

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**



**TESIS**

**Prospección geológica del proyecto San Carlos-  
concesión Martin BA-Tarma**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero Geólogo**

**Autor : Bach. Erick Giovanni BALDEON HUAYNATES**

**Asesor : Dr. Favio Máximo MENA OSORIO**

**Cerro de Pasco – Perú - 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**



**TESIS**

**Prospección geológica del proyecto San Carlos-  
concesión Martin BA-Tarma**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

-----  
**Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI**

**PRESIDENTE**

-----  
**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO**

**MIEMBRO**

-----  
**Ing. Eder Guido ROBLES MORALES**

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis dedico a mis padres: Lucia y Jesús, por haberme brindado su esperanza, confianza en todo momento, que supieron guiarme por el camino de la superación y el éxito.

## RECONOCIMIENTO

En primer lugar, Agradezco a Dios por permitirme lograr mis metas y objetivos, por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles, por no dejarme a pesar de mis equivocaciones, por cuidar de mi familia y por la bendición que me dio, mi Hija Alejandra.

En segundo lugar, expreso mi agradecimiento a los docentes de la de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, que verdaderamente aportaron sus conocimientos durante mi formación profesional, porque de ellos depende el desarrollo de nuestra sociedad y del estado peruano.

En tercer lugar, mi profundo agradecimiento a mis padres: Jesús Baldeon Atiz y Lucia Huaynates Pérez por haberme brindado su apoyo durante el presente trabajo de investigación, y a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron de alguna manera para este trabajo de investigación pudiera realizarse y para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo.

En cuarto lugar, agradezco a la empresa FA INGENIEROS S.A.C y al Ing. José Yparraguirre, por brindar sus servicios con el análisis químico de las muestras.

## RESUMEN

El prospecto MARTIN BA, con una extensión de 300 Hectáreas se localiza en la cordillera oriental, en la provincia de Tarma del departamento de Junín. Las rocas aflorantes son las más antiguas de la región siendo de edades Pre-Devonianas, el cual recibe el nombre del complejo metamórfico Maraynioc, siendo uno de los bloques del complejo Huaytapallana.

El presente trabajo tiene por objetivo determinar las características mineralógicas, litológicas, alteraciones hidrotermales, geología estructural, para determinar zona de target y la clasificación del depósito.

El proyecto se encuentra en la etapa de la prospección el cual tiene un carácter interpretativo del depósito mineral, que permite la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa. El mapeo geológico, la recolección de muestras de minerales (rock chip y canales). Para la elaboración de planos topográficos, geológico, estructural y muestreo, utilizando software ArcGis 10.5, Oasis Montaj 8.4, Target for ArcGis, Autocad y Microsoft Excel.

Con las características de campo litológicas, estructurales, alteraciones, estudios mineralógicos, se llega a concluir que: la Mineralización del área de estudio representa a un sistema hidrotermal de tipo Hypotermal (Hypozonal)-Orogénico de temperatura alta, con resultados de valores bajos de Oro (Au) y Plata (Ag), con trazas de Molibdeno (Mo), Zinc (Zn), Plomo (Pb) y Cobre (Cu).

**Palabra clave: Prospección, Mapeo Geológico, Mineralización.**

## **ABSTRACT**

The MARTIN BA prospect, with an area of 300 Hectares, is located in the eastern mountain range, in the province of Tarma in the department of Junín. The outcropping rocks are the oldest in the region being of Pre-Devonian ages, which is called the Maraynioc metamorphic complex, being one of the blocks of the Huaytapallana complex.

The purpose of this work is to determine the mineralogical, lithological characteristics, hydrothermal alterations, structural geology, determine the destination area and the classification of the deposit.

The project is in the prospecting stage which has an interpretative nature of the mineral deposit, which allows the collection of data and information qualitatively and quantitatively. Geological mapping, the collection of mineral samples. For the preparation of topographic, geological, structural and sampling plans, use software ArcGis 10.5, Oasis Montaj 8.4, Target for ArcGis, Autocad and Microsoft Excel.

With the lithological, structural, alterations, mineralogical field characteristics, it is concluded that: The Mineralization of the study area represents a hypothermal (Hipozonal) -Orogenic high temperature hydrothermal system, with results of low values of Gold (Au) and Silver (Ag), with traces of Molybdenum (Mo), Zinc (Zn), Lead (Pb) and Copper (Cu).

