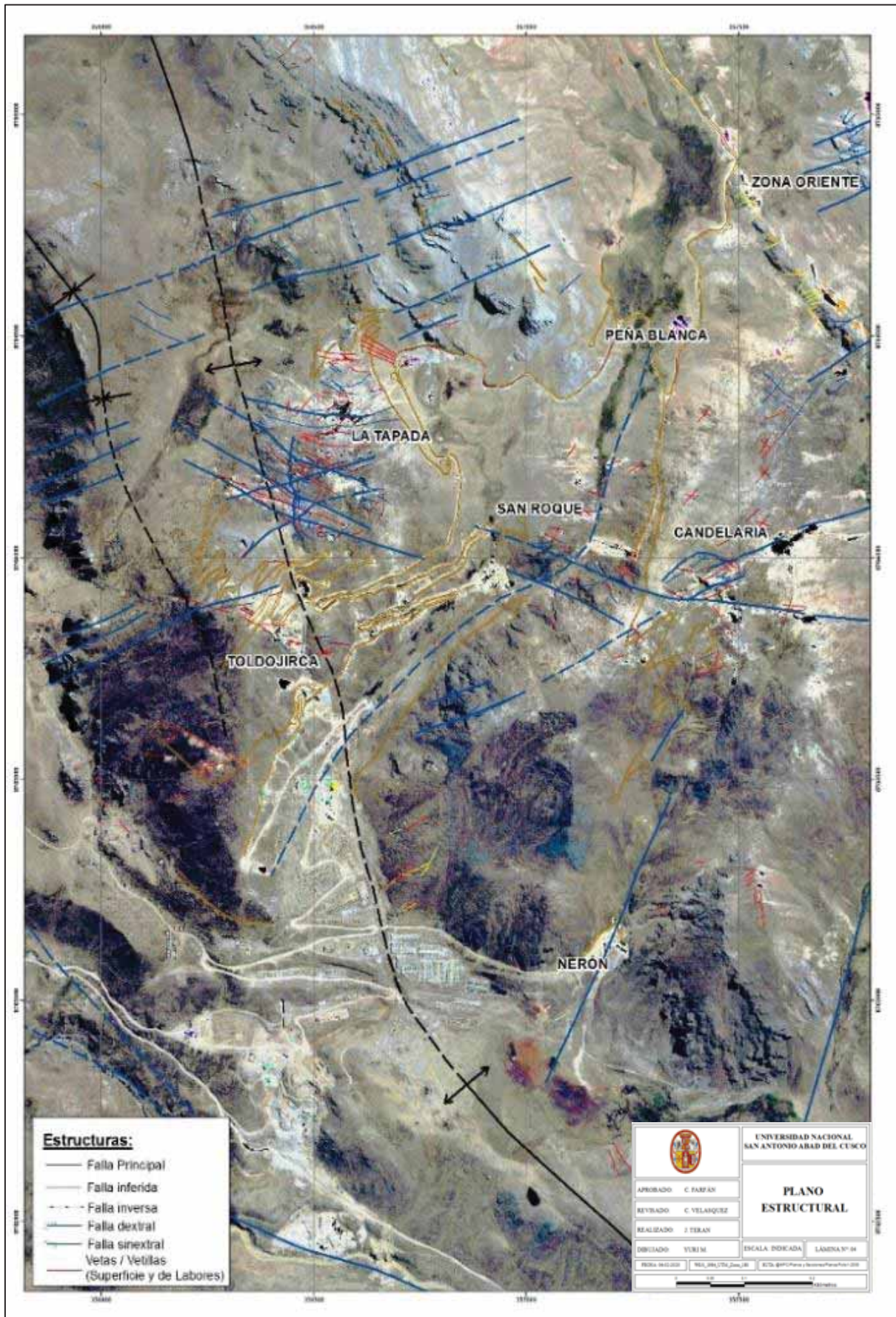
más afectado la zona norte y central de la cordillera occidental ya que al ser desplazada la pila sedimentaria mesozoica contra el geoanticlinal del marañón, se genera imbricamiento a lo largo de fallas inversas de alto ángulo (Palacios, 1995).

#### **5.7.2.5. Fase quechua**

De acuerdo con los indicios durante la edad del mioceno; se dio una actividad magmática intensa en la cordillera occidental y en el caso del altiplano ésta se reflejó en una epirogénesis que causó una erosión y posteriormente a ella; en el mioceno superior se produjo una actividad volcánica más intensa que cubrió valles y/o superficies preestablecidas con material tobáceo predominantemente, estas series llegan hasta el mioceno inferior. Sin embargo, la discordancia que marcaría esta fase se encuentra entre el mioceno inferior y superior. Además, es en esta etapa que se forma la superficie puna con una extensión regional que tuvo una cota inicial aproximada de 1000 m.s.n.m. (Palacios, 1995).

En el centro y sur del Perú, las rocas volcánicas del Mioceno superior son cubiertas en discordancia por ignimbritas del plioceno temprano lo que indica una nueva fase en el mioceno terminal, a la que se llama Segunda Fase Quechua (Palacios, 1995).

En la época del Plioceno temprano se generó un levantamiento el cual causó que los andes sobrepasen los 3000 m.s.n.m., acompañado de una actividad volcánica andesítica principalmente. La superficie Puna que ya se había formado fue llevada hasta los 4000 m.s.n.m. Estos movimientos estarían vinculados a una Tercera Fase Quechua (Palacios, 1995).



Lamina N° 6: Mapa Estructural del Proyecto Carhuacayán.





## CAPITULO VI

### **1 IMPACTOS POTENCIALES DE LA ACTIVIDAD**

En el presente capítulo se identifican, evalúan y describen los impactos ambientales y sociales que podrían presentarse durante las actividades del Proyecto “Exploración Minera Carhuacayan Zona -2”.

El método de identificación de los impactos utilizada se ha encontrado que las actividades del proyecto se consideran en su interacción con los componentes ambientales y sociales que las implicaciones definidas como "Impactos". El impacto ambiental se define como "variación neta de la salud humana, en su bienestar o en su entorno, actividades humanas debido a la interacción con los sistemas naturales (ecosistemas). En este sentido, se entiende que un impacto puede ser favorable o perjudicial.

Los impactos previsibles sobre el ambiente como consecuencia de la actividad del Proyecto de Exploración Minera Carhuacayán - Zona 2 se han identificado las dos etapas de exploración, las cuales se mencionan a continuación:

- Etapa 1: Habilitación de Accesos, Plataformas, Pozas y Componentes Auxiliares
- Etapa 2: Actividades de Perforación Diamantina (Exploración)

#### **6.1. 1 Procedimiento De Análisis De Impactos Ambientales**

Este procedimiento comienza con la identificación y análisis de las actividades del proyecto. Después de eso, la identificación del componente ambiental que podría verse afectado por ciertas actividades ambientales que son potenciales sobre el entorno físico, biológico y socioeconómico

Para una evaluación cualitativa, la naturaleza de un impacto se determina de acuerdo con su impacto favorable o negativo en la calidad de vida de los humanos y los componentes ambientales en el área del proyecto de la influencia. En este sentido, un impacto es positivo si su presencia tiene un efecto del cambio para mejorar la calidad de un componente de entorno, y un impacto es negativo si la apariencia reduce la calidad del componente ambiental. El procedimiento metodológico, seguido de la identificación y evaluación del impacto ambiental del proyecto con referencia se desarrolló de la siguiente manera:

- Identificación de actividades del proyecto con potencial de generar impactos
- Identificación de componentes ambientales potencialmente afectables.
- Identificación de los aspectos e impactos potenciales.
- Determinación del nivel de significancia de los impactos.
- Descripción de los principales impactos

## **6.2. Identificación Y Evaluación De Impactos**

### **6.2.1. Identificación De Actividades Del Proyecto Y Componentes Ambientales Interactuantes**

Previo a la identificación y evaluación de los impactos ambientales, ha sido necesario definir las actividades que interactúan con los componentes ambientales del área de influencia del Proyecto. Cabe señalar que, durante la selección de las actividades, se optó por aquellas que tienen incidencia probable sobre los componentes físico, biológico y social.

### **A. Actividades Del Proyecto Con Potencial De Generar Impactos**

Antes de reconocer y evaluar el impacto en el medio ambiente, fue necesario definir las actividades que interactúan con los componentes ambientales de la gripe del proyecto del proyecto. Cabe señalar que, durante la selección de actividades, aquellos que probablemente tienen una incidencia de componentes físicos, biológicos y sociales.

### **B. Identificación De Componentes Ambientales**

Se identificaron los componentes ecológicos y socioeconómicos que podrían ser influenciados por la implementación del proyecto en las fases de habilitación y exploración. La identificación de los efectos potenciales se refiere al estado actual, la calidad y otras propiedades de estos componentes

## **6.3. Impactos Previsibles En La Etapa 1: Habilitación De Accesos, Plataformas, Pozas Y Componentes Auxiliares.**

### **a. Aire**

- **Alteración de la calidad de aire**

La calidad del aire durante la etapa de habilitación del terreno podría ser causada por la generación de materiales particulados (PM10 y PM 2.5) y la emisión de gas de combustión (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S), en este último caso del producto, La combustión de la operación de maquinaria pesada, vehículos y equipos que trabajan en el área del proyecto. Mientras tanto, la producción de materiales de partículas se presentó principalmente al tránsito de maquinaria o vehículos durante el trabajo del movimiento y las actividades del país

- **Incremento de niveles de ruido ambiental**

El incremento de los niveles de ruido durante la habilitación del terreno se dará como consecuencia de la actividad de la maquinaria pesada, vehículos y equipos, los cuales generarán ruidos propios por su funcionamiento.

Los efectos del ruido alcanzan negativamente una intensidad media, el área de influencia es puntual y el período de evento es a medio plazo, la durabilidad del efecto es volátil, la reversibilidad es a corto plazo, porque el impacto se pone al final de la activación. Y la actividad de la construcción está a lo largo de que las medidas implementadas en el plan de gestión ambiental existente no se consideran sinergias, la acumulación es simple, la relación de efecto causa se ha considerado directamente, la regularidad de la manifestación es periódicamente y la recuperación se consideró como mitigable.

**b. Agua**

- **Alteración de la calidad de agua superficial**

El material particulado generado por las actividades de retiro de suelo orgánico y material excedente durante la habilitación de accesos podría llegar a depositarse sobre los cuerpos de agua cercanos, generando así un impacto indirecto sobre la calidad del agua superficial.

El efecto predecible en la naturaleza y en esta se determina la intensidad como los medios de comunicación es puntual y el período de la manifestación es el término medio, la duración del efecto es de corta duración, reversibilidad pronto los efectos con el tiempo se convierta la elección efectiva de la actividad, hay sinergia se considera debido a que las medidas llevadas a cabo en el plan de gestión ambiental existentes es la simple acumulación, porque incluso si está en el campo de la

responsabilidad ambiental influencia, que son lo suficientemente lejos de las áreas a ser activado, es la regularidad de las áreas a ser activado .

### c. Suelo

- **Afectación de la Calidad de suelo**

Las actividades que se desarrollarán durante la etapa de habilitación del terreno podrían causar alteración de la calidad de suelos como consecuencia de situaciones imprevistas o derrames accidentales de aceites, grasas, combustibles, residuos o cualquier sustancia química; este caso se daría durante los trabajos y el desplazamiento de maquinarias y vehículos

Se precisa que la alteración de la calidad del suelo representa un riesgo que se puede prevenir y mitigar. En tal sentido las medidas permiten reducir considerablemente las probabilidades de que se presente algún caso de contaminación de suelo, así como las medidas de mitigación esto se detallan en el Plan de Manejo Ambiental y Plan de Contingencias o de Respuesta a Emergencias.

- **Alteración de las características físicas del suelo**

Las actividades de excavación, los movimientos de la Tierra y movilización de equipos, materiales y personal en el sector de la plataforma, los estanques de lodos y el equipo auxiliar cambiarán la estructura y compactara los suelos de las áreas intervenidas.

- **Pérdida de suelo**

Las actividades de habilitación de accesos, plataformas, pozas de sedimentación y componentes auxiliares, también implicarán trabajos de movimiento de tierras y

remoción de la capa superficial del suelo, lo cual podría cambiar el uso actual de este elemento ambiental.

Se ha determinado que los impactos en el suelo son de naturaleza negativa y la intensidad ha sido determinada como media, el área de influencia es puntual y el plazo de manifestación es de mediano plazo, la reversibilidad es de mediano plazo, no se considera sinergia debido a las medidas implementadas en el Plan de Manejo Ambiental existente, la acumulación es simple, ya que si bien existen pasivos ambientales en el área de influencia, éstos se encuentran lo suficientemente alejados de las áreas a habilitar, la relación causa – efecto se ha considerado como directo, la regularidad de la manifestación es periódica y la recuperabilidad se ha considerado como mitigable.

#### **d. Paisaje**

- **Cambio de Paisaje**

Las actividades de excavaciones y movimientos de tierra que se realizarán en el área de las plataformas, pozas de lodos e instalaciones auxiliares, temporalmente modificarán ligeramente la topografía existente, debido a que en esa área las pendientes son muy suaves.

Los efectos en el paisaje son negativos con una intensidad promedio y el área de la influencia puntual, el período de manifestación es promedio y su durabilidad temporal del efecto, la reversibilidad es a medio plazo y sin sinergia, la acumulación es simple, aunque existen pasivos ambientales en el área de influencia. Con la relación causa – efecto indirecto, la regularidad de manifestación es periódica y una recuperabilidad mitigable.

#### **e. Flora**

- **Remoción de la Cobertura Vegetal**

Las actividades de habilitación de las plataformas, áreas de sedimentación, componentes de acceso y censo. Incluirá el movimiento del suelo y la eliminación de la capa superficial de la masa que eliminan la supresión de los sistemas que cubren las zonas proyectadas para los componentes del proyecto

La flora se presenta escasa en el área de estudio y sufrirá un impacto negativo con una baja intensidad y área de influencia puntual, el área de evento se encuentra a mediano plazo, y la permanencia del efecto es temporal, por otro lado, tiene una reversibilidad a mediano plazo, No se considera que la sinergia y la acumulación son fáciles, ya que estos pasivos ambientales están en el campo de la influencia, estos están lo suficientemente cerca. La relación de causa-efecto es indirecta y la regularidad de manifestación es periódica y la recuperabilidad es mitigable.

#### **f. Fauna**

- **Alteración de hábitats y ayuntamiento de especies de fauna**

De igual manera que en el caso anterior, las actividades de habilitación de plataformas, pozas de sedimentación, accesos, componentes auxiliares <sup>1</sup> y la **movilización** de equipos, **materiales y personal**; propiciarán la intervención de hábitats terrestres y de individuos.

Se determinó un tipo de efecto negativo con la baja intensidad de su punto de influencia con una manifestación a mediano plazo, por lo que la duración del efecto es temporalmente a la reversibilidad a medio plazo cuando se trata de un área atractiva. La reversibilidad es baja al considerarse que el impacto cesará en cuanto



la actividad de habilitación termine, no hay sinergias y una acumulación simple, aunque existen pasivos ecológicos en el sector de la influencia, están lo suficientemente lejos de las áreas a ser adoptadas.

**g. Socioeconómico**

- **Generación de empleo y dinamización de la economía local**

Las actividades del proyecto desarrolladas en esta etapa requieren un trabajo calificado y no calificado. La intensidad de los efectos es el promedio, la influencia es puntual, y el período de demostración es a medio plazo, la reversibilidad a mediano plazo, ninguna sinergia y acumulación son simples, el efecto de la causa es indirecta.

- **Riesgo en la Salud y Seguridad debido a accidentes**

Las actividades desarrolladas durante la etapa de habilitación del terreno condicionarán los riesgos de seguridad y salud de las personas se vincularán directamente con el tipo de actividad que se puede prevenir del uso correcto del equipo de protección personal (EPPs) y aplicando las medidas propuestas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

De los factores que podrían comprometer esta afección es la exposición al aumento del material de partículas durante el movimiento y la eliminación del exceso de material y la exposición al personal a un nivel. La exposición prolongada a elevados niveles de ruido podría propiciar la afectación en su calidad auditiva, en caso de no utilizar adecuadamente los equipos de protección personal escucha cuando los dispositivos de protección individuales se usan de manera adecuada.

## 6.4. Impactos Previsibles En La Etapa De Exploración

### a. <sup>1</sup> Aire

- **Alteración de la calidad de aire**

La alteración de la calidad del aire que podría presentarse en esta etapa se debe principalmente a la generación de material particulado (PM10 y PM2.5) y emisión de gases de combustión (CO, NO2, SO2, e H2S) producidos durante el transporte de personal, testigos, materiales e insumos y la perforación.

La variación en la <sup>1</sup> calidad del aire, que podría representarse en esta etapa, se debe principalmente a la generación de materiales de partículas (<sup>1</sup> PM10 y PM2, 5) y la emisión de gas de combustión (CO, NO2, SO2 y H2S), que durante el personal El transporte es fabricado, controles, materiales e instalaciones y agujeros.

- **Incremento del nivel de ruido ambiental**

El aumento en el nivel de ruido durante la fase de perforación se proporciona principalmente cuando se encuentra los orificios de diamantes entre la operación. Otra actividad que generaría el aumento en el nivel de ruido debería ser atribuible a un comercio sólido con equipos de maquinaria, vehículos y dispositivos que generen sus sonidos para su operación.

Los impactos en el aire son de intensidad baja negativa, la durabilidad del efecto se encuentra temporalmente, la reversibilidad se ha estimado en una visión corta, no se muestra la sinergia y la acumulación. Aunque existen riesgos ambientales en el sector de la influenza, estas están lo suficientemente cerca como para usar las áreas. La relación causa-efecto es directamente y la regularidad del evento es periódicamente, con recuperación recuperable.

## **b. Agua**

- **Alteración de la calidad de agua**

Durante la etapa de perforación existirá un riesgo sobre el componente agua, debido a que las actividades de perforación con diamantina podrían interceptar un acuífero y por lo tanto generar una posible variación de la calidad de las aguas subterráneas.

- **Alteración de la cantidad de agua**

Estos efectos se generan debido al consumo de agua para las actividades de perforación diamantina y riego de accesos hacia las áreas de trabajo. Debido a que la demanda total de agua para el Proyecto es de 0.52 L/s y la disponibilidad hídrica calculada en los tres (03) puntos de captación es de 70.60 L/s; este impacto se califica como Negativo y Moderado.

Los impactos en el agua son de naturaleza negativa con una intensidad promedio y área de influencia puntual, cuenta con un plazo de manifestación a mediano plazo, la permanencia del efecto es temporal, la reversibilidad es a mediano plazo ya que el impacto cesará en cuanto la exploración termine, se presenta sinergia, tienen una acumulación simple, pero se encuentran en la esfera de influencia de los compromisos respetuosos con el medio ambiente, están lo suficientemente cerca como para ser usados en los campos.

## **c. Suelo**

- **Afectación de la calidad de suelos**

En esta etapa también se contempla un potencial riesgo de alteración de la calidad del suelo durante la perforación diamantina, manejo de insumos, y manejo y recirculación de lodos. Estos casos se podrían presentar como consecuencia de situaciones fortuitas o derrame accidental de aceites, grasas y combustibles.

1 Se precisa que la alteración de la calidad del suelo representa un riesgo que se puede prevenir y mitigar. En este sentido las medidas que permiten reducir considerablemente las probabilidades de que se presente algún caso de contaminación de suelo, así como las medidas de mitigación se detallan en el Plan de Manejo Ambiental y Plan de Contingencias o de Respuesta a Emergencias.

#### **d. Paisaje**

- **Cambio del paisaje**

El paisaje sufrirá el producto de las actividades de perforación, el impacto es negativo con la intensidad promedio y el área puntual de la influencia, la duración de la demostración es el medio y su resistencia temporal del efecto, la reversibilidad es a medio plazo y sin sinergia, La acumulación es simple porque los pasivos ambientales son simples en el área de la zona de influencia, pero hay suficiente cerca de las zonas que se utilizarán, la relación indirecta causa efectos, la regularidad del evento es periódicamente y la recuperación es mitigable

#### **e. Fauna**

- **Alteración de hábitats y ayuntamiento de especies de fauna**

Durante esta fase etapa la actividad que ocasionaría la alteración de hábitats y el ayuntamiento de individuos se dará particularmente en la perforación de diamantes, el ruido producido durante la ejecución de la perforación podría afectar el comportamiento normal de las especies de vida silvestre en la región, lo que sería un impacto temporal debido al cambio de la velocidad o la migración de diferentes especies en zonas vecinas.

El tipo de impacto es una pequeña intensidad negativa cuya influencia es puntual, con una duración promedio del evento. La reversibilidad en el término promedio se supone que el efecto cesa tan pronto como sea completa la actividad de exploración. No hay sinergia y una simple acumulación, ya que, si bien existen pasivos ambientales en el área de influencia, éstos se encuentran lo suficientemente alejados de las áreas a utilizar, respecto de la relación causa – efecto es indirecta, su regularidad de manifestación es irregular y la recuperabilidad es mitigable.

#### **f. Socioeconómico**

- **Generación de empleo y dinamización de la Economía local**

La Intensidad del impacto <sup>4</sup> es media, el área de influencia es puntual y plazo de manifestación es inmediato, reversibilidad a mediano plazo, no se presenta sinergia y la acumulación es simple, la relación causa efecto es directa.

- **Riesgo en la Salud y Seguridad debido a accidentes**

<sup>1</sup> Las actividades que se desarrollarán durante la etapa de perforación propiciarán que el personal este expuesto a riesgos en materia de seguridad y salud ocupacional.

<sup>1</sup> Como medida preventiva todos los trabajadores serán dotados de Equipos de Protección Personal dependiendo del tipo de actividad y riesgo al que estén expuestos.

Cabe mencionar que los impactos previsibles acumulativos por la presencia de pasivos ambientales se han desestimado en la etapa de exploración, dado que se consideró desde el inicio del proyecto ubicar las plataformas lo suficientemente alejadas de los pasivos para que no se produzca este tipo de impacto.

## CAPITULO VII

### ANALISIS Y VALIDACION DE DATOS

#### 7.1. Mapeo Geológico

Los trabajos de evaluación consistieron en complementar la información existente con el cartografiado Geológico complementario a escala 1:2000 de la zona central de La Tapada, dando énfasis al tema estructural determinando dos sistemas de fallas y fracturamiento, el sistema MNW con buzamiento al NE (fallas Huascachaca y Huascapallanan) que controlan el stock Pórfido Dacítico y el Sistema E-W con buzamiento al Norte determinado como un corredor estructural que controlan el emplazamiento de las Vetas en La Tapada y las Brechas hidrotermales en la zona de Candelaria. **Foto N° 12.**



*Foto N° 12: La Tapada con excavaciones antiguas sobre vetas y fallas, al lado Sur la Brecha Toldojirca y la boca mina del Niveles 400 y 600.*

Se inició con el Cartografiado geológico detallado a escala 1:2000 en las zonas comprendida entre la Brecha San Roque y Candelaria.



*Foto N° 13: Cuerpo Candelaria colapsado por la explotación subterránea.*

## **7.2. Perforación Diamantina.**

La campaña de perforación diamantina en Carhuacayán se inició en noviembre del 2016 con un programa de 5,000 metros donde se perforaron 1,428 metros distribuidos en dos sondajes de los cuales uno de ellos se concluyó en enero de 2017.

Al programa de perforación diamantina 2017 se le adicionó un programa de “Perforación Regional” (Programa elaborado por del Área de Generativos - Exploraciones Regionales) que tuvo como objetivo explorar las intersecciones de los lineamientos estructurales EW/NE/NS; asimismo, se decidió también iniciar el programa de perforación diamantina en el Pórfido Au-Cu Santa

Bárbara (Zona 1) de 5,000 metros; los resultados de la exploración en Santa Bárbara no se consignan en este informe sino en uno aparte.

En el Proyecto de exploración Carhuacayán (Zona 1 y Zona 2) se ha perforado un total 31,990.90 metros (incluyendo 1,428 metros de la campaña 2016), los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

- En La Tapada se ejecutaron 24 sondajes con 11,438.50 metros.
- En Candelaria se ejecutaron 10 sondajes con 3,981.40 metros.
- El Programa Regional se ejecutaron 11 sondajes con 7,484.30 metros.
- En el Pórfido Santa Bárbara se ejecutaron 16 sondajes con 9,086.70 metros.

En general se superaron los objetivos corporativos propuestos para el 2017 en un 126.2% (Cuadro N° 4).

| <b>PROGRESO GENERAL</b> |                                      |                             |                              |                                       |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Zona</b>             | <b>Numero de Sondajes ejecutados</b> | <b>Total mts perforados</b> | <b>Total mts Programados</b> | <b>Porcentaje de metros avanzados</b> |
| Programa Regional       | 11                                   | 7484.30                     | 7940.00                      | 94.3 %                                |
| Candelaria              | 10                                   | 3981.40                     | 5950.00                      | 66.9 %                                |
| La Tapada               | 24                                   | 11438.50                    | 5400.00                      | 211.8 %                               |
| Pórfido Santa Bárbara   | 16                                   | 9086.70                     | 6050.00                      | 150.2 %                               |
| <b>TOTAL</b>            | <b>61</b>                            | <b>31,990.90</b>            | <b>25,340.00</b>             | <b>126.2%</b>                         |

*Cuadro N° 4: Metros Perforados versus metros Programados - Proyecto Carhuacayán y Pórfido Carhuacayán.*

En la campaña de exploración 2017 en el sector de la “La Tapada” (Zona 2), se ejecutaron un total de 22,904.2 metros distribuidos en 45 sondajes con línea HQ (89%) y NQ (11%). Las empresas contratadas especializadas en perforación diamantina para esta campaña son: Consorcio JM, SFP drilling y Secominc; asimismo, las máquinas empleadas fueron las perforadoras UDR 650 (Sandvik),



LF 90D, LM-90 (Boart Longyear), CS14-PDD6/ CS14PDD4 (Atlas Copco)  
(Cuadro N° 5).

| EMPRESA DE PERFORACION | Fecha      |            | Modelo Máquina  | Sondajes Ejecutados | Metros Perforados |
|------------------------|------------|------------|---|---------------------|-------------------|
|                        | De         | Hasta      |   |                     |                   |
| Consortio JM           | 04/11/2016 | 13/04/2017 | UDR 650 (Sandick)   | 6                   | 4,356.80          |
| SFP Drilling           | 24/04/2017 | 21/12/2017 | LF 90D-1 (Boart Longyear)<br>CS14-PD06 (Atlas Copco)<br>CS14-PD04 (Sandvik) | 33                  | 15,441.60         |
| Secominc               | 31/10/2017 | 21/12/2017 | LF 90D-1 (Boart Longyear)<br>LM-90 (Boart Longyear)                         | 6                   | 3,105.80          |
| <b>TOTAL</b>           |            |            |   | <b>45</b>           | <b>22,904.20</b>  |

*Cuadro N° 5: Metros Perforados por Empresas.*

En la zona “La Tapada” se han ejecutado un total de 29 plataformas de las cuales 5 no se utilizaron por prioridad en el programa. Las características de los sondajes como fecha de inicio, objetivo, coordenadas, inclinación, etc., se encuentran en el Cuadro N° 6.

**EXPLORACIONES REGIONALES 2017**  
**PROYECTO CARHUACAYAN ZONA MINA ANTIGUA**

| Nro                               | UBICACIÓN   | PLATAFORMA | OBJETIVO                 | EMPRESA             | FECHA      |            | DATA TALADRO |                                 |           |         |            |           |                |               |                  |        |  |           |  |  |  |
|-----------------------------------|-------------|------------|--------------------------|---------------------|------------|------------|--------------|---------------------------------|-----------|---------|------------|-----------|----------------|---------------|------------------|--------|--|-----------|--|--|--|
|                                   |             |            |                          |                     | INICIO     | FIN        | HOLE         | NORTE                           | ESTE      | COTA    | AZIMUT (°) | INCL. (°) | PROF. PROG (m) | EJECUTADO (m) | HQ (m)           | NQ     |  |           |  |  |  |
| 1                                 | Candelaria  | 26         | Cuerpo Candelaria        | Cons. JM            | 04/11/2016 | 08/12/2016 | DDHMCRR16001 | 8764322.38                      | 357323.49 | 4530.40 | 165.71     | 36.74     | 750.00         | 851.20        | 466.80           | 384.40 |  |           |  |  |  |
| 2                                 | La Tapada   | 25         | Cuerpo LT 8, LT1 Y LT 3A | Cons. JM            | 10/12/2016 | 09/01/2017 | DDHMCRR16002 | 8764085.44                      | 356990.88 | 4481.60 | 275.20     | 53.03     | 750.00         | 751.20        | 701.50           | 49.70  |  |           |  |  |  |
| 3                                 | Peña Blanca | 23         | Brecha San Roque         | Cons. JM            | 12/01/2017 | 12/02/2017 | DDHMCRR17003 | 8764487.05                      | 357152.90 | 4539.11 | 180.00     | 39.17     | 700.00         | 851.20        | 627.50           | 223.70 |  |           |  |  |  |
| 4                                 | Peña Blanca | 21         | Feeders E-W              | Cons. JM            | 19/02/2017 | 06/03/2017 | DDHMCRR17004 | 8764410.02                      | 356689.39 | 4504.86 | 184.68     | 44.45     | 550.00         | 551.80        | 551.80           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 5                                 | La Tapada   | 25         | Feeders E-W              | Cons. JM            | 09/03/2017 | 20/03/2017 | DDHMCRR17005 | 8764090.79                      | 356991.48 | 4481.82 | 172.33     | 45.06     | 600.00         | 600.30        | 600.30           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 6                                 | Candelaria  | 33         | Franja W Candelaria      | Cons. JM            | 24/03/2017 | 13/04/2017 | DDHMCRR17006 | 8763451.05                      | 357205.05 | 4467.82 | 5.11       | 35.81     | 650.00         | 751.10        | 751.10           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 7                                 | Toldojirca  | 28         | Cpo Toldojirca           | SFP Drilling PD04   | 24/04/2017 | 15/05/2017 | DDHMCRR17007 | 8763608.14                      | 356126.72 | 4425.32 | 49.58      | 34.38     | 600.00         | 644.50        | 464.20           | 180.30 |  |           |  |  |  |
| 8                                 | Toldojirca  | 29         | Cpo Toldojirca           | SFP Drilling PD04   | 17/05/2017 | 04/06/2017 | DDHMCRR17008 | 8763280.06                      | 356186.58 | 4326.84 | 35.59      | 45.30     | 600.00         | 685.70        | 568.60           | 117.10 |  |           |  |  |  |
| 9                                 | Toldojirca  | 34         | Cpo Toldojirca           | SFP Drilling PD04   | 06/06/2017 | 25/06/2017 | DDHMCRR17009 | 8763165.93                      | 357342.99 | 4304.88 | 3.43       | 35.03     | 700.00         | 724.80        | 512.20           | 212.60 |  |           |  |  |  |
| 10                                | Toldojirca  | 27         | Cpo Toldojirca           | SFP Drilling PD04   | 27/06/2017 | 19/07/2017 | DDHMCRR17010 | 8763766.15                      | 356292.82 | 4498.27 | 15.45      | 52.37     | 400.00         | 665.60        | 665.60           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 11                                | Toldojirca  | 17         | Tapada Oeste             | SFP Drilling PD04   | 22/07/2017 | 09/08/2017 | DDHMCRR17011 | 8763981.99                      | 356201.39 | 4487.03 | 25.00      | 50.00     | 600.00         | 406.90        | 413.90           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 12                                | Candelaria  | 18         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 19/03/2017 | 01/04/2017 | DDHCDL17001  | 8763694.11                      | 357342.31 | 4502.74 | 21.65      | 51.28     | 440.00         | 485.10        | 485.10           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 13                                | Candelaria  | 18         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 03/04/2017 | 15/04/2017 | DDHCDL17002  | 8763694.21                      | 357342.28 | 4502.82 | 21.86      | 35.16     | 400.00         | 403.50        | 403.50           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 14                                | Candelaria  | 10         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 17/04/2017 | 01/05/2017 | DDHCDL17003  | 8763806.74                      | 357389.48 | 4533.39 | 19.95      | 37.96     | 300.00         | 272.30        | 173.00           | 99.30  |  |           |  |  |  |
| 15                                | Candelaria  | 10         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 05/05/2017 | 13/05/2017 | DDHCDL17004  | 8763807.85                      | 357389.80 | 4533.37 | 22.06      | 10.26     | 180.00         | 177.60        | 177.60           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 16                                | Candelaria  | 41         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 14/05/2017 | 11/06/2017 | DDHCDL17005  | 8763535.24                      | 357275.77 | 4471.21 | 24.31      | 48.28     | 700.00         | 805.40        | 469.30           | 336.10 |  |           |  |  |  |
| 17                                | Candelaria  | 20         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 15/06/2017 | 26/06/2017 | DDHCDL17006  | 8763664.09                      | 357386.70 | 4497.85 | 22.55      | 35.85     | 370.00         | 323.50        | 314.00           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 18                                | Candelaria  | 20         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 30/06/2017 | 17/07/2017 | DDHCDL17007  | 8763664.09                      | 357386.70 | 4497.85 | 22.00      | 58.00     | 450.00         | 473.50        | 473.50           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 19                                | Candelaria  | 12         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 18/07/2017 | 23/07/2017 | DDHCDL17008  | 8763764.41                      | 357425.80 | 4536.85 | 21.13      | 46.89     | 250.00         | 254.10        | 254.10           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 20                                | Candelaria  | 12         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 24/07/2017 | 08/08/2017 | DDHCDL17009  | 8763765.00                      | 357426.00 | 4536.28 | 22.07      | 33.23     | 250.00         | 374.40        | 374.40           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 21                                | Candelaria  | 14         | Infill CDL               | SFP Drilling PD06   | 11/08/2017 | 22/08/2017 | DDHCDL17010  | 8763714.85                      | 357294.31 | 4524.31 | 22.00      | 34.13     | 300.00         | 412.00        | 297.10           | 114.90 |  |           |  |  |  |
| 22                                | La Tapada   | 8          | Infill TPD               | SFP Drilling LF90D  | 15/06/2017 | 24/07/2017 | DDHTPD17001  | 8763872.51                      | 357001.44 | 4460.04 | 317.59     | 40.02     | 500.00         | 617.10        | 617.10           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 23                                | La Tapada   | 8          | Infill TPD               | SFP Drilling LF90D  | 26/07/2017 | 05/08/2017 | DDHTPD17002  | 8763872.51                      | 357001.44 | 4460.04 | 315.00     | 55.00     | 500.00         | 407.30        | 407.30           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 24                                | La Tapada   | 3          | Infill TPD               | SFP Drilling PD04   | 13/08/2017 | 24/08/2017 | DDHTPD17003  | 8764054.08                      | 356809.19 | 4488.21 | 317.35     | 59.23     | 450.00         | 435.30        | 435.30           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 25                                | La Tapada   | 8          | Infill TPD               | SFP Drilling LF90D  | 16/08/2017 | 05/09/2017 | DDHTPD17004  | 8763872.37                      | 357001.21 | 4460.00 | 315.14     | 55.02     | 500.00         | 454.40        | 454.40           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 26                                | La Tapada   | 2          | Infill TPD               | SFP Drilling PD06   | 23/08/2017 | 01/09/2017 | DDHTPD17005  | 8764026.31                      | 356772.88 | 4486.32 | 315.93     | 53.44     | 450.00         | 422.10        | 422.10           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 27                                | La Tapada   | 2          | Infill TPD               | SFP Drilling PD06   | 02/09/2017 | 21/09/2017 | DDHTPD17006  | 8764026.81                      | 356773.04 | 4485.98 | 314.48     | 30.95     | 400.00         | 527.10        | 273.4            | 253.70 |  |           |  |  |  |
| 28                                | La Tapada   | 8          | Infill TPD               | SFP Drilling LF90D  | 06/09/2017 | 22/09/2017 | DDHTPD17007  | 8763872.25                      | 357001.30 | 4460.15 | 314.86     | 55.50     | 500.00         | 582.60        | 582.60           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 29                                | La Tapada   | 1          | Infill TPD               | SFP Drilling PD06   | 22/09/2017 | 04/10/2017 | DDHTPD17008  | 8763996.31                      | 356731.67 | 4483.71 | 315.28     | 50.64     | 360.00         | 364.70        | 257.70           | 107.00 |  |           |  |  |  |
| 30                                | La Tapada   | 42         | Infill TPD               | SFP Drilling LF90D  | 25/09/2017 | 17/10/2017 | DDHTPD17009  | 8763806.35                      | 356912.96 | 4447.70 | 315.54     | 41.57     | 500.00         | 531.40        | 381.00           | 150.40 |  |           |  |  |  |
| 31                                | La Tapada   | 25         | Infill TPD               | Secominc LF90-2     | 04/10/2017 | 30/10/2017 | DDHTPD17010  | 8764095.25                      | 356987.32 | 4481.89 | 300.63     | 57.48     | 500.00         | 580.60        | 580.60           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 32                                | La Tapada   | 1          | Infill TPD               | SFP Drilling PD06   | 05/10/2017 | 17/10/2017 | DDHTPD17011  | 8763996.89                      | 356731.12 | 4483.96 | 316.15     | 29.06     | 400.00         | 425.10        | 306.90           | 118.20 |  |           |  |  |  |
| 33                                | La Tapada   | 3          | Infill TPD               | Secominc LM 90      | 13/10/2017 | 03/11/2017 | DDHTPD17012  | 8764055.65                      | 356807.71 | 4488.15 | 318.22     | 35.43     | 500.00         | 315.30        | 309.40           | 5.90   |  |           |  |  |  |
| 34                                | La Tapada   | 42         | Infill TPD               | SFP Drilling LF90D  | 19/10/2017 | 04/11/2017 | DDHTPD17013  | 8763804.69                      | 356914.39 | 4447.70 | 315.35     | 55.94     | 400.00         | 540.50        | 519.40           | 21.10  |  |           |  |  |  |
| 35                                | La Tapada   | 1          | Infill TPD               | SFP Drilling PD06   | 19/10/2017 | 25/10/2017 | DDHTPD17014  | 8763996.19                      | 356731.98 | 4483.61 | 313.90     | 73.10     | 400.00         | 313.20        | 313.20           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 36                                | La Tapada   | 1          | Infill TPD               | SFP Drilling PD06   | 26/10/2017 | 11/11/2017 | DDHTPD17015  | 8763997.88                      | 356730.67 | 4483.81 | 315.12     | 18.60     | 450.00         | 441.80        | 258.40           | 183.40 |  |           |  |  |  |
| 37                                | La Tapada   | 25         | Infill TPD               | Secominc LF90-2     | 31/10/2017 | 14/11/2017 | DDHTPD17016  | 8764094.94                      | 356987.88 | 4481.75 | 298.33     | 73.86     | 500.00         | 626.40        | 626.40           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 38                                | La Tapada   | 3          | Infill TPD               | Secominc LM 90      | 10/11/2017 | 02/12/2017 | DDHTPD17017  | 8764057.53                      | 356805.97 | 4487.90 | 317.49     | 20.05     | 450.00         | 447.80        | 447.80           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 39                                | La Tapada   | 8          | Infill TPD               | SFP Drilling LF90D  | 08/11/2017 | 25/11/2017 | DDHTPD17018  | 8763867.55                      | 357002.29 | 4460.15 | 314.98     | 70.65     | 600.00         | 605.30        | 605.30           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 40                                | La Tapada   | 31         | Infill TPD               | SFP Drilling PD06   | 14/11/2017 | 01/12/2017 | DDHTPD17019  | 8763740.16                      | 356794.85 | 4396.17 | 321.27     | 25.25     | 600.00         | 515.50        | 515.50           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 41                                | La Tapada   | 25         | Infill TPD               | Secominc LF90-2     | 18/11/2017 | 08/12/2017 | DDHTPD17020  | 8764094.89                      | 356988.02 | 4481.94 | 302.76     | 77.63     | 730.00         | 719.70        | 695.30           | 24.40  |  |           |  |  |  |
| 42                                | La Tapada   | 8          | Infill TPD               | SFP Drilling LF90D  | 26/11/2017 | 13/12/2017 | DDHTPD17021  | 8763868.98                      | 357000.89 | 4460.21 | 323.38     | 41.26     | 500.00         | 604.60        | 604.60           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 43                                | La Tapada   | 50         | Infill TPD               | SFP Drilling PD06   | 02/12/2017 | 09/12/2017 | DDHTPD17022  | 8763949.50                      | 356634.86 | 4477.27 | 313.49     | 56.30     | 250.00         | 251.50        | 251.50           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 44                                | La Tapada   | 22         | Infill TPD               | c LM 90/SFP Drillin | 07/12/2017 | 21/12/2017 | DDHTPD17023  | 8764212.89                      | 356805.53 | 4498.62 | 199.39     | 71.86     | 460.00         | 293.20        | 293.20           | 0.00   |  |           |  |  |  |
| 45                                | La Tapada   | 25         | Infill TPD               | Secominc LF90-2     | 10/12/2017 | 21/12/2017 | DDHTPD17024  | 8764094.20                      | 356988.55 | 4482.03 | 331.40     | 83.12     | 750.00         | 416.00        | 416.00           | 0.00   |  |           |  |  |  |
|                                   |             |            |                          |                     |            |            | 24           |                                 |           |         |            |           |                |               |                  |        |  | 22,904.20 |  |  |  |
| <b>TOTAL TALADROS COMPLETADOS</b> |             |            |                          |                     |            |            | <b>45</b>    | <b>TOTAL METROS PERFORADOS:</b> |           |         |            |           |                |               | <b>22,904.20</b> |        |  |           |  |  |  |
| <b>TOTAL PLATAFORMAS</b>          |             |            |                          |                     |            |            | <b>24</b>    |                                 |           |         |            |           |                |               |                  |        |  |           |  |  |  |