**Keyword: Prospecting, Geological Mapping, Mineralization.**

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se propone la localización de target en el prospecto Martin BA, con la realización del cartografiado geológico, secciones geológicas, muestreo, generación de anomalías geofísicas. El proyecto consta de cuatro capítulos que abarcan toda la investigación, utilizando las técnicas de la prospección geológica para determinar la mineralización y la clasificación del depósito. El complejo Metamórfico Maraynioc es un bloque que pertenece al Complejo del Huaytapallana con orientación NW-SE, limitando al E con el intrusivo de la Granodiorita de Tarma, y dentro los afloramientos se encuentran las Andesitas a manera de diques y cuerpos pequeños.

Dentro la del Provincia Metalogenética III, en la región de Pasco se encuentran las Minas de Huachón con características similares al proyecto en ejecución, al NW a 15 Km del proyecto hay datos de minas artesanales que extraen y extraían Oro. Bajo estos principios y antecedentes se realiza la prospección Geológica del área de estudio de manera detallada con la recolección de datos de campo: datos geológicos, cartografiado geológico a escala 1:2000, recolección de muestras, recolección de muestras para análisis químico, donde tuvo una duración de 4 meses. La elaboración de planos geológicos, secciones geológicas, plano de anomalía Geofísica, Plano Geoquímico, pertenecen a la etapa de gabinete.

El propósito principal del presente trabajo, es determinar las posibles áreas anómalas con indicios de mineralización, para lo cual se realizaron trabajos de muestreo en vetas en forma sistemática, con la aplicación de criterios geológicos y geoquímicos.

<b>DEDICATORIA</b>	
<b>RECONOCIMIENTO</b>	
<b>RESUMEN</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>INDICE</b>	
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	
<b>LISTA DE FOTOS</b>	
<b>LISTA DE CUADROS</b>	
<b>LISTA DE TABLASX</b>	
<b>LISTA DE PLANO</b>	
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS</b>	

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2.	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.3.1.	<i>Problema General</i> .....	1
1.3.2.	<i>Problemas Específicos</i> .....	2
1.4.	FORMULACIÓN DE OBJETIVOS .....	2
1.4.1.	<i>Objetivo General</i> .....	2
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i> .....	2
1.5.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.6.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	3

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

2.1.	ANTECEDENTES DE ESTUDIO .....	4
2.2.	BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS .....	4
2.2.1.	<i>Marco Geológico Regional</i> .....	4
2.2.1.1.	Unidades Litoestratigráficas .....	5
2.2.1.1.1.	Complejo Maraynioc .....	5
2.2.1.1.2.	Granodiorita Tarma .....	7
2.2.1.1.3.	Depósitos Cuaternarios .....	9
2.2.1.2.	Geomorfología .....	10
2.2.1.2.1.	Unidades geomorfológicas .....	10
2.2.1.2.2.	Relieve Cordillerano .....	10
2.2.1.2.3.	Meseta Estructural .....	10
2.2.1.2.4.	Valles .....	11
2.2.1.2.5.	Otras Geoformas .....	11
2.2.1.3.	Geología Estructural .....	12
2.2.1.3.1.	Zona de Bloques .....	14
2.2.1.3.2.	Fallas .....	15
2.2.1.4.	Franja Metalogenético III .....	19
2.2.2.	<i>Marco Conceptual</i> .....	21
2.2.2.1.	Geología .....	21