*Cuadro N° 6: Detalle de los sondajes perforados en el Proyecto Carhuacayán.*

### 7.2.1. <sup>8</sup> Desviación de Sondaje

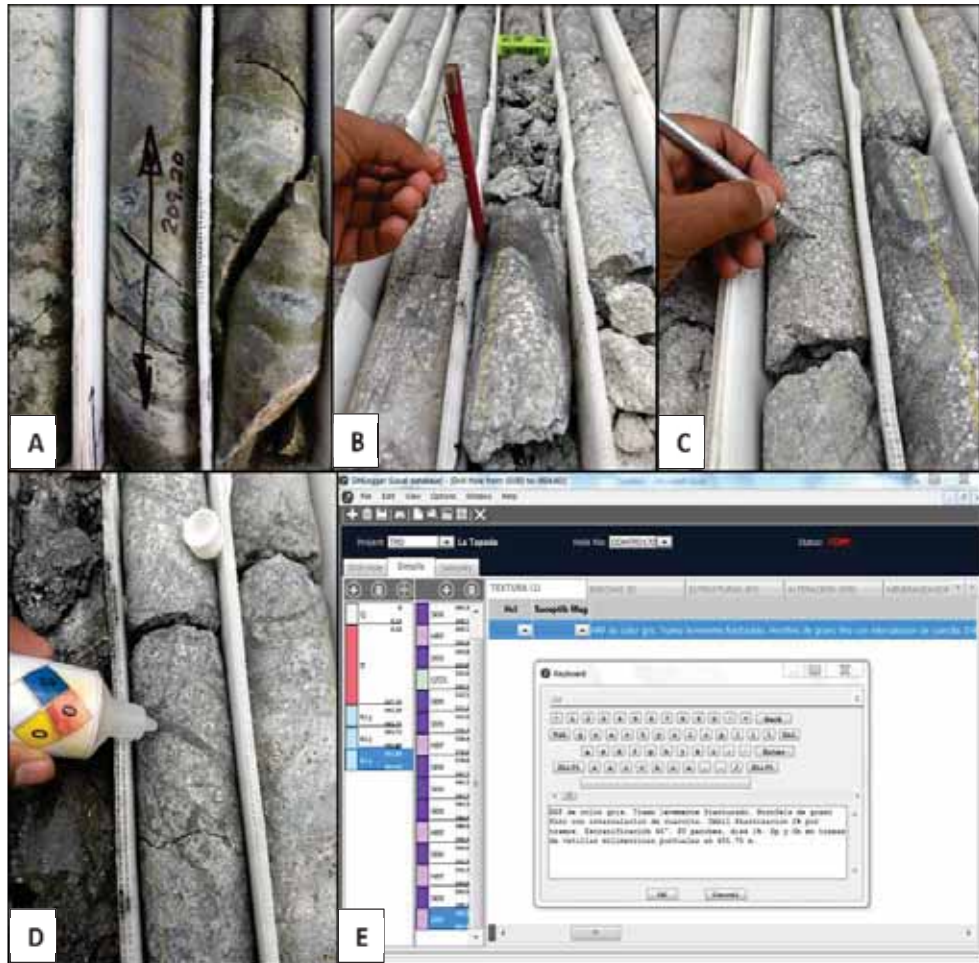
Las desviaciones de los sondajes de perforación diamantina se han medido con el equipo geofísico digital llamado “TruCore” en máquinas electrohidráulicas automáticas y semiautomáticas.

Es un equipo que mide el azimut y la inclinación, toma lecturas continuas en intervalos de tiempo cada 5 segundos, las longitudes son programables según las características geológicas o longitud de los sondajes.

<sup>8</sup> En este proyecto de tesis, esta técnica se ha empleado en todos los sondajes perforados.

### 7.3. Registro Geológico

Son registrados en el software DHLogger, y se recoge la información del tipo litológico, tipo de alteración y mineralización, considerando principalmente las siguientes características: Litología, ocurrencia de fallas geológicas, tipos y estilos de alteración, ocurrencia y estilos de mineralización acompañados de una estimación visual medida en porcentaje, medición de ángulos de estructuras importantes como estratificación, contactos litológicos, fallas, vetas, vetillas, brechas.



*Foto N° 14: A) Marcado de contactos litológicos. B) Uso de lápiz imán para identificar minerales magnéticos. C) Uso de lápiz de dureza. D) Uso del gotero con ácido clorhídrico para identificación de carbonatos. E) Ingreso de datos en el DHLogger.*

## 7.4. Muestreo de Testigos

### 7.4.1. Muestreo de Testigos de Perforación

En el proyecto Carhuacayan se recolectaron un total de 13,782 muestras, de las cuales 11,574 fueron muestras primarias (84%) y 2,208 muestras de control (16%). (

El geólogo, después del logeo geológico al detalle, procede a codificar los tramos de muestreo de acuerdo con criterios geológicos, estos tramos codificados son insertados en el GDMS (Módulo QA/QC) para luego imprimir una copia del reporte con los tramos a muestrear.

El personal de muestreo, bajo la supervisión del geólogo, en la sala de muestreo, ordenan de manera correlativa las cajas, ubican el tramo a muestrear, colocan los tacos de muestreo al final de cada tramo (Foto N° 16) y rellenan la tarjeta de muestreo especificando el número de lote, el nombre del sondaje, metraje y el tipo de muestra (Primaria o muestra de control).



*Foto N° 15: Ubicación de los tacos al final de cada tramo de muestreo.*

La tarjeta de muestreo tiene 4 stickers, 2 de ellos quedaran en la bolsa de muestreo de la siguiente manera: El primero va dentro de la bolsa junto con la muestra y el segundo se engrampa al momento de sellar la bolsa de muestreo; el tercer sticker va engrampado en la caja, al lado del taco de la muestra tomada y el cuarto sticker queda, sin desglosar, en la tarjeta de muestreo (Foto N° 16).

Para el muestreo, se usan guantes de látex, en cada tramo de muestreo se toma la mitad del testigo y se insertan en la bolsa de muestreo, se culmina esta tarea con el etiquetado de la bolsa y la caja (Foto N° 16). Cuando la muestra está muy fracturada se usan las palas de muestreo, las que se

limpian con frecuencia para evitar la contaminación, se repite la acción para cada muestra hasta completar un lote de 50 muestras.



*Foto N° 16: Etiquetado y proceso de muestreo*

Finalmente se preparan sacos codificados, indicando el lote muestreado y los números de muestras que están depositadas en su interior, estos costales son trasladados al laboratorio para su análisis geoquímico.

#### **7.4.2. Toma de Densidad en Testigos**

En el proyecto Carhuacayán se recolectaron muestras para ensayos de densidad de la zona de La Tapada, los sondajes exploratorios se encuentran todavía en el proceso de toma de muestras y queda pendiente realizar este procedimiento para los sondajes que corresponden a la zona de Candelaria. A la fecha se recolectaron un total de 353 muestras, de las cuales 186 pertenecen a la campaña de perforación del proyecto La Tapada y 167 muestras pertenecen a la campaña de sondajes exploratorios.

Los geólogos, en el logueo geológico detallado, definieron las unidades litológicas y/o mineralizadas en cada sondaje, a cada una de estas unidades se les toma una muestra de 10 centímetros de longitud, éstas deben ser compactas, sin fracturamiento y puede ser de medio testigo como se muestra en la foto N° 18. Estas muestras se codifican con tarjetas de muestreo, realizamos la descripción de manera digital en un formato Excel (Número de sondaje, profundidad de la muestra y descripción geológica), se procede al registro fotográfico y luego se empaquetan para su envío a laboratorio. Estas muestras también son registradas en el software GDMS.

| <b>MUESTREO PARA ENAYOS DE DENSIDAD</b> |                    |
|---|--------------------|
| <b>PROYECTO</b>                         | <b>N° muestras</b> |
| LA TAPADA                               | 186                |
| EXPLORATORIOS                           | 167                |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>353</b>         |

*Cuadro N° 7: Muestras de Densidad.*

### **7.4.3. Preparación de Muestras**

#### **7.4.3.1. Corte de Testigos**

Este año se implementaron 3 petrótomos, marca NORTON, dos de ellos con un sistema trifásico (440 V) y uno monofásico (220 V) (Foto N° 13). Los discos usados son de marca FALCON adecuados para corte de roca húmeda y seca.

| <b>TIPO DE ROCA</b>  | <b>DURACION</b> |
|----------------------|-----------------|
| ROCA SILICIFICADA    | 700 m           |
| ROCA POCO COMPETENTE | 1000 m          |

*Cuadro N° 8: Eficiencia de discos de corte en el Proyecto Carhuacayán.*

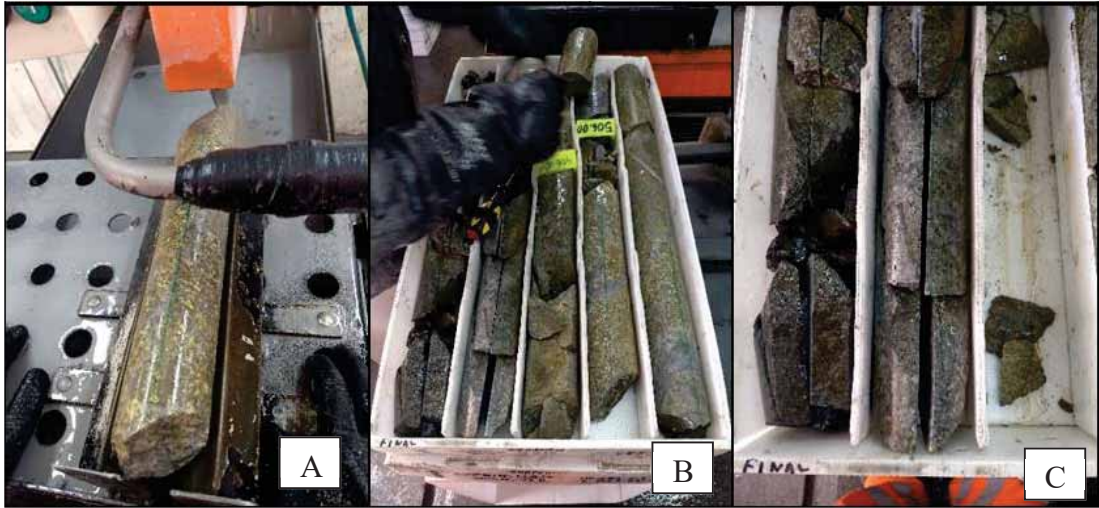
El promedio de corte de un técnico cortador oscila entre los 120 metros por día. Para esta actividad son indispensables el uso de ropa de agua, botas de jebe, respirador con filtro de polvo, tapones auditivos, orejeras, mascarilla con lentes de seguridad y guantes de neopreno. En esta tarea el técnico cortador se guía por la línea de corte dejada por el Geólogo en el momento del logueo geológico detallado, con la finalidad de que ambos lados del testigo cortado sean homogéneos (Foto N° 17). Finalizado el corte las cajas porta testigos son trasladadas a otra sala para el proceso muestreo.

Es importante resaltar que el maestro cortador a diario realizó la inspección del petrótomo antes y después de ser usado, verificando sobre todo que las instalaciones eléctricas y la porta disco se encuentren en buenas condiciones.



*Foto N° 17: A; Sala de corte de testigos. B; Petrótomo de marca Norton.*





*Foto N° 18: A; Línea de corte de color azul. B; Proceso de corte. C; Testigos cortados.*

## CAPITULO VIII

### GENERACIÓN DEL MODELO GEOLOGICO

#### 8.1. Modelamiento Geológico

El trabajo ha sido realizado mediante el uso del software Leapfrog Geo 4.0. Cabe resaltar que toda la información se encuentra en el sistema de coordenadas UTM WGS84 – Zona 18S.