2.2.2.2.	Estratigrafía.....	22
2.2.2.2.1.	Unidad Estratigráfica.....	22
2.2.2.3.	Hidrología.....	23
2.2.2.4.	Geoquímica.....	23
2.2.2.4.1.	Prospección Geoquímica.....	23
2.2.2.4.2.	Anomalía Geoquímica.....	24
2.2.2.4.3.	Fondo, valores normales del fondo, valor umbral.....	25
2.2.2.4.4.	Movilidad Geoquímica.....	29
2.2.2.4.5.	Asociación de elementos.....	30
2.2.2.4.6.	Elemento Indicador, Elemento Explorador.....	32
2.2.2.5.	Geofísica.....	33
2.2.2.5.1.	Prospección Gravimétrica.....	34
2.2.2.5.1.1.	Principio.....	36
2.2.2.5.1.2.	Anomalías de gravedad.....	38
2.2.2.5.1.3.	Correcciones de los datos (reducciones).....	38
2.2.2.6.	Petrología.....	39
2.2.2.6.1.	Rocas Metamórficas.....	39
2.2.2.6.1.1.	Tipos de metamorfismo.....	40
2.2.2.6.1.2.	Zonas, grados y facies metamórficas.....	42
2.2.2.6.1.3.	Clasificación.....	44
2.2.2.6.1.4.	Texturas de las Rocas Metamórficas.....	46
2.2.2.6.1.5.	Clasificación de las rocas de metamorfismo regional (según su protolito).....	47
2.2.2.6.1.6.	Rocas metamórficas comunes.....	48
2.2.2.6.2.	Rocas Ígneas.....	52
2.2.2.6.2.1.	Cuerpos Intrusivos o Plutónicos.....	52
2.2.2.6.2.2.	Cuerpos Globosos.....	54
2.2.2.6.2.3.	Texturas generales en rocas ígneas.....	56
2.2.2.6.2.4.	Minerales en rocas ígneas:.....	58
2.2.2.6.2.5.	Diagrama de STRECKEISEN.....	58
2.2.2.7.	Geología Económica.....	60
2.2.2.7.1.	Fluidos Hidrotermales.....	61
2.2.2.7.2.	Fluidos Mineralizantes.....	61
2.2.2.7.3.	Mineralización.....	61
2.2.2.8.	Alteraciones Hidrotermales.....	62
2.2.2.8.1.	Tipos de alteración hidrotermal.....	62
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	64
2.4.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	71
2.4.1.	<i>Hipótesis General</i> .....	71
2.4.2.	<i>Hipótesis Específicas</i> .....	71
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	71
2.5.1.	<i>Variable Independiente</i> .....	71
2.5.2.	<i>Variable Dependiente</i> .....	71
2.5.3.	<i>Variable Interveniente</i> .....	72
2.6.	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES.....	72

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.2.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.2.1.	<i>Recopilación y Revisión Bibliográfica</i> .....	73
3.2.2.	<i>Trabajo de Campo</i> .....	74
3.2.3.	<i>Trabajo de Gabinete</i> .....	74
3.2.4.	<i>Redacción del informe final</i> .....	75
3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	75
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	76
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	76
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	76
3.7.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	77
3.8.	SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	77

3.9.	ORIENTACIÓN ÉTICA .....	78
------	-------------------------	----

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.....	79
4.1.1.	<i>Ubicación y Extensión del área de estudio</i> .....	79
4.1.2.	<i>Accesibilidad</i> .....	79
4.1.3.	<i>Topografía y Fisiografía</i> .....	80
4.1.4.	<i>Flora y Fauna</i> .....	81
4.1.5.	<i>Hidrografía</i> .....	81
4.1.6.	<i>Clima y Meteorología</i> .....	82
4.1.7.	<i>Geomorfología Local</i> .....	83
4.1.7.1.	Procesos Geomorfológicos .....	83
4.1.8.	<i>Geología Local</i> .....	85
4.1.8.1.	Complejo de Maraynioc.....	85
4.1.8.1.1.	Esquisto.....	87
4.1.8.1.2.	Gneis .....	88
4.1.8.2.	Rocas Volcánicas.....	88
4.1.8.3.	Depósitos Cuaternarios.....	90
4.1.9.	<i>Prospección Gravimétrica</i> .....	90
4.1.10.	<i>Geología Económica</i> .....	91
4.1.10.1.	Mineralización .....	91
4.1.10.2.	Mineralogía .....	93
4.1.10.2.1.	Minerales de Mena .....	94
4.1.10.2.2.	Minerales de ganga .....	94
4.1.11.	<i>Geoquímica</i> .....	96
4.1.11.1.	Tipos de Muestreo.....	96
4.1.11.1.1.	Muestreo por Puntos o Rock Chip .....	96
4.1.11.1.2.	Muestreo por Canales .....	96
4.1.11.1.3.	Equipos y Herramientas de Muestreo.....	97
4.1.11.1.4.	Importancia del Muestreo .....	98
4.1.11.1.5.	Preparación para toma de Muestras.....	98
4.1.11.1.6.	Análisis Geoquímico de las Muestras.....	99
4.1.12.	<i>Geología Ambiental</i> .....	100
4.1.12.1.	Medidas de Protección Ambiental.....	101
4.1.13.	<i>Geología del Depósito</i> .....	101
4.1.13.1.	Mineralización .....	101
4.1.13.2.	Control de Mineralización Local .....	102
4.1.14.	<i>Geología Estructural</i> .....	104
4.1.15.	<i>Alteraciones Hidrotermales</i> .....	105
4.1.15.1.	Tipos de Alteraciones.....	106
4.1.15.1.1.	Alteración Supérgena .....	106
4.1.15.1.2.	Alteración Hipógena .....	106
4.1.16.	<i>Hipótesis de la Paragénesis</i> .....	108
4.1.17.	<i>Clasificación del Yacimiento</i> .....	109
4.2.	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	110
4.2.1.	<i>Prospección Gravimétrica</i> .....	110
4.2.2.	<i>Resultados de Muestreo</i> .....	113
4.2.3.	<i>Cartografiado Geológico</i> .....	116
4.2.4.	<i>Secciones Geológicas</i> .....	118
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	118
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	119

### CONCLUSIONES

### RECOMENDACIONES

### BIBLIOGRAFIA

### ANEXOS

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1 Mapa de zonas estructurales.....	13
Figura N° 2 Diagrama de Bloques .....	16
Figura N° 3 Ejemplo de Prospección Gravimétrica .....	34
Figura N° 4 Principio Gravimétrico.....	35
Figura N° 5 Cuerpos Intrusivos.....	54
Figura N° 6 Los diferentes criterios texturales .....	57
Figura N° 7 Ejemplo del cálculo de Streckeisen .....	59
Figura N° 8 Mapa Geológico Regional.....	86
Figura N° 9 Columna Estratigráfica. Fuente Propia .....	87
Figura N° 10 Deposito de Canan .....	104
Figura N° 11 Representación de depósitos de oro .....	110
Figura N° 12 Relieve topográfico en 3D.....	111
Figura N° 13 Anomalía Gravimétrica Regional en 3D .....	111
Figura N° 14 Anomalía de Bouguer, Litología.....	112
Figura N° 15 Andesita de Textura Porfírica .....	116

## LISTA DE FOTOS

Foto N° 1 Paisaje de la cordillera Oriental.....	81
Foto N° 2 Geoforma1 .....	84
Foto N° 3 Geoforma 2 .....	84
Foto N° 4 Gneis (a), Coluvial (b) .....	88
Foto N° 5 Dique de Andesita .....	89
Foto N° 6 Pseudoestratos de Andesita .....	89
Foto N° 7 Veta Lucia .....	91
Foto N° 8 Veta Juana.....	92
Foto N° 9 Veta Juana, Corte de canal.....	97
Foto N° 10 Veta Victoria, Extracción de Muestra .....	99
Foto N° 11 Veta Victoria, Alteraciones .....	107
Foto N° 12 Etapa de cartografiado Geológico. ....	120
Foto N° 13 Veta Juana. Cuarzo Oqueroso, con Óxidos y Pirita. ....	120
Foto N° 14 Afloramiento de Andesita Porfírica.....	120
Foto N° 15 Afloramiento de Veta Alejandra (potencia 8 cm) .....	120
Foto N° 16 Afloramiento de Veta Areliz (potencia 5 cm).....	120
Foto N° 17 Veta Victoria. Etapa de muestreo .....	120
Foto N° 18 Veta Juana. Etapa de muestreo.....	120
Foto N° 19 Veta Victoria. Etapa de muestreo .....	120
Foto N° 20 Eventos metamórficos .....	120
Foto N° 21 Esquisto de Textura Granoblástica.....	120
Foto N° 22 Ortogneis de Textura Lepidoblástica.....	120
Foto N° 23 Ortogneis de Textura Lepidoblástica.....	120
Foto N° 24 Vetilleo Tipo stockwork de Qz .....	120
Foto N° 25 Andesita con Piroxeno .....	120

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1	Movilidad de elementos químicos .....	29
Cuadro N° 2	Elementos indicadores y exploradores .....	33
Cuadro N° 3	Clasificación de Rocas Metamórficas Comunes .....	45
Cuadro N° 4	Clasificación de rocas metamórficas .....	47
Cuadro N° 5	Clasificación de Recursos .....	60
Cuadro N° 6	Tipos de alteración .....	63
Cuadro N° 7	Accesibilidad del proyecto .....	79
Cuadro N° 8	Clasificación de minerales.....	95
Cuadro N° 9	Resultados del análisis geoquímico.....	100
Cuadro N° 10	Paragénesis.....	108
Cuadro N° 11	Densidad de las principales rocas .....	112
Cuadro N° 12	Análisis Químico por ICP .....	113
Cuadro N° 13	de Análisis Químico de Rock Chip por Au.....	114
Cuadro N° 14	de Análisis Químico de Canales por Au .....	115
Cuadro N° 15	Estudio Petrográfico.....	117