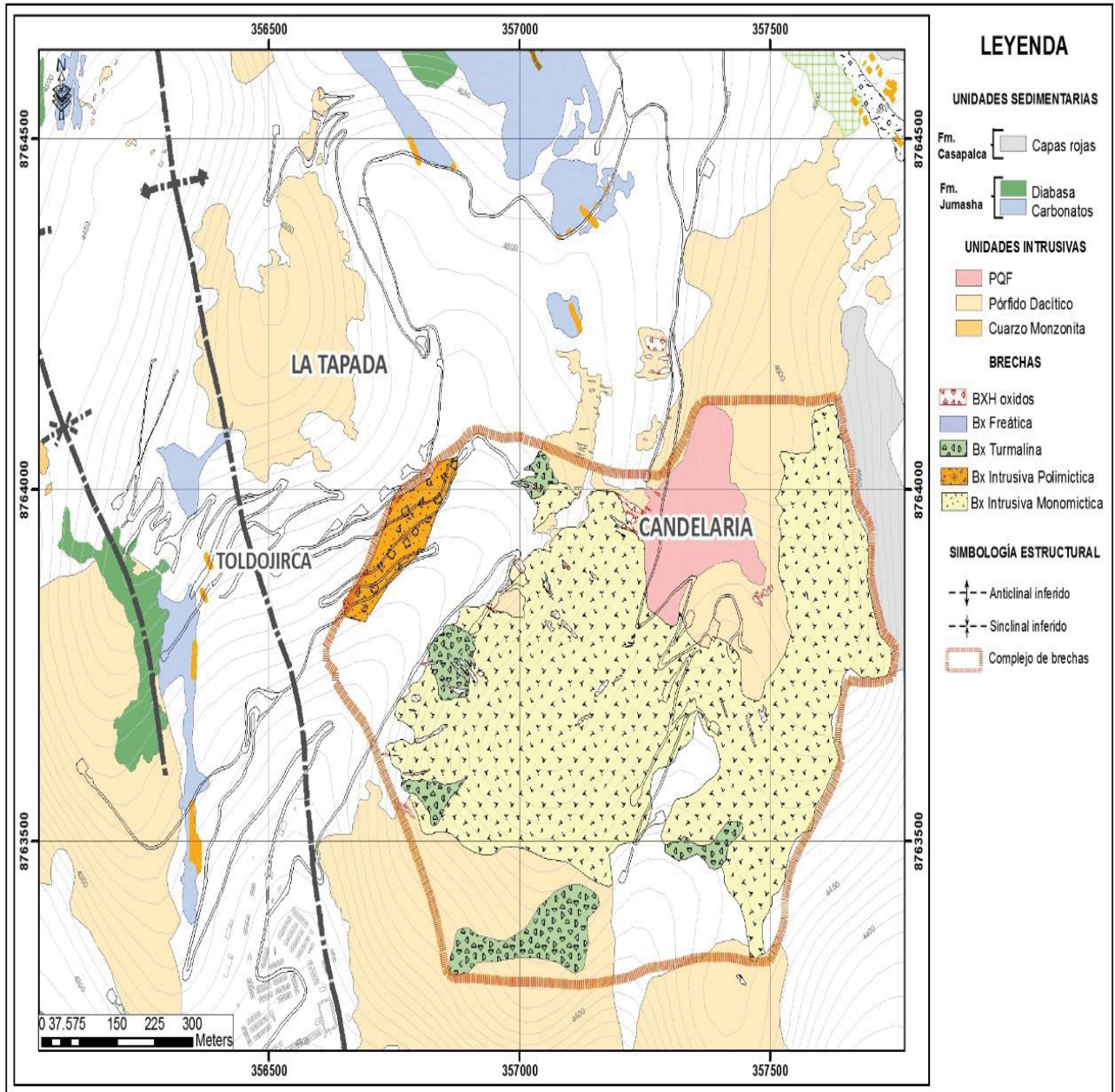
La interpretación geológica estuvo a cargo del equipo de geólogos del proyecto Carhuacayán, empleando para ello toda la información obtenida durante las campañas de perforación del 2017 (mapeo geológico superficial, logueo de testigos, interpretación de secciones, muestreo geoquímico de los testigos). Se empleó además información histórica, recopilada de los planos realizados por BISA (Mayta, Sánchez, & García, 1983).

#### 8.2. Modelo Litológico

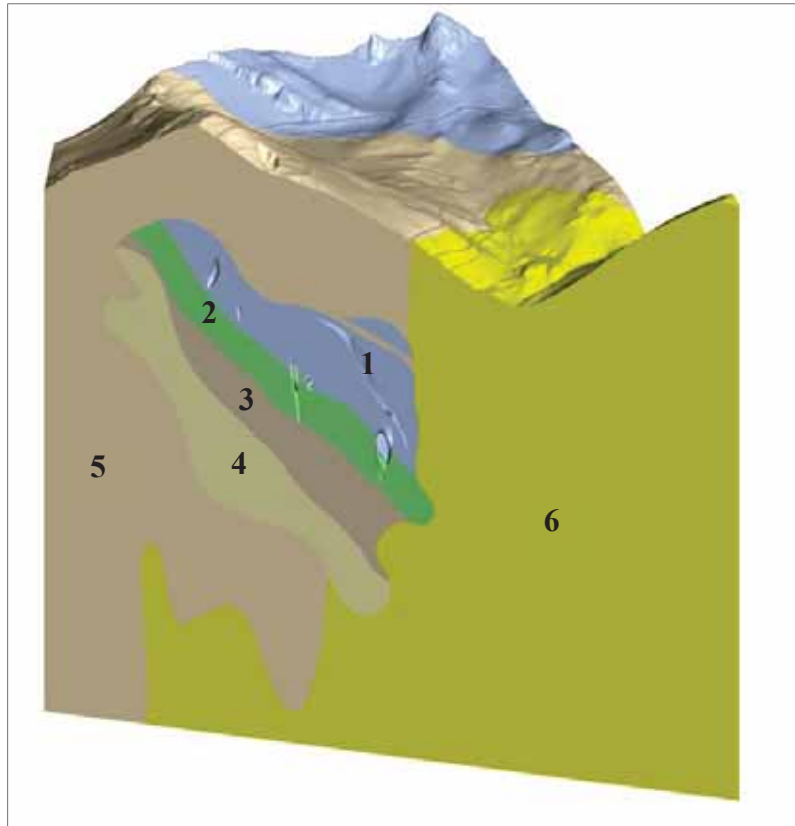
6 En el proyecto afloran rocas carbonatadas de la Formación Jumasha (Cretáceo Superior) y hacia el tope, en discordancia angular, sedimentos continentales de la Formación Casapalca (Cretáceo Superior-Paleógeno). Por los interceptos de la 6 perforación diamantina, se ha identificado una ‘unidad de transición’ a sedimentos silicoclásticos por debajo de la Formación Jumasha (cuarcitas con intercalaciones de skarn y hornfels), en parte afectados por metamorfismo de contacto (unidad ‘hornfels’) y en la base de la secuencia tenemos a las ‘cuarcitas’, las cuales, hasta el momento, no han podido ser atribuidas a una unidad estratigráfica formal. Es importante señalar que toda esta secuencia sedimentaria se encuentra intruída por un pórfido de composición dacítico denominado como PDAC.

Se han generado 6 sólidos correspondientes a los dominios lito-estratigráficos presentes en el proyecto, siendo los siguientes:

- a) **Calizas:** Secuencia conformada principalmente por sedimentos carbonatados con algunos niveles alterados a skarn y esporádica presencia de hornfels y cuarcitas hacia el piso.
- b) **Transición:** Se encuentra por debajo de la secuencia carbonatada y representa la zona de transición hacia secuencias con predominancia de silicoclásticos tales como hornfels y cuarcitas.
- c) **Hornfels:** Nivel estratigráfico con predominancia de pelitas y lutitas alteradas a hornfels con textura laminar-bandeada.
- d) **Cuarcitas:** Representa la base de la secuencia sedimentaria y está conformado por un nivel netamente de cuarcitas blanquecinas.
- e) **Pórfido Dacítico:** Intrusivo de composición dacítica que corta a la secuencia sedimentaria y engloba una parte de ella.
- f) **Complejo de Brechas:** Sucesión de brechas polimícticas y monomícticas que cortan a todas las secuencias descritas anteriormente y se ubican en la parte Este del proyecto.



Lamina N° 8: Plano Geológico Local.



*Lamina N° 9: Modelo litológico de La Tapada. Leyenda: 1) Calizas, 2) Transición (carbonatos-silicoclásticos), 3) Hornfels, 4) Cuarcitas, 5) Pórfido Dacítico y 6) Complejo de Brechas.*

### 8.3. Modelo Estructural

Una de las estructuras principales dentro del proyecto es el anticlinal Carhuacayán, el cual tiene una dirección NO-SE. Las fracturas, fallas y lineamientos más importantes presentan las siguientes direcciones: NO-ESE, O-E y NE-SO. Las vetas coinciden con las estructuras NE-SO, y en menor cuantía con las estructuras O-E.

Esta configuración estructural podría corresponder a un sistema de fallas tipo riedel con movimiento sinistral. Mineralización aprovecha estas estructuras

rellenándolas, principalmente en la dirección NE-SO, y no se han observado estructuras posts-minerales, por tal motivo no han sido modelados.

#### 8.4. Dominios de Mineralización

Se han identificado 3 dominios de mineralización denominados como A, B y C. La mineralogía y alteración presentes en cada uno de ellos evidencian una transición en las condiciones de los fluidos hidrotermales que van desde uno de pH neutro y baja sulfuración (A) a uno de pH más ácido y sulfuración intermedia (C). Para diferenciar estos dominios se emplearon los siguientes criterios:

- Porcentajes de estimación visual reportados en los logeos geológicos pirita, esfalerita, galena, magnetita y pirrotita.
- Tipos y estilos de alteración.
- Texturas de mineralización.

##### 8.4.1. Dominio A

Consiste en mantos de reemplazamiento sub-parallelos a la estratificación, emplazados principalmente en la secuencia carbonatada y en menor medida en la “unidad de transición” a sedimentos silicoclásticos. En general, magnetita es el mineral más abundante seguida por pirrotita e intercrecida con esfalerita rica en hierro de color marrón oscura y más clara en las partes más distales, todo esto dentro de un skarn de magnesio conformado por serpentina, talco, brucita, tremolita fibrosa, fengita, flogopita, calcita y cloritas.

Los códigos litológicos que se emplearon en la construcción de este dominio son los siguientes:

- **MGT\_MASS:** Mantos de magnetita masiva con estimación visual mayor al 40%.

- **SULF\_MASS:** Tramo mineralizado con presencia de sulfuros masivos mayores al 40% en estimación visual de magnetita, pirrotita y esfalerita.
- **SULF\_SMAS:** Tramos mineralizados con presencia de sulfuros semimasivos a manera de parches irregulares de magnetita, pirrotita y esfalerita con una estimación visual de 20% a 40%.
- **MIN:** Caja techo y/o piso de los mantos principales con presencia de diseminaciones y parches de magnetita, pirrotita y esfalerita con una estimación visual de 5% a 20%.
- **SKN:** Roca caja con presencia de diseminaciones y parches de magnetita, pirrotita y esfalerita con una estimación visual de 3% a 5%.

#### **8.4.2. Dominio B**

Conformado por mantos y cuerpos masivos a semimasivos de pirita subparalelos a la estratificación. La alteración es cuarzo, sericita y  $\pm$  arcillas. Las evidencias de corte de este evento permiten determinar que su emplazamiento fue posterior al Dominio A. Los códigos litológicos presentes en este dominio son los siguientes:

- **PY\_MASS:** Tramos con pirita masiva y semimasiva que cuenta con un valor mayor al 40% de estimación visual.
- **SKN:** Skarn de magnesio con presencia de diseminaciones y parches irregulares de pirita con una estimación visual de 25% a 40%.
- De acuerdo a la geoquímica, no presenta valores económicos de Zn, Pb y Ag, por tal motivo no se modeló.

#### **8.4.3. Dominio C**

Está formado por estructuras de relleno con presencia de pirita, esfalerita, galena y tetraedrita-tenantita con alta razón As/Sb y contenidos de plata, con trazas de calcopirita, tales como 'sets' de vetillas, brechas irregulares

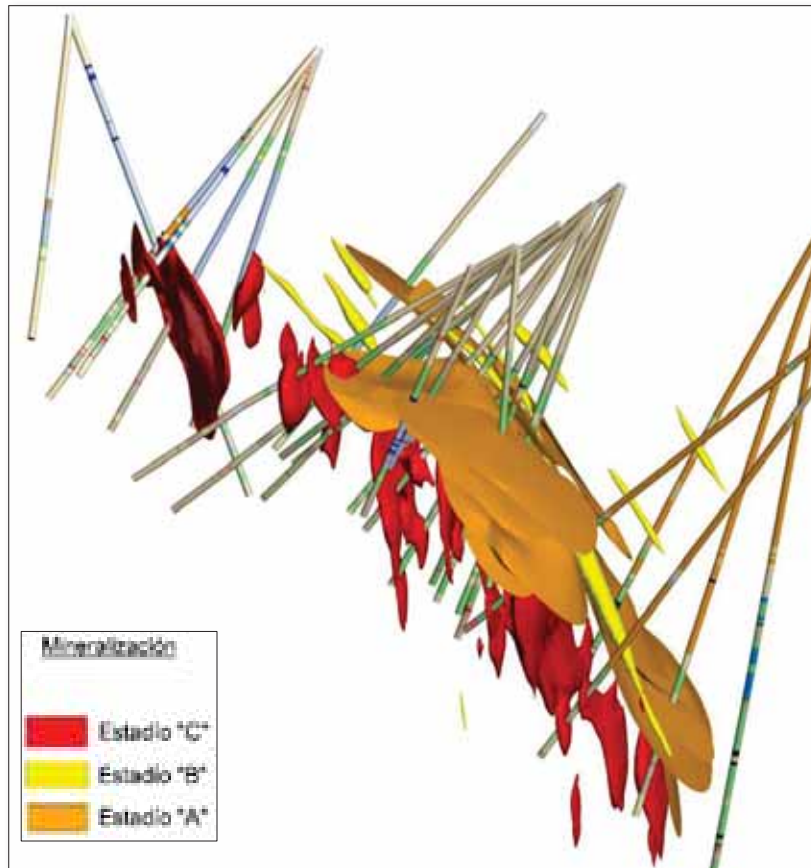
y vetas del tipo rosario con anchos variados que van desde algunos centímetros hasta 1.50 metros y que en muchas ocasiones llegan a mineralizar su roca caja a manera de parches, lo cual permite agruparlos y considerarlos como ‘cuerpos irregulares’ subverticales de mayor extensión y continuidad que las vetas mismas.

Los códigos litológicos que se pueden encontrar dentro de este dominio son los siguientes:

- **SULF\_MASS:** Tramo mineralizado con presencia de sulfuros masivos mayores al 40% en estimación visual de pirita, esfalerita, galena y cobres grises.
- **SULF\_SMAS:** Tramos mineralizados con presencia de parches y vetillas irregulares con relleno de pirita, esfalerita, galena y cobres grises con una estimación visual de 20% a 40%.
- **MIN:** Caja techo y/o piso de las vetas principales con presencia de parches y vetillas de pirita, esfalerita, galena y cobres grises con una estimación visual de 5% a 20%.

**SKN:** Roca caja con presencia de disseminaciones, parches irregulares, y vetillas muy finas con relleno de pirita, esfalerita, galena y cobres grises con una estimación visual de 3% a 5%.





*Lamina N° 10: Modelo en 3D de los dominios de mineralización.*

| DOMINIOS DE MINERALIZACION | CÓDIGOS LITOLÓGICOS |                   |            |                 |                |            |              |              |
|----------------------------|---------------------|-------------------|------------|-----------------|----------------|------------|--------------|--------------|
|                            | %                   | %                 | %          | %               | %              | %          | %            | %            |
|                            | <i>SULF_MASS</i>    | <i>SULF_SMASS</i> | <i>MIN</i> | <i>MGT_MASS</i> | <i>PY_MASS</i> | <i>SKN</i> | <i>Otros</i> | <i>Total</i> |
| DOMINIO A                  | 10.54               | 3.02              | 14.23      | 21.35           |                | 44.11      | 6.75         | 100          |
| DOMINIO C                  | 2.93                | 5.66              | 27.64      |                 | 0.68           | 34.63      | 28.46        | 100          |

*Cuadro N° 9: Cuadro de resumen con la ocurrencia de códigos litológicos para cada dominio de mineralización generado.*

La columna señalada como 'Otros' hace referencia a códigos litológicos de carácter sedimentario tales como hornfels, cuarcitas y calizas que han sido consideradas dentro de los dominios de mineralización debido al porcentaje importante que presentan de esfalerita y galena como parches y vetillas. Será necesario realizar una campaña de relagueo para corregir dichos códigos.

### **8.5. Información Empleada:**

A continuación, se detallarán cuáles fueron los sondeos que se han considerado para la realización de este modelo geológico.

- 2 sondeos exploratorios (MCRH) ejecutados entre los años del 2016-2017.
- 24 sondeos diamantinos ejecutados durante el año del 2017, ubicados dentro de la zona de La Tapada (TPD).

## CAPITULO IX

### ESTIMACIÓN DE RECURSOS

#### 9.1. Base de datos y Wireframes

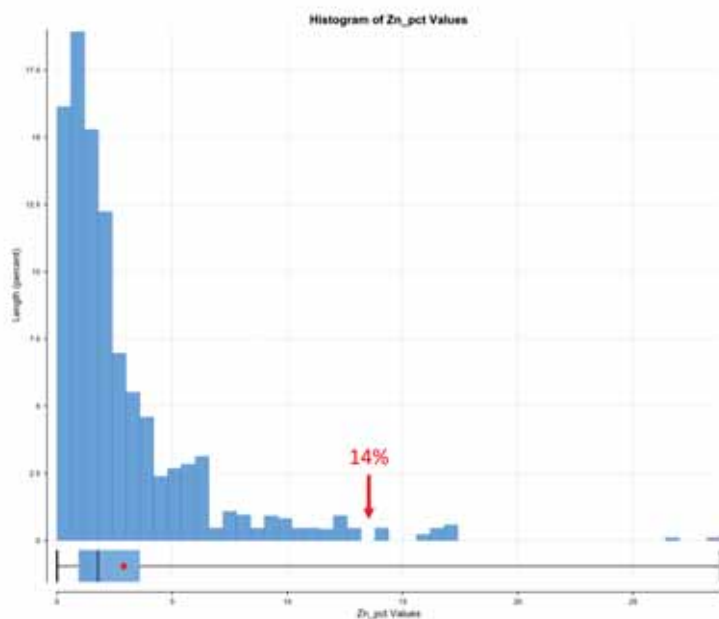
La base de datos de perforación diamantina para La Tapada usados en el modelamiento de recursos minerales 2017 tiene fecha de cierre en diciembre del 2017.

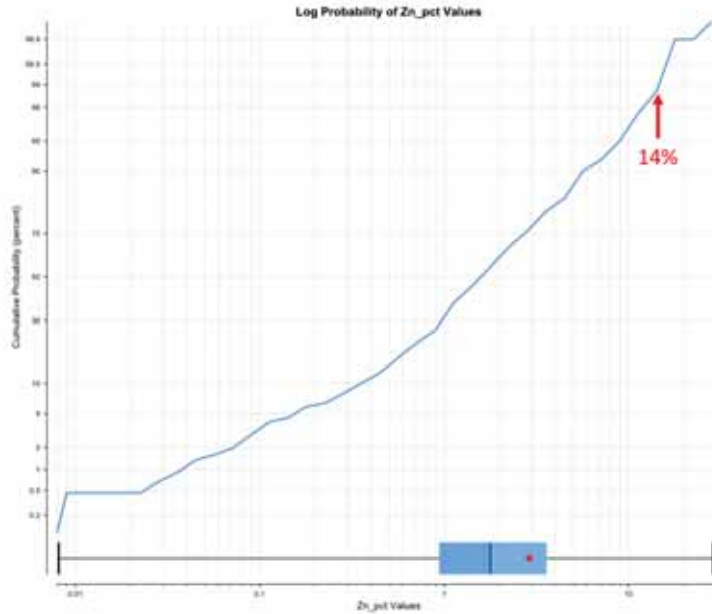
| Tipo   | n     |
|--------|-------|
| Collar | 24    |
| Survey | 2,262 |
| Assay  | 6,509 |

*Cuadro N° 10: Base de datos de La Tapada, diciembre del 2017.*

#### 9.2. Acotamiento

El análisis de acotamiento fue realizado para cada metal, incluye densidad, por dominio usando la función de distribución acumulada (CDF, por sus siglas en inglés), un ejemplo del Zn para el dominio TPDC es mostrado en la Ilustración 01.