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1	Abundancia normal de los elementos químicos .....	27
Tabla N° 2	Abundancia normal en la corteza terrestre, cutoff .....	28
Tabla N° 3	Asociaciones de elementos pathfinder.....	31
Tabla N° 4	Tabla de Variables e indicadores .....	72
Tabla N° 5	Instrumentos de Investigación .....	77
Tabla N° 6	Valores de los niveles de validez .....	78
Tabla N° 7	Criterio de Confiabilidad de valores .....	78

## LISTA DE PLANO

Plano N° 1	Fallas locales.....	105
------------	---------------------	-----

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

E:	Este	(m/s <sup>2</sup> ):	Metros por segundo al cuadrado
Au:	Oro	m/s:	Metros por segundo
23-m:	Código de la carta geológico	°C:	Grado centígrado
NW:	Norte Oeste	MET:	Metamórfica
SE:	Sur Este	%:	Porcentaje
INGEMMET:	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico	T:	Temperatura
m.a.:	Millones de Años	P:	Presión
JICA:	Agencia de Cooperación Internacional del Japón	pH:	Potencial de Hidrogeno de oxidación
m:	Metro	Eh:	Potencial de oxidación
m.s.n.m:	Metros sobre el nivel del mar	Mo:	Molibdeno
U:	Valle en forma de "U".	DEM:	Modelos digitales de elevación
V:	Valle en forma de "V"	Nº:	Numero
.º:	Grado	Py:	Pirita
km:	Kilometro	Mb:	Molibdenita
g/t:	Gramo/Tonelada	Cp:	Calcopirita
et al:	Entre otros	Gn:	Galena
U:	Uranio	Sph:	Esfalerita (Marmatita)
Ni:	Níquel	Lm:	Limonita
Co:	Cobalto	Qz:	Cuarzo
Cu:	Cobre	Pr:	Pirrotita
Ag:	Plata	Apy:	Arsenopirita
Pb:	Plomo	Mt:	Magnetita
mm:	Milímetro	Fl:	Fluorita
W:	Oeste	Dol:	Dolomita
Zn:	Zinc	Ys:	Yeso
Fe:	Hierro	Cao:	Caolín
Mn:	Manganeso	Bt:	Biotita
Co:	Cobalto	FPs:	Feldespatos
etc:	Etcétera	PGs:	Plagioclasas
As:	Arsénico	Hm:	Hematita
		AZ:	Azimut
		Bz:	Buzamiento

# **CAPITULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### **1.1. Identificación y determinación del Problema**

El Proyecto San Carlos, no cuenta con estudios geológicos, para que pueda generarse nuevas perspectivas y localizar un nuevo yacimiento. En la etapa preliminar del reconocimiento de los afloramientos litológicos se ha podido determinar vetas de Cuarzo asociado con Pirita y trazas de Esfalerita, Molibdenita, Galena y Fluorita, emplazadas en rocas Metamórficas del complejo Maraynioc, motivo del presente trabajo de investigación.

### **1.2. Delimitación de la investigación**

El proyecto San Carlos se encuentra ubicado en el anexo de Maraynioc, Distrito de Palca, Provincia de Tarma y Departamento de Junín.

Con la exploración en la etapa de prospección se pretende definir con mayor detalle el comportamiento de las Vetas, a través del análisis de la actividad ígnea, fallas, metamorfismo, anomalías geoquímicas y génesis de la mineralización.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema General**

La escasa información geológica con la que se cuenta al inicio de la prospección geológica del Proyecto San Carlos.

### **1.3.2. Problemas Específicos**

¿Qué minerales serán los que se presenten en el Proyecto San Carlos?

¿Qué condiciones geológicas, estructurales, geoquímicas y tipo de depósito se determinará en el proyecto San Carlos?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Interpretación de resultados del prospecto minero con la elaboración de planos Geológicos, Geoquímicos, Geofísico, secciones geológicas mediante la prospección, basado en el cartografiado geológico a Escala 1:2000 y muestreo geológico.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar estructuras mineralizadas y análisis geoquímico.
- Determinar e interpretar las características geológicas, estructurales y alteraciones hidrotermales.

## **1.5. Justificación de la investigación**

Con el estudio planteado se pretende aportar información muy valiosa sobre las características litológicas, estructurales y mineralógicas en el Proyecto San Carlos.

La posible mineralización se encuentra hospedada en rocas metamórficas con vetas de Cuarzo, Pirita y trazas de Esfalerita, Molibdenita, Galena y Fluorita.

El resultado de la investigación permitirá obtener una nueva información científica, evaluadas in situ de manera práctica y proporcionara aportes metodológicos: analítico, aproximado y simplificado que se realizarán para determinar el tipo de depósito y su génesis.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones del trabajo a realizarse son la falta de estudios y falta de presupuesto. La poca información geológica de la superficie, estas limitaciones tendrán que ser estructuradas y estudiadas como temas de investigación en un mediano plazo.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

En la zona in situ y aledañas, no hay yacimientos metálicos importantes. La mina más cercana, Venadita (a 3 km al “W”), actualmente se encuentra en producción, explotando el recurso mineral no metálico - Talco.

La concesión MARTIN 1BA, fue concesionado el año 2017, es así como comienza la titularidad para realizar la prospección y exploración geológica por el mineral de Oro (Au).

Actualmente se cuenta con la autorización del terreno superficial de la Comunidad San Carlos Maraynioc-Chilpes, para realizar estudios de prospección, los cuales van a ser plasmados en la presente Tesis.

#### **2.2. Bases Teóricas – Científicas**

Los resultados del presente proyecto están encaminados a la prospección geológica de la concesión minera MARTIN BA, mediante la recopilación de datos en campo.

##### **2.2.1. Marco Geológico Regional**

El prospecto se encuentra dentro del Cuadrángulo de la Merced (23-m) en rocas metamórficas del Complejo de Maraynioc, el cual pertenece al Complejo de Huaytapallana que consta de facies metamórficas de alto grado, al contacto de este afloramiento se encuentran rocas Intrusivas, el Granodiorita de Tarma, Tonalita Granodirota Sucllamachay, el Grupo Mitú y el Grupo Pucara.

## **2.2.1.1. Unidades Litoestratigráficas**

### **2.2.1.1.1. Complejo Maraynioc**

Corresponden a las rocas más antiguas que afloran en el área estudiada, constituidas por esquistos, micaesquistos y en menor proporción gneis, anfibolitas y migmatitas las cuales forman parte de un gran complejo estructural, inicialmente descritas por HARRISON J. V. (1951) y HEIM, A. (1956) llamándola “Complejo de Comas”. Posteriormente, PAREDES, J. (1972) y MEGARD, F. (1973) la consideran como rocas pre-ordovisicas.

El complejo Maraynioc corresponde a un macizo estructural que se encuentra a manera de una franja continua con dirección NO-SE, encontrándose afectada y limitada por fallas normales (fallamientos en bloques) que han condicionado la morfoestructura de la Cordillera Oriental.

Los afloramientos del Complejo Maraynioc-Marañón recorren transversalmente el Cuadrángulo de La Merced (NO-SE), reconociéndolo a través de los ríos Tambillo, Surichaca y Curimarca; comunidades de Maraynioc, Luichos, Palca, prolongándose hacia las hojas de Jauja y Tarma.

El río Curimarca camino a Uchubamba (La Merced), afloran micaesquistos de color gris a gris claro, de textura granoblástica a lepidoblastica. Vista una muestra al microscopio, se observa metamorfismo en los minerales de cuarzo y muscovita, quedando relictos de biotita y presentando el cuarzo extinción

ondulante. La composición mineralógica señala que contiene cuarzo (35%), sericita (38%), muscovita (8%), clorita (6%), ortopiroxenos (1%) y plagioclasas (2%). Afloramientos similares se reconocen en el río Tambillo, próximo al caserío Pensamiento, las que han sido descritas como esquistos de cuarzo-biotita, con composición mineralógica semejante a la anterior.

Entre las comunidades de Maraynioc y Luichos afloran gneis y esquistos micáceos con abundantes lentejuelas de cuarzo a manera de cristales helicíticos involucrados en una parte plegada, a la vez afectada por una foliación posterior.