*Figura N° 3: Acotamiento de Zn en el dominio TPDC.*

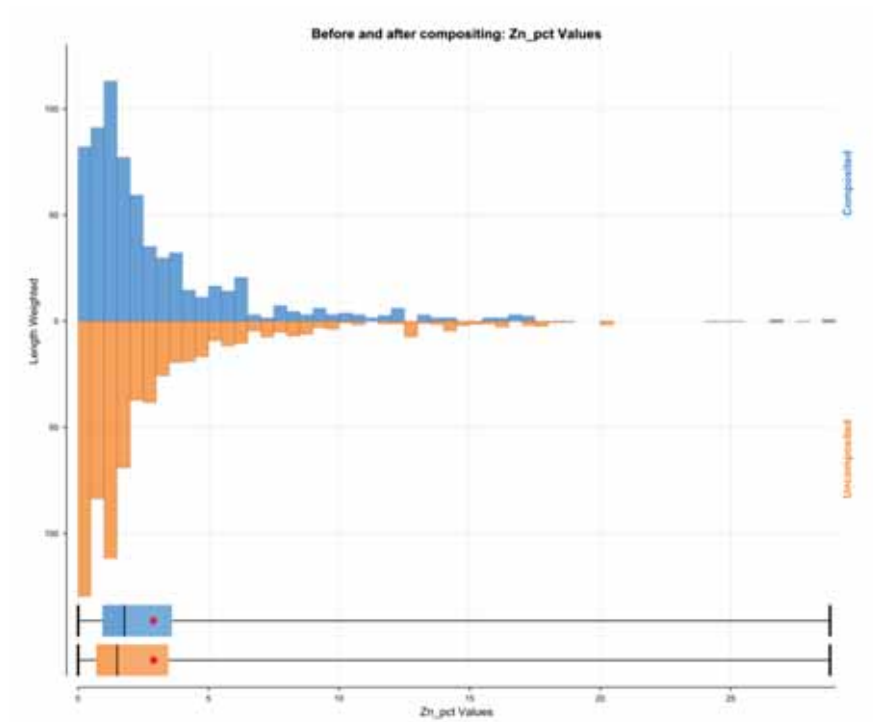
La Tabla 14: muestra el acotamiento de valores anómalos para cada metal, incluye densidad, por cada dominio.

| Dominio | Ag          |       | Au   |      | Densidad |      | Pb          |       | Zn    |       |
|---------|-------------|-------|------|------|----------|------|-------------|-------|-------|-------|
|         | Max         | Cap   | Max  | Cap  | Max      | Cap  | Max         | Cap   | Max   | Cap   |
| TPDA    | no estimado |       | 3.73 | 1.50 | 3.76     | -    | no estimado |       | 28.27 | 13.00 |
| TPDC    | 39.70       | 14.00 | 2.84 | 1.50 | 4.19     | 3.80 | 32.69       | 14.00 | 31.48 | 14.00 |

*Cuadro N° 11: Acotamiento de valores anómalos para cada metal por cada*

### 9.3. Composición y Análisis Exploratorio de Datos

La composición fue realizada, en Leapfrog EDGE, con compósitos de 1.5 m para todos los dominios de mineralización, un ejemplo del Zn para el dominio TPDC es mostrado en la Ilustración 02.



**Figura N° 4:** Cambio de soportes desde longitudes de muestreo a compósitos de 1.5m para el dominio TPDC.

|          | Composited | Uncomposited |
|----------|------------|--------------|
| Count    | 445        | 492          |
| Length   | 658.8      | 656.3        |
| Mean     | 2.895      | 2.901        |
| SD       | 3.300      | 3.828        |
| CV       | 1.140      | 1.320        |
| Variance | 10.892     | 14.653       |
| Minimum  | 0.008      | 0.008        |
| Q1       | 0.940      | 0.699        |
| Q2       | 1.785      | 1.510        |
| Q3       | 3.598      | 3.460        |
| Maximum  | 28.800     | 28.800       |

**Cuadro N° 12:** Valores geoestadísticos para los soportes desde longitudes de muestreo a compósitos.

Se realizó análisis de límites en los compósitos para verificar la naturaleza de los contactos. Límites duros se utilizaros en todos los casos, un ejemplo del Zn para el dominio TPDC es mostrado en la Ilustración 03.

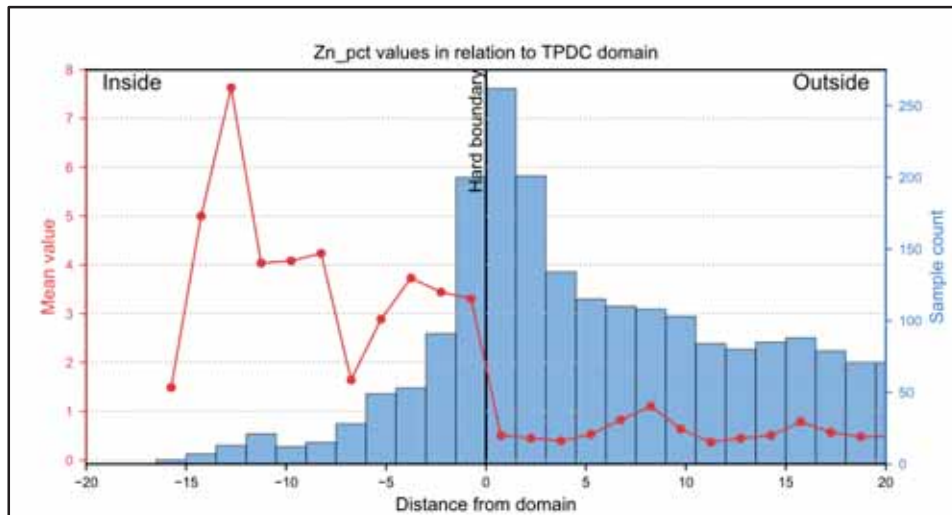
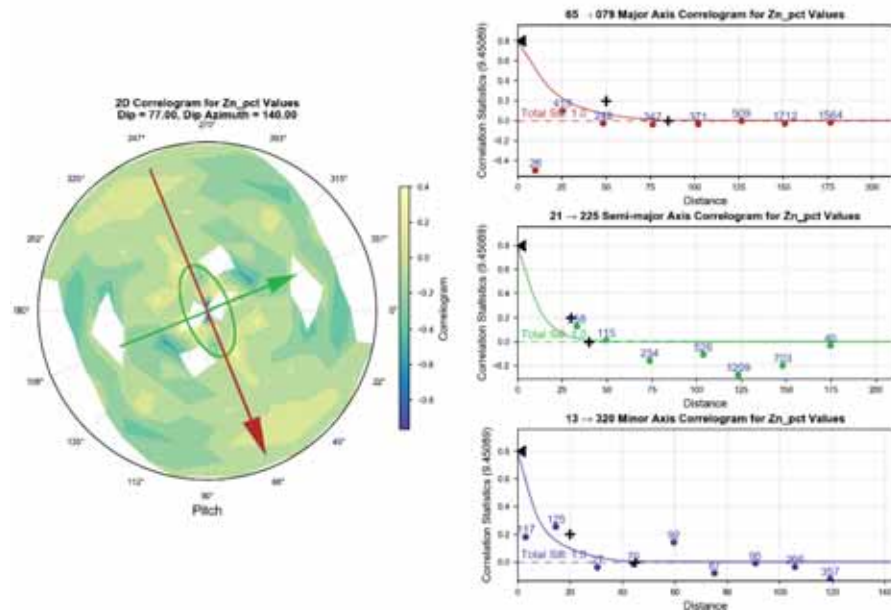
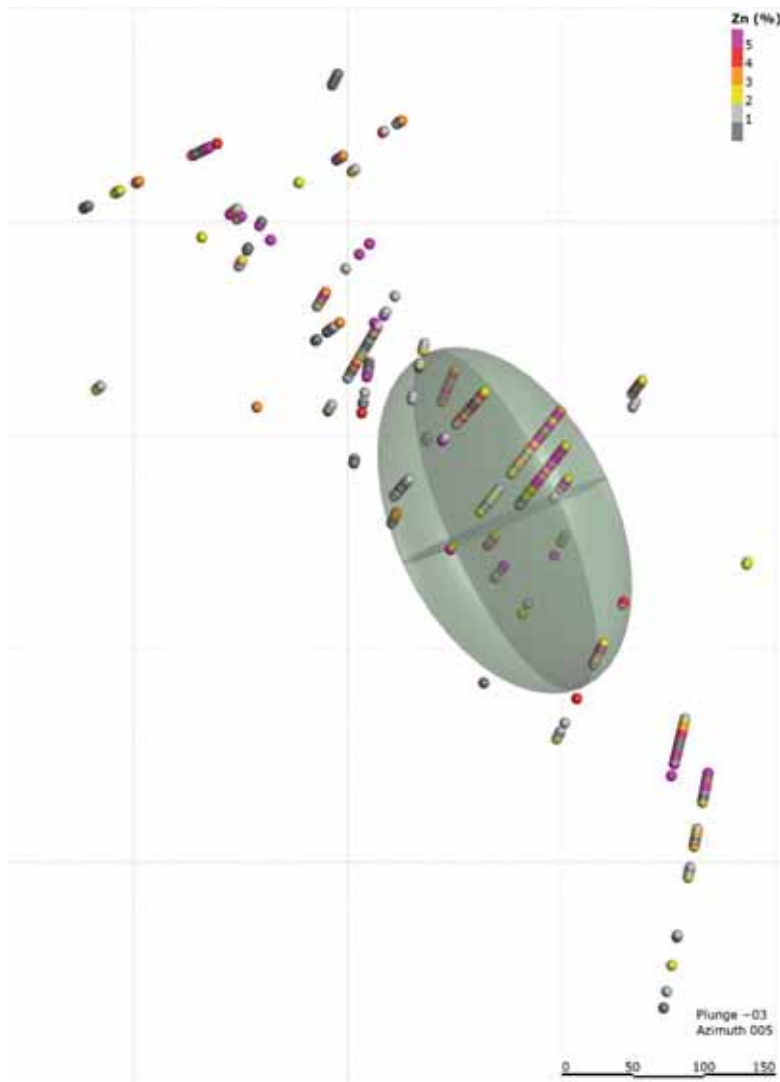


Figura N° 5: Análisis de límites para el Zn del dominio TPDC.

Los variogramas fueron calculados y modelados en Leapfrog EDGE, un ejemplo del Zn para el dominio TPDC es mostrado en la Figura 4.





**Figura N° 6:**  
Corelogramas y elipse de búsqueda de Zn para el dominio TPDC.

Tres, o dos cuando el variograma no tenía estructura, métodos de estimación separados se usaron para cada elemento y dominio: vecino más cercano (NN), inverso de la distancia ponderada al cuadrado (IDW2), al cubo (IDW3) para el Au y kriging ordinario (OK). Los criterios de elipse de búsqueda y el plan de kriging se detallan en las tablas 14, 15, 16, 17 y 18.

| Search Ellipse | major | intemediate | minor |
|----------------|-------|-------------|-------|
| PASS 1         | 70    | 50          | 20    |
| PASS 2         | 105   | 75          | 30    |
| PASS 3         | 140   | 100         | 40    |
| PASS 4         | 210   | 150         | 60    |
| NN             | 210   | 150         | 60    |

**Cuadro N° 13:** Rangos de la elipse de búsqueda para el dominio TPDA

| Search Ellipse | major | intemediate | minor |
|----------------|-------|-------------|-------|
| PASS 1         | 65    | 30          | 45    |
| PASS 2         | 100   | 45          | 70    |
| PASS 3         | 130   | 60          | 90    |
| NN             | 130   | 60          | 90    |

*Cuadro N° 14: Rangos de la elipse de búsqueda para los dominios TPDC.*

| Pass   | sample | minsample | max | max             |                    |                   |
|--------|--------|-----------|-----|-----------------|--------------------|-------------------|
|        |        |           |     | max samples /dh | samples per octant | max empty octants |
| PASS 1 | 6      | 20        | 3   | 4               | 4                  |                   |
| PASS 2 | 4      | 20        | 2   | 3               | 4                  |                   |
| PASS 3 | 3      | 15        | -   | no octants      |                    |                   |
| PASS 4 | 2      | 10        | -   | no octants      |                    |                   |

*Cuadro N° 15: Plan/Criterios de búsqueda para los dominios TPDA.*

| Pass   | sample | minsample | max | max             |                    |                   |
|--------|--------|-----------|-----|-----------------|--------------------|-------------------|
|        |        |           |     | max samples /dh | samples per octant | max empty octants |
| PASS 1 | 6      | 20        | 3   | 4               | 4                  |                   |
| PASS 2 | 4      | 20        | 2   | 3               | 4                  |                   |
| PASS 3 | 3      | 20        | -   | no octants      |                    |                   |

*Cuadro N° 16: Plan/Criterios de búsqueda para los dominios TPDC.*

Las leyes de OK se tomaron como el valor final usado en el reporte, sin embargo, en los dominios donde los datos eran insuficientes para la variografía, se utilizaron las estimaciones de IDW. En otros casos, no se generaron estimaciones, ver Tabla 19.

| Estimation Method | Ag   | Au | Density | Pb   | Zn   |
|-------------------|------|----|---------|------|------|
| TPDA              | none | OK | OK      | none | IDW2 |
| TPDC              | OK   | OK | IDW2    | OK   | OK   |

*Cuadro N° 17: Método de estimación por dominio.*



### 9.3.1. Modelo de Bloques

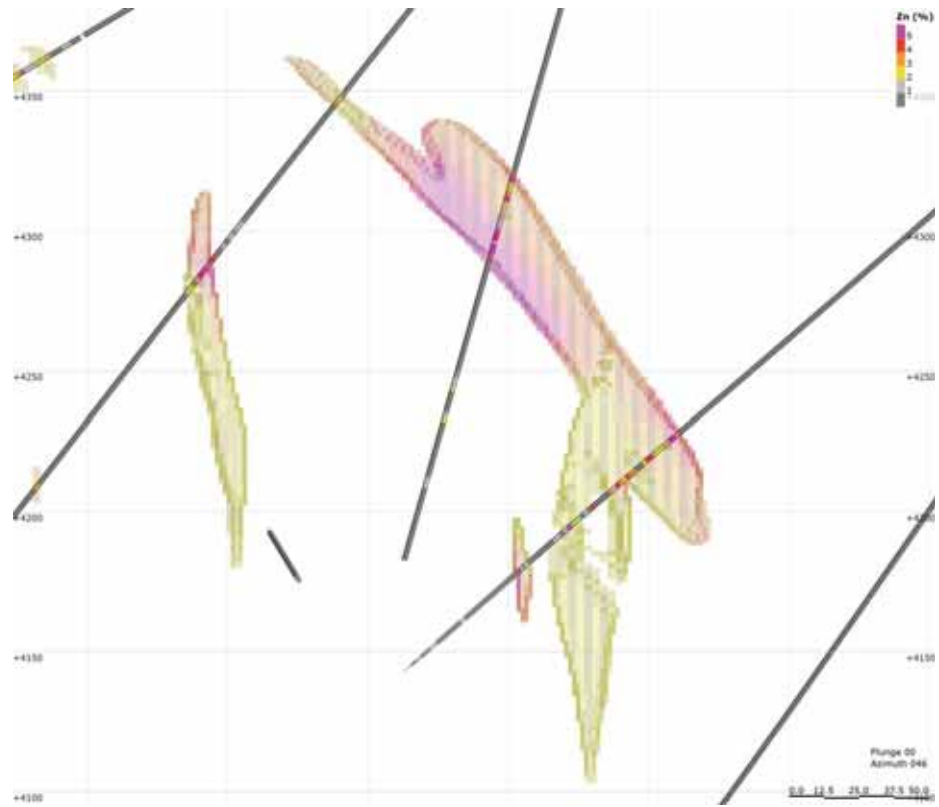
Se configuró un prototipo de modelo subbloqueado no rotado en Leapfrog Geo para capturar codificación de dominio y estimaciones de leyes. El tamaño de los bloques es de 4 m x 4 m x 2 m con un subbloqueo de 2 x 2 x 2.

El modelo subbloqueado fue evaluado con el modelo geológico, los volúmenes de bloque se validaron con el volumen de las wireframes, solamente con pequeñas diferencias, ver Tabla 19.

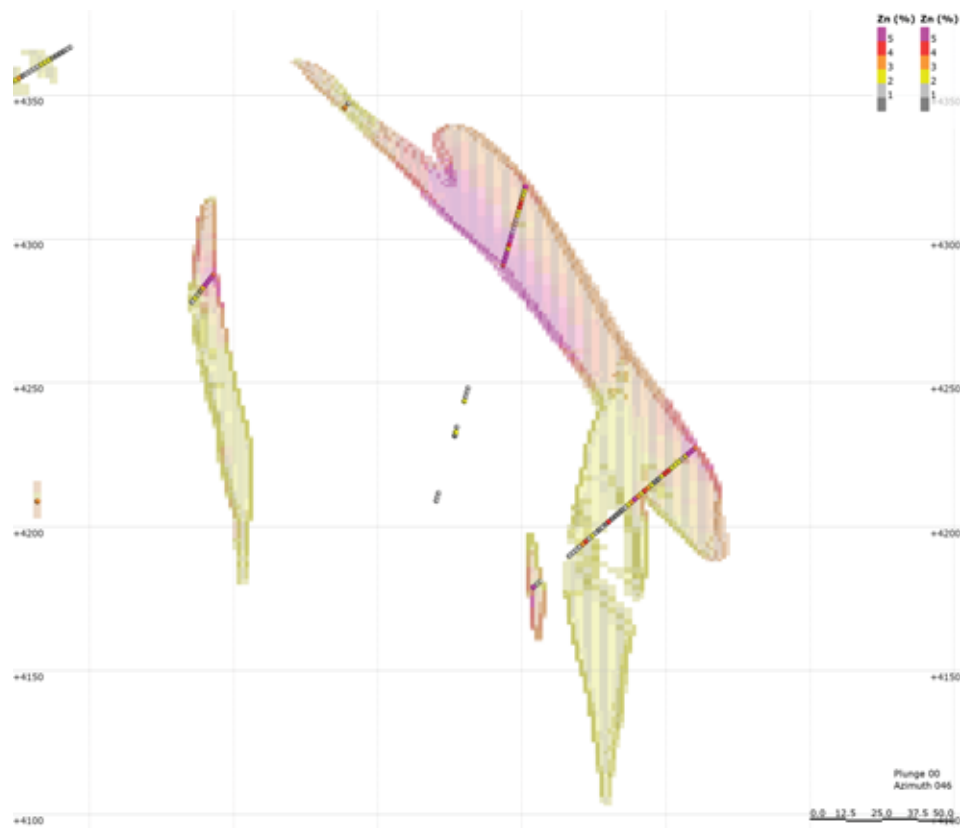
| DOMINIO | VOLUMEN DE WIREFRAME |             |           |            |
|---------|----------------------|-------------|-----------|------------|
|         | FINAL                | % del total | volumen   | diferencia |
| TPDA    | 1,763,500            | 12.4%       | 1,762,728 | 0.0%       |
| TPDC    | 5,531,100            | 38.7%       | 5,529,752 | 0.0%       |

*Cuadro N° 18: Reconciliación del volumen de los bloques y wireframes.*

Se realizó una validación visual, un ejemplo del Zn para el dominio TPDA es mostrado en la Figura 7, y numérica, ejemplos para la estimación de Zn, Ag y Pb en el dominio TPDC son mostrados en las ilustraciones 06, 07, 08, 09, 10 y 11 para comparar los resultados de los métodos de estimación y la correlación con las leyes de entrada originales.



*Figura N° 7: Dominio TPDA, Leyes de Zn vs leyes de entrada. Vista mirando al NE.*



*Figura N° 8: Dominio TPDA, compósitos. Vista mirando al NE.*

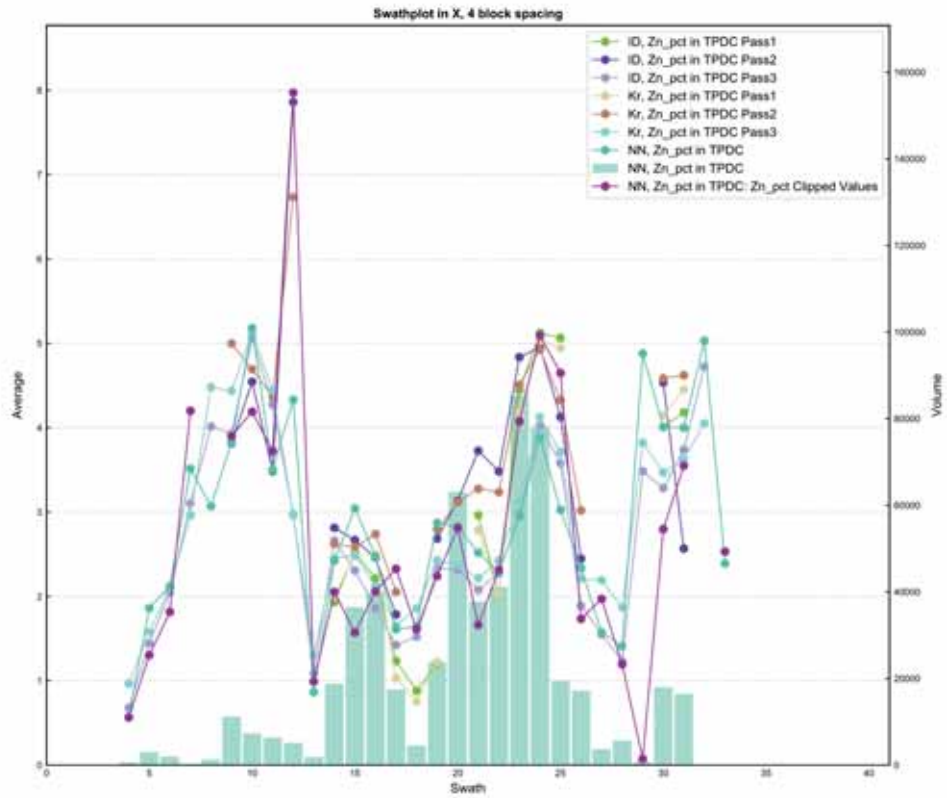


Figura N° 9: Swath plot Este de la estimación de Zn en el dominio TPDC.

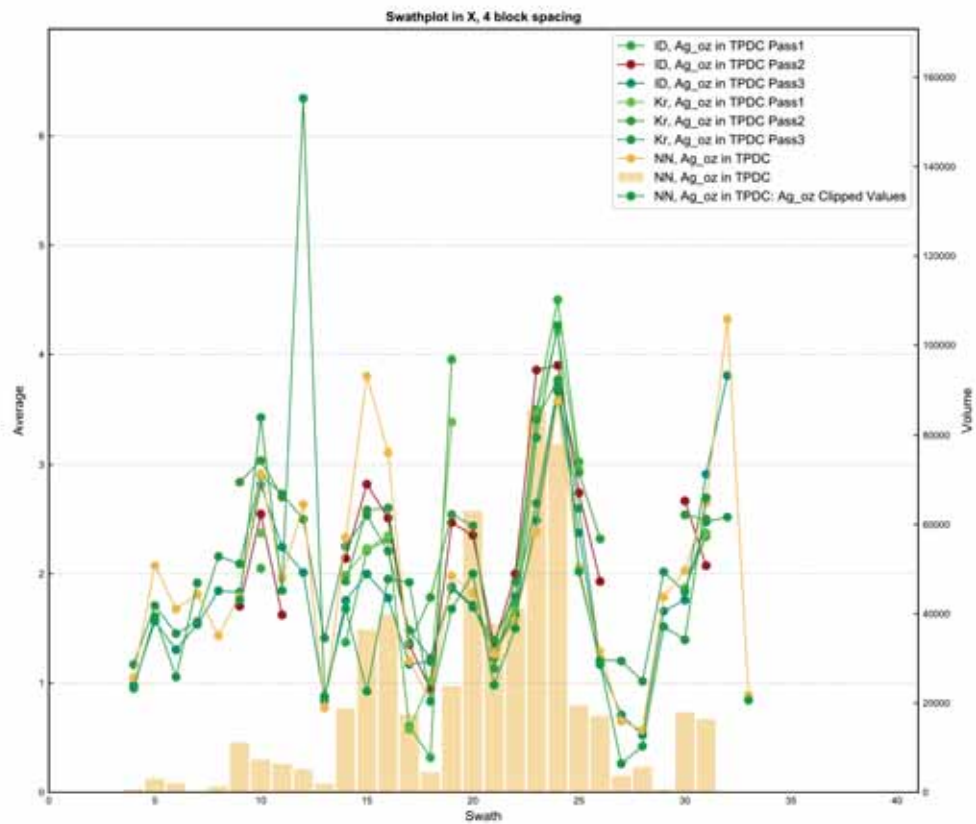


Figura N° 10: Swath plot Este de la estimación de Ag en el dominio TPDC.

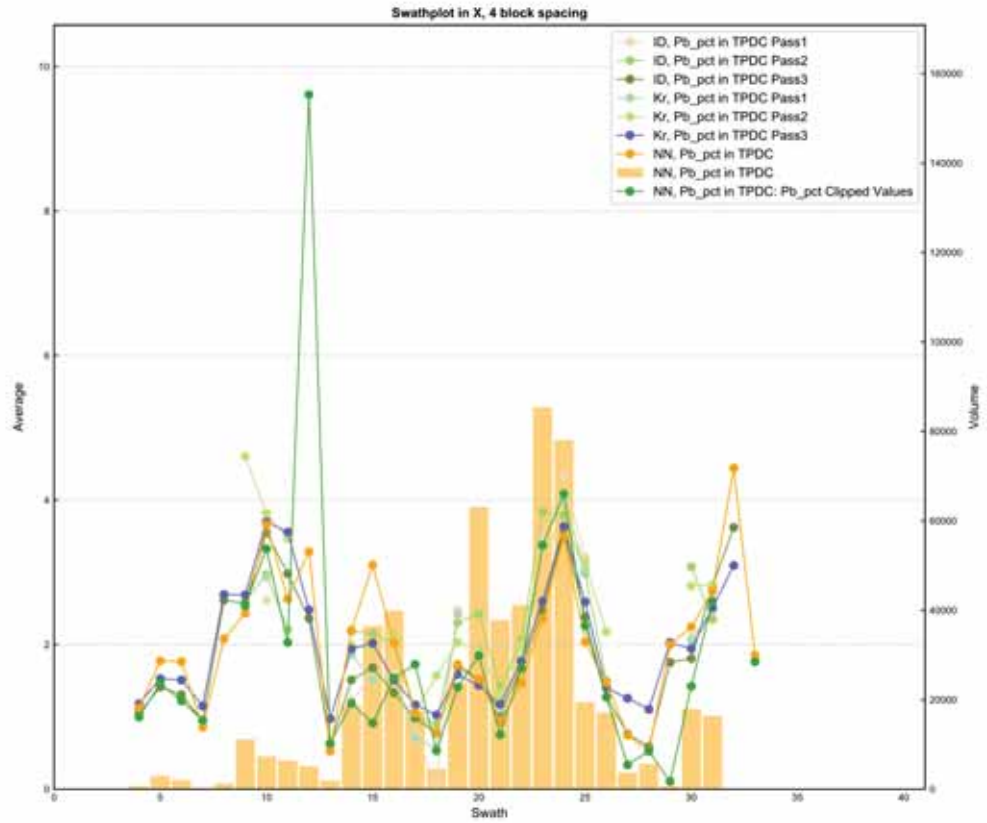


Figura N° 11: Swath plot Este de la estimación de Pb en el dominio TPDC.

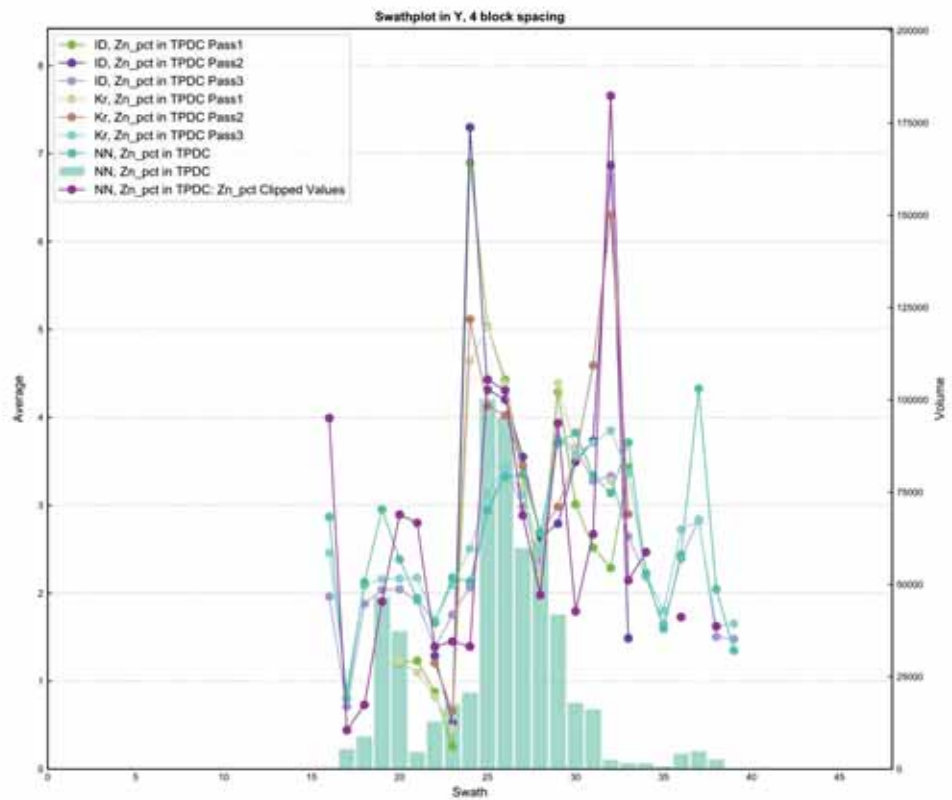


Figura N° 12: Swath plot Norte de la estimación de Zn en el dominio TPDC.

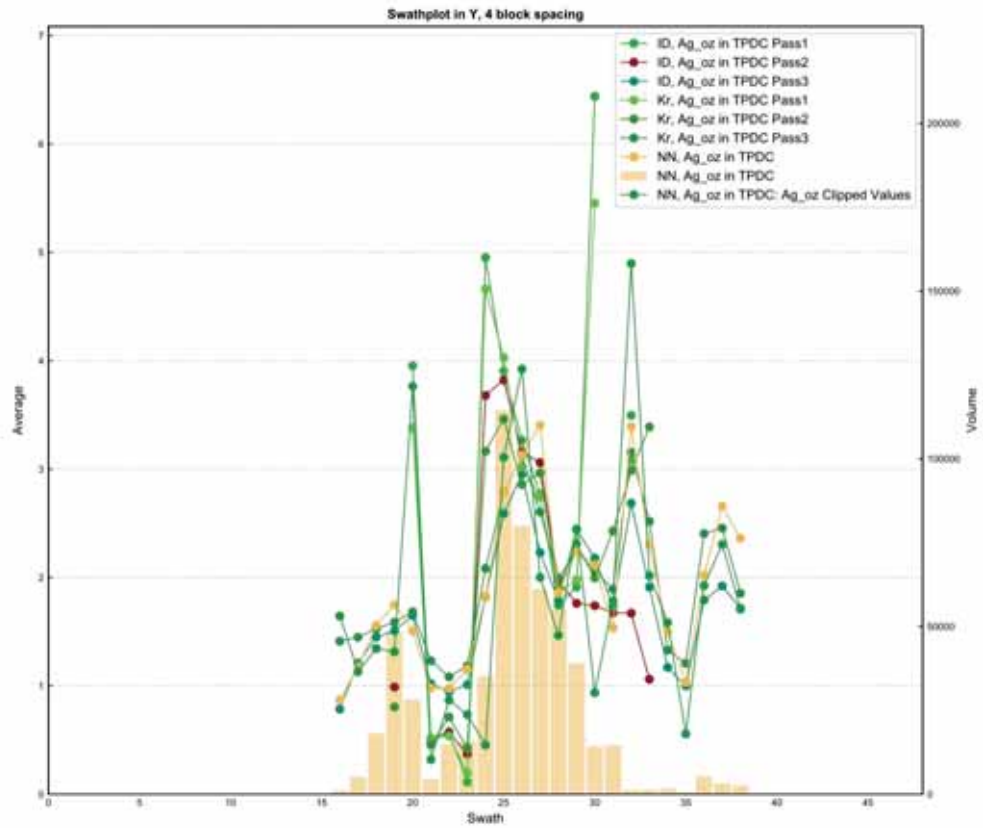


Figura N° 13: Swath plot Norte de la estimación de Ag en el dominio TPDC.

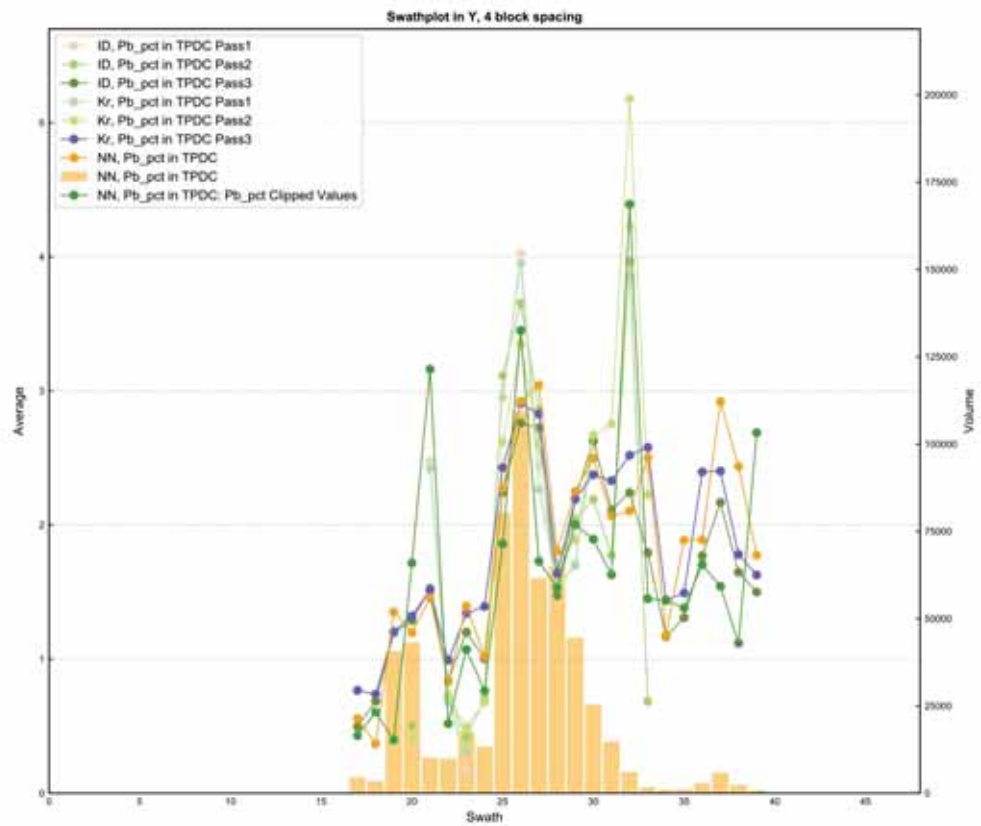


Figura N° 14: Swath plot Norte de la estimación de Pb en el dominio TPDC.

Se verificaron las medias globales para bloques contra las leyes de entrada. Las variaciones de leyes fueron generalmente menores al 0.1%.

| Dominio | Ag      |        | Au    |        |      | Densidad |        |      | Pb      |      | Zn     |       |      |      |       |
|---------|---------|--------|-------|--------|------|----------|--------|------|---------|------|--------|-------|------|------|-------|
|         | NN      | OK/IDW | NN    | OK/IDW | NN   | NN       | OK/IDW | NN   | OK/IDW  | NN   | OK/IDW |       |      |      |       |
| TPDA    | ninguno |        | 0.25  | 0.26   | 0.03 | 2.85     | 2.85   | 0.00 | ninguno |      | 3.31   | 3.35  | 0.01 |      |       |
| TPDC    | 1.61    | 1.56   | -0.03 | 0.22   | 0.22 | -0.01    | 2.93   | 2.90 | -0.01   | 1.64 | 1.57   | -0.04 | 2.47 | 2.42 | -0.02 |

*Cuadro N° 19: Leyes medias globales para la estimación NN vs estimación OK/IDW.*

### 9.3.2. Clasificación de Recursos

Los recursos han sido clasificados como inferidos por la poca cantidad de información.