En el río Huachon, a 10 km al NO del pueblo del mismo nombre, afloran metamorfitas correspondientes a esquistos de color gris con tonalidad verdosa, observándose ausencia de gneis. Una muestra tomada en el río Huachon, ha sido descrita como milonita de cuarzo-mica-plagioclasa (Laboratorio de INGEMMET), cuya composición mineralógica señala plagioclasa 15%, micas 22%, cuarzo 40%, cloritas 10%, epidota 8% y sericita 5%, caracterizándose porque las plagioclasas se presentan como porfidoblastos rodeados por granos de micas.

Las relaciones estratigráficas del Complejo Metamórfico se encuentran caracterizadas por encontrarse en contacto fallado con rocas paleozoicas y mesozoicas. Solo en la comunidad La Victoria (Ulcumayo), ubicada en el tramo de carretera Carhuamayo-Paucartambo, es posible apreciar el contacto

paraconcordante entre los esquistos micáceos del Complejo Maraynioc y las pizarras del Grupo Excelsior.

### **Edad y Correlación**

Debido a las características del grado de deformación y mineralógicas, así como observaciones de campo de las ocurrencias de los procesos de metamorfismo regional que ha sufrido el macizo estructural Maraynioc y relaciones de contacto con los granitoides neopaleozoicos, se puede afirmar que los eventos de metamorfismo se produjeron durante el Proterozoico. Existen escasas determinaciones geocronométricas de los complejos metamórficos que afloran en el país, existiendo solo registros de SHACKLETON, R. et al. (1979), STEWART, J. et al. (1974) y la de DALMAYRAC, B. et al. (1988), variando los valores entre 1800 m.a a 600 m.a. De acuerdo a las consideraciones anteriores, se asume que el complejo metamórfico que aflora en el área estudiada debe haberse formado durante el intervalo cronoestratigráfico del Meso a Neoproterozoico. Estructuralmente se le correlaciona con el Complejo de Huaytapallana y Marayrazo (PAREDES, J. 1994).

#### **2.2.1.1.2. Granodiorita Tarma**

La granodiorita Tarma, llamado también “Granito Blanco” por el proyecto de la cooperación japonesa - INGEMMET (1977), se encuentra distribuido en la parte Occidental de la Hoja de La Merced, a lo largo de una franja alargada de 43 km de largo y 8

km de ancho aproximadamente. Este cuerpo está emplazado en los esquistos del Complejo Maraynioc, sobreescurriendo a las secuencias de los grupos Mitu y Pucará, por efecto de una falla de 2,000 m de desplazamiento (CAPDEVILA, R. 1976). Vista al microscopio presenta una deformación de sus cristales de forma irregular, en donde se observa microestructuras de "Kink Bands" en las biotitas y plagioclasas. CAPDEVILA, R. 1976, pensó que la falla Utcuyacu era responsable de esta deformación, basado en dicho criterio atribuyó a la granodiorita de Tarma al plutonismo Andino.

La granodiorita Tarma presenta diferencias mineralógicas y petrográficas notables con respecto al intrusivo de San Ramón, los feldespatos potásicos están representados por microclina con crecimiento de perthita en playas xenomórficas, las plagioclasas presentan una zonación rítmica y es relativamente cálcica (Oligoclasa - Andesina), asimismo las biotitas presentan un pleocroismo de incoloro a rojizo, asimismo los anfíboles son más oscuros. La evolución magmática fue desarrollándose de prehnita - sericita a cloritas; por otra parte, la formación de epídota es más elevada en el sienogranito de San Ramón.

Este intrusivo está conformado por granodioritas, color claro de grano grueso de cuarzo, plagioclasas y feldespatos en menor proporción, la biotita y hornblenda están distribuidas uniformemente. Al microscopio se puede observar una textura holocristalina, inequigranular y epidiomórfica acompañada de

casuales muscovitas y minerales accesorios (apatito, zircón y titanita).

La edad de emplazamiento está de acuerdo con sus relaciones de campo y confrontada por una datación geocronométrica en K/Ar con valor de 244 m.a. (JICA-INGEMMET 1997) cuya muestra fue tomada al SE de San Vicente, donde se aprecia la intrusión del “Granito Rojo” (San Ramón), en el “Granito Blanco”. La edad geocronométrica lo ubica en el límite Permiano superior a Triásico inferior, ubicándose dentro del magmatismo tardihercínico.

#### **2.2.1.1.3. Depósitos Cuaternarios**

Los depósitos de cobertura formados durante el Cuaternario, corresponden a procesos glaciares, aluviales y coluviales; erosionando rocas preexistentes de la vertiente oriental.