### 9.3.3. Esterilización

Los tajeos de la antigua operación minera fueron modelados en Leapfrog Geo (tajeos de vetas) y Micromine (tajeos de cuerpos). Además, se modeló wireframes a partir de los códigos de vacío y relleno de labor de la perforación diamantina realizadas por Volcan entre el 2016 y 2017. También, se generó un buffer de 1m para las wireframes de los desarrollos de La Tapada para la esterilización. Se generó un modelo geológico separado a partir de los vacíos y la información se evaluó al modelo subbloqueado.

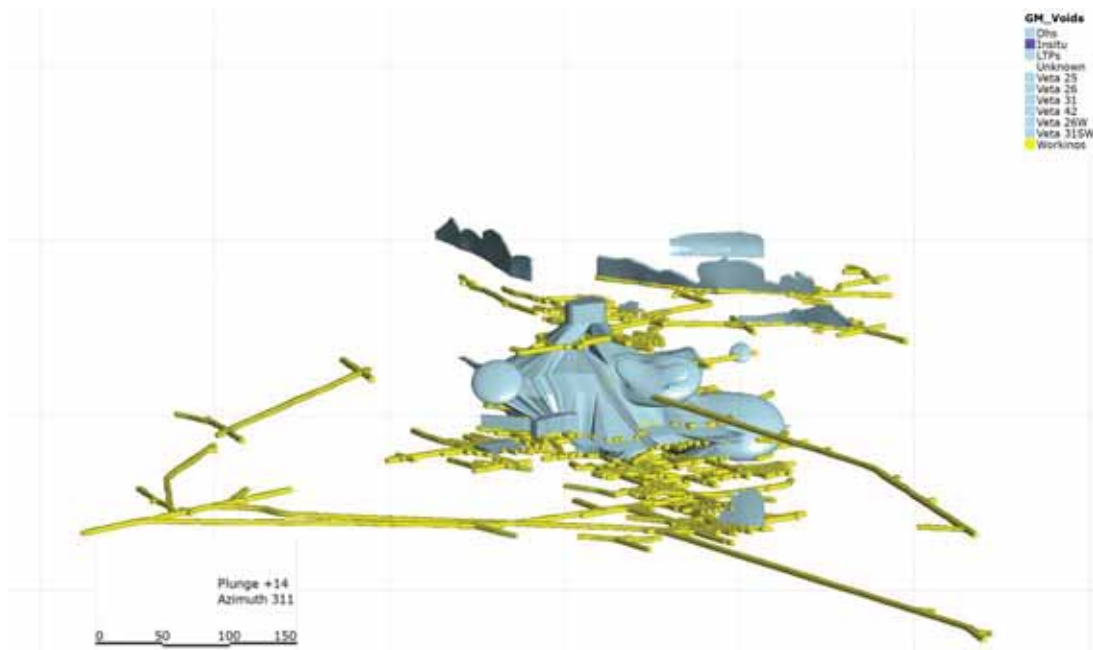


Figura N° 15: Wireframes utilizadas para la esterilización.

### 9.3.4. Conclusiones

Los Recursos Minerales fueron realizados en el Proyecto La Tapada para incorporar las actividades de perforación diamantina llevadas a cabo en el 2017. La perforación ha demostrado que las vetas subverticales con tendencia NE de La Tapada - Estadio C son continuas incluso con reemplazo a lo largo de horizontes favorables de carbonatos. Los recursos totales in situ reportados a  $\geq 2\%$  ZnEq se muestran en la Tabla 21.

| DOMINIO | VOLUMEN<br>(m <sup>3</sup> ) | DENSIDAD<br>(t/m <sup>3</sup> ) | TONELAJE<br>(Mt) | Au<br>(g/t) | Ag<br>(oz/t) | Pb<br>(%) | Zn<br>(%) | ZnEq<br>(%) |
|---------|------------------------------|---------------------------------|------------------|-------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| TPDA    | 1,473,360                    | 2.91                            | 4.28             | 0.23        | 0.08         | 0.03      | 3.19      | 3.28        |
| TPDC    | 566,751                      | 2.92                            | 1.65             | 0.24        | 2.19         | 2.00      | 2.90      | 6.16        |

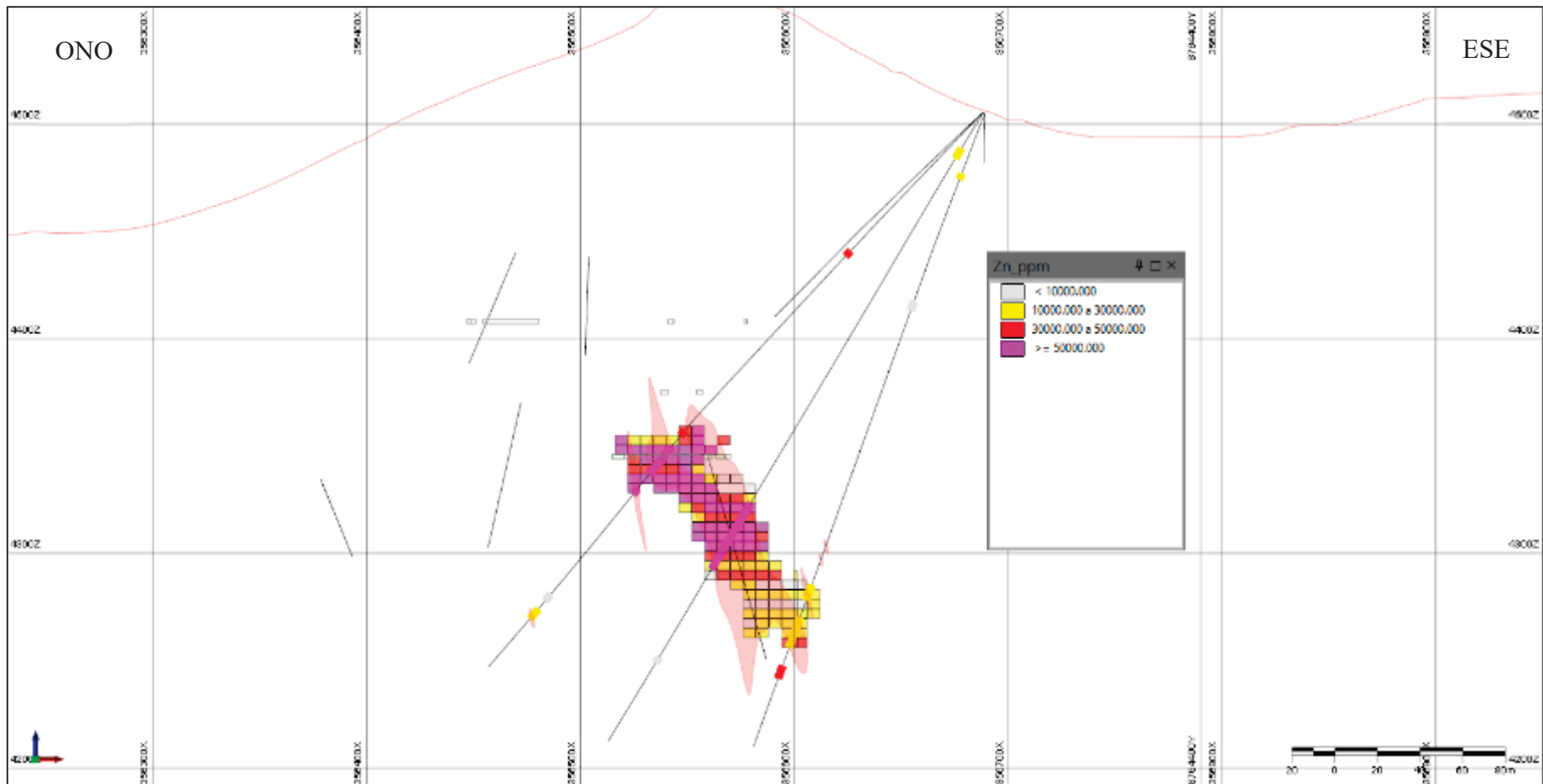
Cuadro N° 20: Recursos minerales Insitu de La Tapada, reportado con cut-off de 2% ZnEq.

### 9.4. Metalurgia

Se realizaron pruebas metalúrgicas de 6 compósitos (rechazos de la campaña 2017) de La Tapada a nivel de laboratorio San Expedito - Cerro SAC (a cargo del Ing. Luis Loayza), los primeros cuatro compósitos corresponden al Estadio

A con recuperaciones de 85 a 91% de Zn y los dos ultimos corresponden al Estadió C con recuperaciones entre 78 y 84 % de Zn, y 90 a 93 % Pb.





*Figura N° 16: La Tapada Norte, modelo de bloques mostrando valores de Zn.*

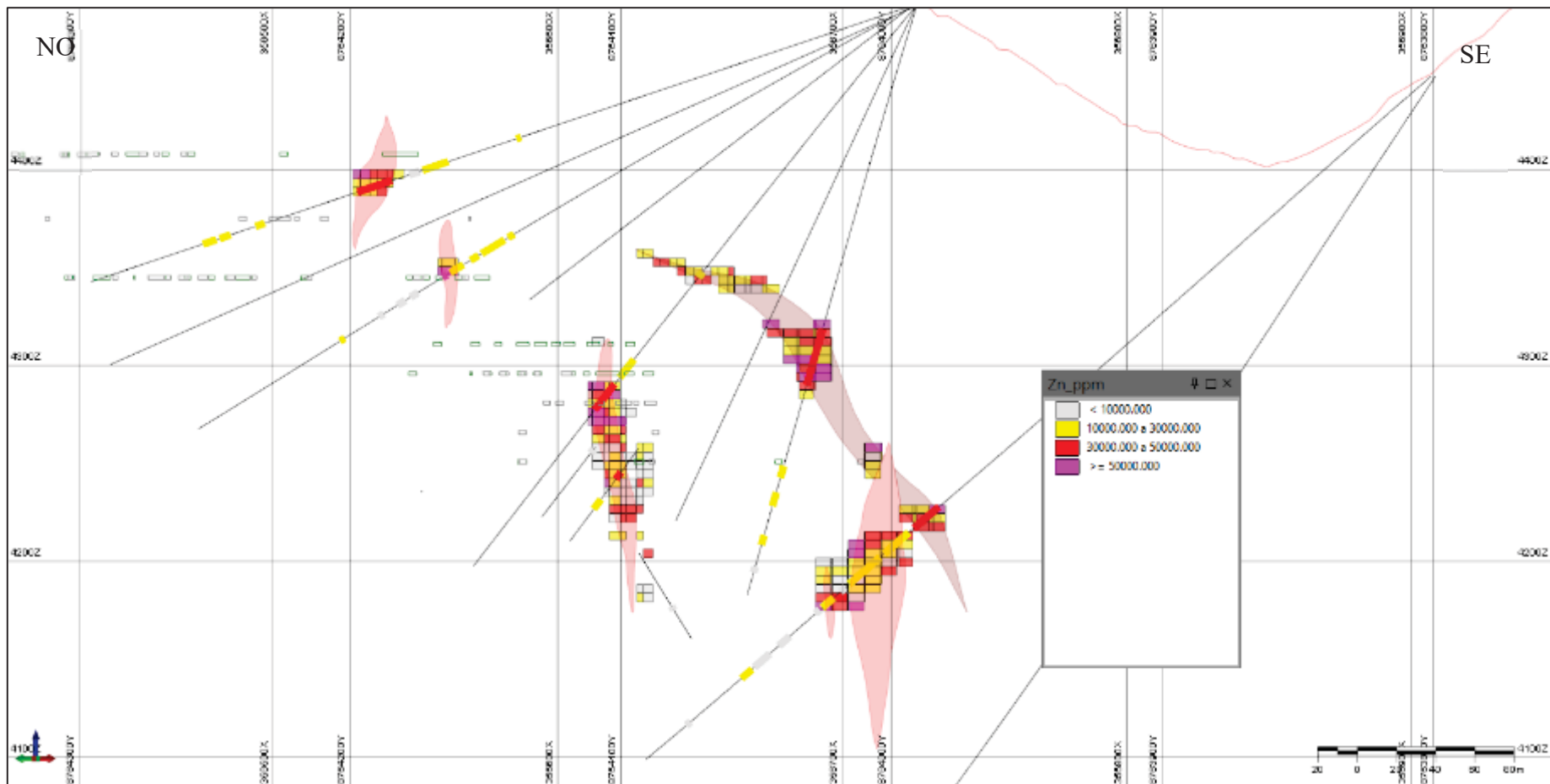


Figura N° 17: La Tapada, modelo de bloques mostrando valores de Zn.

## CONCLUSIONES

- La perforación ha demostrado que las vetas subverticales con tendencia NE de La Tapada - Estadio C son continuas incluso con reemplazo a lo largo de horizontes favorables de carbonatos. Los recursos totales in situ reportados a  $\geq 2\%$  ZnEq.
- En el mapa geológico local nos permite observar que la presencia de mineralización se encuentra en la formación Jumasha que son rocas calizas del cretacio superior, que está intruida por una roca intrusiva de composición dacítica que dio origen a la mineralización y se observa un sistema de fallas con una dirección NO-SE
- La obtención de muestras se realizó por el método de muestreo geoquímico superficial, habiéndose obtenido 744 muestras, las mismas que se realizaron pruebas de análisis por el método de análisis multielementos, las cuales nos dio como resultado que los valores de Zn, Pb y Ag.
- En el muestreo de cores de sondajes diamantinos se consideró muestras de una longitud máxima de 1.5m para tramos estériles. Para tramos mineralizados se tomaron muestra de longitud mínima de 0.3 m y máxima 1.30 m. El total de muestras tomadas fue de 7950 de las cuales 1099 son muestras de control. El envío de las muestras hacia CERTIMIN S.A. se realizó en lotes de 50 muestras de las cuales 42 son muestras primarias y 8 muestras de control. Los ensayos analíticos fueron ensayo al fuego-AAS y ICP-OES digestión multiácida.
- Se diseñó una malla de muestreo de 100 x 100, en un área de 15.81 km<sup>2</sup> en ellas se obtuvieron muestras de rockchip, las cuales se llevaron para análisis geoquímico y de sus resultados se determinaron 2 blancos de mineralización, en los cuales se realizaron 25 perforaciones diamantinas direccionadas en

dirección de las vetas, con las cuales pudimos definir el modelo del cuerpo mineralizado que son vetas.

- El cuerpo se encuentra de manera favorable en el nivel de calizas e intercalaciones.
- Mediante las perforaciones diamantinas direccionadas se pudo reconstruir una sección transversal, y a partir de la interpretación nos muestra que se presentan 3 estadios A (Manto de magnetita masiva, con pirrotita y esfalerita rica en hierro), B (Reemplazamiento y vetas de Pirita masiva) y C (Vetas y cuerpos de esfalerita, galena, con menor contenido de tetraedrita, tenantita, finalmente rellena por carbonatos.)

| <b>Mantos Sp-Mgt + Cuerpos Sp-Gn</b> |         |                        |                        |                         | <b>Subtotal</b>  |
|--------------------------------------|---------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| <b>Rangos de Leyes</b>               |         | <b>Tonelaje Zn (%)</b> | <b>Tonelaje Pb (%)</b> | <b>Tonelaje Ag (Oz)</b> |                  |
| Baja Ley                             | 1.5-3.0 | 3,631,227              | 86,632                 | 118,019                 | <b>3,835,878</b> |
| Ley Media                            | 3.0-5.0 | 170,367                | 22,684                 | 36,654                  | <b>229,705</b>   |
| Alta Ley                             | > 5.0   | 26,952                 | 4,602                  | 6,010                   | <b>37,564</b>    |
| <b>TOTAL</b>                         |         | <b>3,828,546</b>       | <b>113,918</b>         | <b>160,683</b>          | <b>4,103,147</b> |

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el levantamiento de las columnas estratigráficas locales, consideramos importante tener un trabajo distrital estratigráfico válido que nos permita definir las diversas secuencias litoestratigráficas con el objetivo de encontrar metalotectos favorables.
- Se recomienda continuar los trabajos de perforación diamantina, preferentemente hacia la zona de Tapada Oeste, en donde se espera tener un cuerpo de alta ley con zonas de baja ley que lo rodea teniendo como objetivo delinear su geometría y llevarlo a un modelo que nos permita dimensionar sus recursos minerales y poder elevar la categoría de inferidos a indicados y medidos.
- Sobre los targets mencionados, elaborar mapas geológicos de detalle a escala 1/1,000 para delimitar bien el área y definir la continuidad de estructuras mineralizadas. Se necesita tener un mayor conocimiento geológico del proyecto, más sabiendo la complejidad estructural, litológica y mineralógica del área.
- Realizar estudios petrográficos y difracción de rayos X, que complementen los trabajos de exploración.
- Realizar una correcta identificación litológica y mineralógica en los sondajes y estandarizarlos para poder generar un modelo litoestratigráfico y mineralógico, de forma más fluida, evitando posibles campañas de relagueo.

## BIBLIOGRAFIA

- Aspajo, H. (2013). *Estimación de Recursos, Proyecto Zoraida*. Lima.
- Baumgartner, R., & Fontboté, L. (s.f.). Mineral Zoning and Geochemistry of Epithermal Polymetallic Zn-Pb-Ag-Cu-Bi Mineralization at Cerro de Pasco, Peru. *Economic Geology*, 103, págs. 493-537.
- Bendezú, A. (2007). *Mineralización tipo pórfido de Cu-Mo asociadas a venas cordilleranas de metales base; Toromocho-Morococha*. Lima.
- Bendezú, A., Catchpole, H., Kuzmanov, K., Fontboté, L., & Astorga, C. (2008). *Miocene magmatism and related porphyry and polymetallic mineralization in the Morococha District, central Peru*. Lima.
- Bissig, T., Ulrich, T., Tosdal, R., Friedman, R., & Shane, E. (2008). The time-space distribution of Eocene to Miocene magmatism in the central Peruvian polymetallic province and its metallogenetic implications. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Catchpole, H., Kouzmanov, K., Putlitz, B., Hun Seo, J., & Fontboté, L. (s.f.). Zoned Base Metal Mineralization in a Porphyry System: Origin and Evolution of Mineralizing Fluids in the Morococha District, Peru. *Economic Geology*, págs. 39-71.
- Cobbing, J., Quispesivana, L., & Paz, M. (1996). *Geología de los Cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores, Hojas 21k, 22k, 23k*. Lima.
- Fontboté, L., & Bendezú, R. (s.f.). *The carbonate-hosted San Gregorio and Colquijirca (Zn-Pb-Ag) deposits (central Peru) as products of an epithermal high sulfidation system*.
- Johnson, R. (s.f.). Geology of the Atacocha mine, departamento of Pasco, Perú. *Economic Geology*, 50, págs. 249-270.
- Mayta, O., Sánchez, J., & García, J. (1983). *Estudio Geológico y Programa de Exploraciones de los Yacimientos San José de Río Pallanga, Alpamarca y Carhuacayán*. Buenaventura Ingenieros S.A.
- Velasquez, C., Espinoza, S., Bernalola, R., Meza, S., & Brañez, I. (2018). *Informe anual 2017, Proyecto Carhuacayán*.

● **8% de similitud general**

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

|          |  |               |
|----------|--|---------------|
| <b>1</b> | <b>minem.gob.pe</b><br>Internet                | <b>3%</b>     |
| <b>2</b> | <b>vsip.info</b><br>Internet                   | <b>1%</b>     |
| <b>3</b> | <b>cybertesis.uni.pe</b><br>Internet           | <b>1%</b>     |
| <b>4</b> | <b>hdl.handle.net</b><br>Internet              | <b>&lt;1%</b> |
| <b>5</b> | <b>repositorio.ingemmet.gob.pe</b><br>Internet | <b>&lt;1%</b> |
| <b>6</b> | <b>proexplo.com.pe</b><br>Internet             | <b>&lt;1%</b> |
| <b>7</b> | <b>repositorio.unsa.edu.pe</b><br>Internet     | <b>&lt;1%</b> |
| <b>8</b> | <b>cybertesis.unmsm.edu.pe</b><br>Internet     | <b>&lt;1%</b> |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 9  | <b>cdn.gob.pe</b><br>Internet   | <1% |
| 10 | <b>alicia.concytec.gob.pe</b><br>Internet                                 | <1% |
| 11 | <b>Charles Sturt University on 2020-09-01</b><br>Submitted works          | <1% |
| 12 | <b>upc.aws.openrepository.com</b><br>Internet                             | <1% |
| 13 | <b>Universidad San Ignacio de Loyola on 2018-12-10</b><br>Submitted works | <1% |
| 14 | <b>proexplo.com.pe</b><br>Internet  | <1% |



- **Excluir del Reporte de Similitud**

- Bloques de texto excluidos manualmente

---

BLOQUES DE TEXTO EXCLUIDOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCOFACULTAD DE INGE...**

repositorio.unsaac.edu.pe

---

**PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO GEÓLOGO**

repositorio.unap.edu.pe

---

**Volcán Cia. Minera S.A.A**

cybertesis.uni.edu.pe

---

**el desarrollo del presente**

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

**al Ing**

doku.pub

---

**Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de San Antonio Aba...**

vsip.info

---

**en la escuela de Formación**

repositorio.une.edu.pe

---

**agradecimiento a todas las personas que de una uotra**

repositorio.unjfsc.edu.pe

---

**CAPITULO I ASPECTOS GENERALES CAPITULO I.....**

repositorio.espe.edu.ec

---

**11.1. Determinación del Problema.....**

repositorio.une.edu.pe

## 1.5. Variables

repositorio.uancv.edu.pe

---

## Hipótesis ..... 2Hi

tesis.ucsm.edu.pe

---

2

Universidad Católica de Santa María on 2022-01-21

---

## Metodología de Trabajo

repositorio.unsa.edu.pe

---

10

hdl.handle.net

---

## Recopilación de Información

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

## CAPITULO III GEOLOGÍA REGIONAL ..... 233.1

bibliotecas.unsa.edu.pe

---

## Grupo Excélsior (Silúrico - Devónico)

repositorio.unsa.edu.pe

---

## Formación

Systems Link on 2013-02-27

---

## CAPITULO IV GEOLOGÍA LOCAL

repositorio.unsaac.edu.pe

---

## GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Universidad Pontificia Bolivariana on 2019-10-16

---

## 6.2. Identificación Y Evaluación De

Universidad Internacional de la Rioja on 2021-10-08

---

## **Análisis De Impactos Ambientales**

www.slideshare.net

---

## **Actividades Del Proyecto**

www.minem.gob.pe

---

## **ANALISIS Y VALIDACION DE DATOS ..... 74**

repositorio.unsa.edu.pe

---

## **Desviación de Sondaje**

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

## **INDICE DE FIGURASFigura N° 1**

Universidad Tecnologica del Peru on 2018-01-12

---

## **Organización**

hdl.handle.net

---

## **et al. / Journal of South American Earth Sciences 26**

www.redciencia.cu

---

## **INDICE DE CUADROSCuadro N° 1**

1library.co

---

## **CAPITULO IASPECTOS GENERALES1.1**

repositorio.uancv.edu.pe

---

## **1.2. Formulación del ProblemaProblema General**

Universidad Nacional del Centro del Peru on 2018-11-08

---

## **Cuáles son las características geológicas**

kupdf.net

---

## **perforación diamantina y el logueo**

proexplo.com.pe

---

**plasmaacoplado inductivamente - espectroscopia de emisión atómica (ICP - AES**

[www.tesis.uchile.cl](http://www.tesis.uchile.cl)

---

**El área de estudio se ubica en el Distrito de**

[repositorio.undac.edu.pe](http://repositorio.undac.edu.pe)

---

**Santa Bárbara**

[repositorio.ingemmet.gob.pe](http://repositorio.ingemmet.gob.pe)

---

**del Ingemmet, las coordenadas UTM del proyecto son**

[repositorio.undac.edu.pe](http://repositorio.undac.edu.pe)

---

**WGS84, Zona 18S). Las cotas varían de**

[repositorio.undac.edu.pe](http://repositorio.undac.edu.pe)

---

**El clima**

Universidad Continental on 2020-10-04

---

**en los últimos años por el cambio climático**

[cfanespectaculos.com](http://cfanespectaculos.com)

---

**marcado por dos estaciones**

Universidad Nacional del Centro del Peru on 2019-11-12

---

**ubicada a**

[cybertesis.unmsm.edu.pe](http://cybertesis.unmsm.edu.pe)

---

**la población del**

[www.congreso.gob.pe](http://www.congreso.gob.pe)

---

**principal fuente de**

Universidad Nacional del Centro del Peru on 2018-08-14

---

**más de**

[docplayer.es](http://docplayer.es)

---

**se realizó**

repositorio.unsaac.edu.pe

---

**un programa de perforación diamantina de**

docplayer.es

---

**trabajo de tesis**

repositorio.undac.edu.pe

---

**desarrollaron cinco etapas de trabajo:-Etapa de gabinete-Etapa de campo-Etapa L...**

repositorio.undac.edu.pe

---

**acuerdo a los objetivos del estudio.- Se recopiló información**

repositorio.undac.edu.pe

---

**Se seleccionaron, delimitaron y digitalizaron los mapas a escala 1**

repositorio.undac.edu.pe

---

**verificar en el campo la información geológica obtenida en el-Se realizó el levanta...**

repositorio.undac.edu.pe

---

**Etapa de Laboratorio-Se enviaron las muestras**

repositorio.undac.edu.pe

---

**Se utilizaron los planos elaborados por el equipo topográfico responsable de este ...**

repositorio.undac.edu.pe

---

**Se revisaron los informes geológicos y técnicos de la zona de estudio, así también...**

repositorio.undac.edu.pe

---

**Para el procesamiento de datos se utilizarán métodos convencionales o ensu cas...**

www.slideshare.net

---

**1: Organización de la base de datos**

eprints.uanl.mx

---

## 1: Organización de la base de datos

hdl.handle.net

---

### las muestras fueron analizadas por los laboratorios de

repositorio.ingemmet.gob.pe

---

### plasma acoplado inductivamente - espectroscopia de emisión atómica (ICP – AES

www.tesis.uchile.cl

---

### ensayo al fuego

repositorio.ingemmet.gob.pe

---

### Interpretación Geológica y Generación de Sólidos por Dominios Secciones Geológ...

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

### Sólidos Geológicos: para la generación de sólidos se han empleado las secciones t...

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

### Los compósitos han sido asignados a los dominios geológicos identificados.1

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

### los gráficos de probabilidad e histogramas se han determinado valores extremos d...

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

### por cada dominio geológico, estos valores son empleados en el proceso de interpo...

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

### entre cada dominio y si estas leyes tienen influencia hacia el otro dominio, se ha co...

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

### Modelo de Bloques El tamaño de Bloques es de

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

### por los valores extremos, este valor extremo tiene un rango de influencia de 2.5 m. ...

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

**Los histogramas y curvas de probabilidad de los valores en oro estimados en el m...**

cybertesis.unmsm.edu.pe

**Se ha realizado una comparación local entre los gráficos conocidos como "Swath ...**

cybertesis.unmsm.edu.pe

**CAPITULO II GEOMORFOLOGIA 2.1**

repositorio.unsaac.edu.pe

**en la cabecera de un valle glaciar, y producida por la erosión**

ciencia.boonic.com

**CAPITULO III GEOLOGÍA REGIONAL 3.1**

Universidad Autónoma de Nuevo León on 2020-03-03

**3.1.1. Grupo Excelsior (Silúrico - Devónico): Las rocas más antiguas que afloran en...**

repositorio.unsa.edu.pe

**grupo Excelsior, nombre propuesto por Mc LAUGHLIN, D.H. (1925) en la mina Excél...**

vsip.info

**segregación de un metamorfismo regional de bajo grado**

vsip.info

**3. Grupo Pucará (Triásico Superior - Liásico): Un conjunto de facies calcáreas**

repositorio.undac.edu.pe

**3.1**

repositorio.unsa.edu.pe

**Formación Pariatambo Definida por McLaughlin (1924) como el miembro superior ...**

repositorio.undac.edu.pe

**a rocas generalmente del Paleógeno. La composición de los stocks ampliamente d...**

repositorio.ingemmet.gob.pe

**pórfidosde Cu(Mo)-Au**

repositorio.ingemmet.gob.pe

---

**pórfidos de Cu (Mo)-Au**

repositorio.ingemmet.gob.pe

---

**actividad magmática está vinculada a lo largo de los**

repositorio.undac.edu.pe

---

**una edad**

proexplo.com.pe

---

**las calizasde la formación Jumasha de**

repositorio.ingemmet.gob.pe

---

**Journal of South American Earth Sciences**

hdl.handle.net

---

**Thomas Bissig, Thomas D**

agupubs.onlinelibrary.wiley.com

---

**et al. / Journal of South American Earth Sciences 26 (2008**

www.redciencia.cu

---

**CAPITULO IVGEOLOGÍA LOCAL4.1. Estratigrafía Local4.1.1**

Universidad Autónoma de Nuevo León on 2020-03-03

---

**el área de estudio**

repositorio.unap.edu.pe

---

**entre el contacto de las calizas con elintrusivo**

repositorio.undac.edu.pe

---

**entre el contacto de lascalizas con el intrusivo**

repositorio.undac.edu.pe

---



**discordancia angular a las calizas de la Formación Jumasha**

repositorio.undac.edu.pe

---

**metros de espesor de caliza gris con**

tesis.pucp.edu.pe

---

**hacia el tope se observa**

vsip.info

---

**CAPITULO VGEOLOGÍA**

1library.co

---

**y las calizas de la Formación Jumasha**

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

**que se extiende en forma paralela al eje del**

www.inpi.gov.ar

---

**línea decumbres de la Cordillera Occidental**

doku.pub

---

**ocurren fallamientos en bloques y fallas verticales longitudinales asociados a sincl...**

1library.co

---

**mineralización tipo pórfido de Cu**

Pontificia Universidad Católica del Perú on 2018-06-21

---

**replegamientos y un metamorfismo regional cuyo nivel estructural origina un frent...**

doku.pub

---

**entre el pérmico superior y**

doku.pub

---

**levantamiento en bloques, a lo largo de fallas de rumbo NW-SE**

zee.regionhuanuco.gob.pe

---

**seguido**

zee.regionhuanuco.gob.pe

---

**al pasar del Pérmico Inferior al Superior**

doku.pub

---

**una reactivación de la fase tardihercínica con**

repositorio.unp.edu.pe

---

**del Jurásico Medio y comienzos del**

repositorio.unsa.edu.pe

---

**del Centro y Norte del Perú**

documents.mx

---

**flanco oeste de la cordillera occidental**

fr.scribd.com

---

**En la cordillera oriental del centro del Perú**

hdl.handle.net

---

**se producen amplios plegamientos en el sector occidental, así como fallamientos, ...**

doku.pub

---

**fuerte deformación compresional, evidenciadas**

doku.pub

---

**zona norte y central de la cordillera occidental**

doku.pub

---

**En el centro y sur del Perú**

es.slideshare.net

---

**lo que indica una**

Pontificia Universidad Católica del Perú on 2020-07-21

---

**m., acompañado**

doku.pub

---

**fue llevadahasta los**

www.slideshare.net

---

**del Proyecto de Exploración Minera Carhuacayán - Zona 2**

cdn.www.gob.pe

---

**Actividades Del Proyecto Con Potencial De Generar Impactos**

www.minem.gob.pe

---

**El procedimientometodológico, seguido**

www.minem.gob.pe

---

**calidad de un componente**

www.minem.gob.pe

---

**Identificación De Componentes AmbientalesSe identificaron los componentes**

hdl.handle.net

---

**media, el área deinfluencia es puntual y**

hdl.handle.net

---

**plazo, la**

hdl.handle.net

---

**las medidas**

www.minem.gob.pe

---

**Agua? Alteración de la calidad de agua superficial**

www.minem.gob.pe

---

**llegar a depositarsesobre los cuerpos de agua**

www.minem.gob.pe

---

## **Alteración de las características**

Universidad Militar Nueva Granada on 2020-03-04

---

## **Las actividades de habilitación de**

www.minem.gob.pe

---

## **Se ha determinado que los impactos**

es.slideshare.net

---

## **media, el área de influencia es**

Universidad Santo Tomas on 2016-10-12

---

## **las medidas**

www.minem.gob.pe

---

## **directo, la regularidad**

repositorio.unjbg.edu.pe

---

## **y el área de**

hdl.handle.net

---

## **reversibilidad es a medio plazo**

repositorio.unjbg.edu.pe

---

## **relación causa – efecto**

hdl.handle.net

---

## **Remoción de**

www.minem.gob.pe

---

## **la eliminación de la capa superficial de la**

www.colortration.it

---

## **se presenta**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia on 2017-04-27

---

**impacto negativo con**

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

---

**reversibilidad a**

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

---

**causa-efecto es**

[repositorio.unjbg.edu.pe](https://repositorio.unjbg.edu.pe)

---

**Fauna? Alteración de hábitats y**

[www.minem.gob.pe](https://www.minem.gob.pe)

---

**faunaDe**

[www.minem.gob.pe](https://www.minem.gob.pe)

---

**propiciarán la intervención de hábitats terrestres y de individuos. Se**

[www.minem.gob.pe](https://www.minem.gob.pe)

---

**del efectos**

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

---

**dinamización de la economía local Las actividades**

[intranet2.minem.gob.pe](https://intranet2.minem.gob.pe)

---

**influencia es puntual, y**

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

---

**Generación de empleo y**

[www.moir.org.co](https://www.moir.org.co)

---

**durante la etapa de habilitación del terreno condicionarán**

[www.minem.gob.pe](https://www.minem.gob.pe)

---

**del uso correcto de equipo de protección personal**

Clemente Aguilar-Garduño, Julia Blanco-Muñoz, Karina Roxana Antonio, Consuelo Escamilla-Nuñez et al. "O..."

**EPPs) y aplicando las medidas**

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

---

**los factores que podrían comprometer esta**

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

---

**caso de noutilizar adecuadamente los equipos de protección personal**

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

---

**podría propiciar la afectación en**

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

---

**Incremento del nivel de ruido ambientalEl**

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

---

**relación causa-efecto es**

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

---

**debido al consumo de agua para las actividades de perforación diamantina**

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

---

**quela demanda total de agua para el Proyecto es de**

[www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

---

**naturaleza negativa con**

[repositorio.unjbg.edu.pe](http://repositorio.unjbg.edu.pe)

---

**plazo de manifestación a**

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

---

**presenta sinergia**

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

---

**impacto esnegativo**

Universidad Santo Tomas on 2016-10-12

---

**reversibilidades a medio plazo**

repositorio.unjbg.edu.pe

---

**las especies de**

www.minem.gob.pe

---

**relación causa – efecto es**

hdl.handle.net

---

**Generación de empleo y dinamización de la Economía**

www.moir.org.co

---

**ANALISIS Y VALIDACION DE DATOS**

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

**se recoge la información del tipolitológico, tipo de alteración y mineralización**

cybertesis.unmsm.edu.pe

---

**el proyecto Carhuacayan se**

revistamineria.com.pe

---

**en parte afectados por metamorfismo decontacto**

www.proexplo.com.pe

---

**esta secuenciasedimentaria se encuentra**

proexplo.com.pe

---

**Una de las estructuras principales**

www.proexplo.com.pe

---

**dirección NO-SE. Las fracturas, fallas y lineamientos más importantes**

www.proexplo.com.pe

---

**La mineralogía y alteración presentes en cada uno de**

www.proexplo.com.pe

---

**Las evidencias de corte de este evento permiten determinar que suemplazamiento...**

[www.proexplo.com.pe](http://www.proexplo.com.pe)

---

**con alta razón As/Sb y contenidos de plata**

[www.proexplo.com.pe](http://www.proexplo.com.pe)

---

**Base de datos**

[doku.pub](http://doku.pub)

---

**función de distribución acumulada (CDF, por sus siglas en inglés**

[bdigital.unal.edu.co](http://bdigital.unal.edu.co)

---

**un sistema de fallas**

[repositorio.unsaac.edu.pe](http://repositorio.unsaac.edu.pe)

---

**Baumgartner, R., & Fontboté, L**

[www.unige.ch](http://www.unige.ch)

---

**Bendezú , A. (2007). Mineralización tipo pórfido de Cu-Mo asociadas a venascordil...**

[tesis.pucp.edu.pe](http://tesis.pucp.edu.pe)

---

**Bendezú, A., Catchpole, H**

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

---

**Bissig, T., Ulrich, T., Tosdal, R., Friedman, R**

[www.proexplo.com.pe](http://www.proexplo.com.pe)

---

**Catchpole, H., Kouzmanov, K., Putlitz, B**

[cet.edu.au](http://cet.edu.au)

---

**Cobbing, J., Quispesivana**

[repositorio.ingemmet.gob.pe](http://repositorio.ingemmet.gob.pe)

---

**Fontboté, L., & Bendezú, R**

[repositorio.ingemmet.gob.pe](http://repositorio.ingemmet.gob.pe)

---



**Johnson, R**

repositorio.ingemmet.gob.pe

---

**1983). Estudio Geológico y Programa de Exploraciones de los Yacimientos San Jo...**

proexplo.com.pe