Las morrenas se encuentran sobre el relieve cordillerano. Se encuentran conformadas por gravas angulosas de composición litológica heterogénea que se hallan envueltas en una matriz limoarenosa.

Los depósitos glaciofluviales originados por procesos glaciares en la Cordillera Oriental, corresponden a una mezcla de sedimentos conglomerádicos subredondeados de gravas subangulosas con fraccionometría variada.

Los materiales aluvionales se encuentran distribuidos en los valles y quebradas tributarias, depositándose material de

escombro de gravas y conglomerados polimícticos mal clasificados unidos por una matriz arcillosa a arenosa.

## **2.2.1.2. Geomorfología**

### **2.2.1.2.1. Unidades geomorfológicas**

En el área de materia del presente estudio; se han diferenciado las siguientes unidades geomorfológicas tomando como base los criterios geográficos y morfoestructurales (*ver Anexo de planos "Plano Morfoestructural del Perú"*)

### **2.2.1.2.2. Relieve Cordillerano**

Sus altitudes se encuentran comprendidas sobre los 4,000 m.s.n.m., llegando hasta los 5,723 m, en el área de los nevados. La característica principal de esta unidad presentar una morfología bastante abrupta afectada por una intensa erosión glaciaria, con presencia de lagunas y valles glaciales cuyo fondo amplio es en forma de U; sobre la cual se acumulan depósitos morrénicos y glaciofluviales.

### **2.2.1.2.3. Meseta Estructural**

Morfológicamente se caracteriza por presentar una superficie a manera de plataforma inclinada que coincide con el buzamiento de los estratos, encontrándose afectada por valles simétricos que han desarrollado acantilados al pie de la plataforma. Sobre ella se desarrolla una escasa vegetación arbórea.

#### **2.2.1.2.4. Valles**

Unidad geomorfológica que se ha desarrollado a través de los ríos que recorren el relieve cordillerano y subandino, con desniveles que se encuentran comprendidos entre los 600 y 3,900 m.s.n.m.

Morfológicamente tenemos dos tipos de valles: glaciales y fluviales. Los valles glaciales, poseen una ladera con pendiente suave y fondo cóncavo, presentando acumulaciones de depósitos fluvioglaciares. Sus nacientes se dan en los nevados y pequeñas lagunas, drenando sus aguas hacia los valles fluviales.

Los valles fluviales presentan relieves con pendientes fuertes, generando en algunas zonas valles encañonados (río Paucartambo), simétricos y de fondo amplio con presencia de meandros.

#### **2.2.1.2.5. Otras Geoformas**

**Nevados:** Geoforma formada por la acumulación de nieves perpetuas en las cumbres cordilleranas, cuyas altitudes sobrepasan los 4,800 m.s.n.m.

**Valle Glaciar:** Corresponde a los valles originados por erosión fluvioglaciar con perfiles transversales en “U”, flancos suaves y acumulaciones de depósitos fluvioglaciares. Este tipo de valle se desarrolla sobre la superficie cordillerana.

**Valle Cañón:** Conforman un valle afectado por una intensa erosión de fondo, cuyos perfiles topográficos corresponden a un fondo en “V”. Poseen flancos subverticales que dan lugar a acantilados y superficies escarpadas con caídas de agua que sobrepasan los 100 m.

### **2.2.1.3. Geología Estructural**

En el área estudiada se reconocen estructuras regionales que se han desarrollado por eventos tectónicos polifásicos (Fase 3, ver Foto N° 20), desde tiempos del Neoproterozoico hasta el Cuaternario; radicando su importancia en haber configurado la paleogeografía antigua y haber controlado la sedimentación especialmente durante el Mesozoico; debido a los fallamientos en bloques y deformación del sustrato.

Basándose en la asociación de las características morfotectónicas y litoestratigráficas, se les ha agrupado en Zonas Estructurales (ver *Figura N° 01*), resumiendo sus principales controles que han influido en su evolución.

#### **Zonas Estructurales**

En los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced se reconocen cuatro zonas estructurales, las cuales se diferencian en conjunto de acuerdo a los procesos de metamorfismo, plutonismo, fallamiento y deformación que han sufrido. Estas zonas corresponden a: Zona de Bloques, Faja Plegada Subandina, Pie de Monte Subandino y Depresión -Llanura del Pichis-Palcazu.

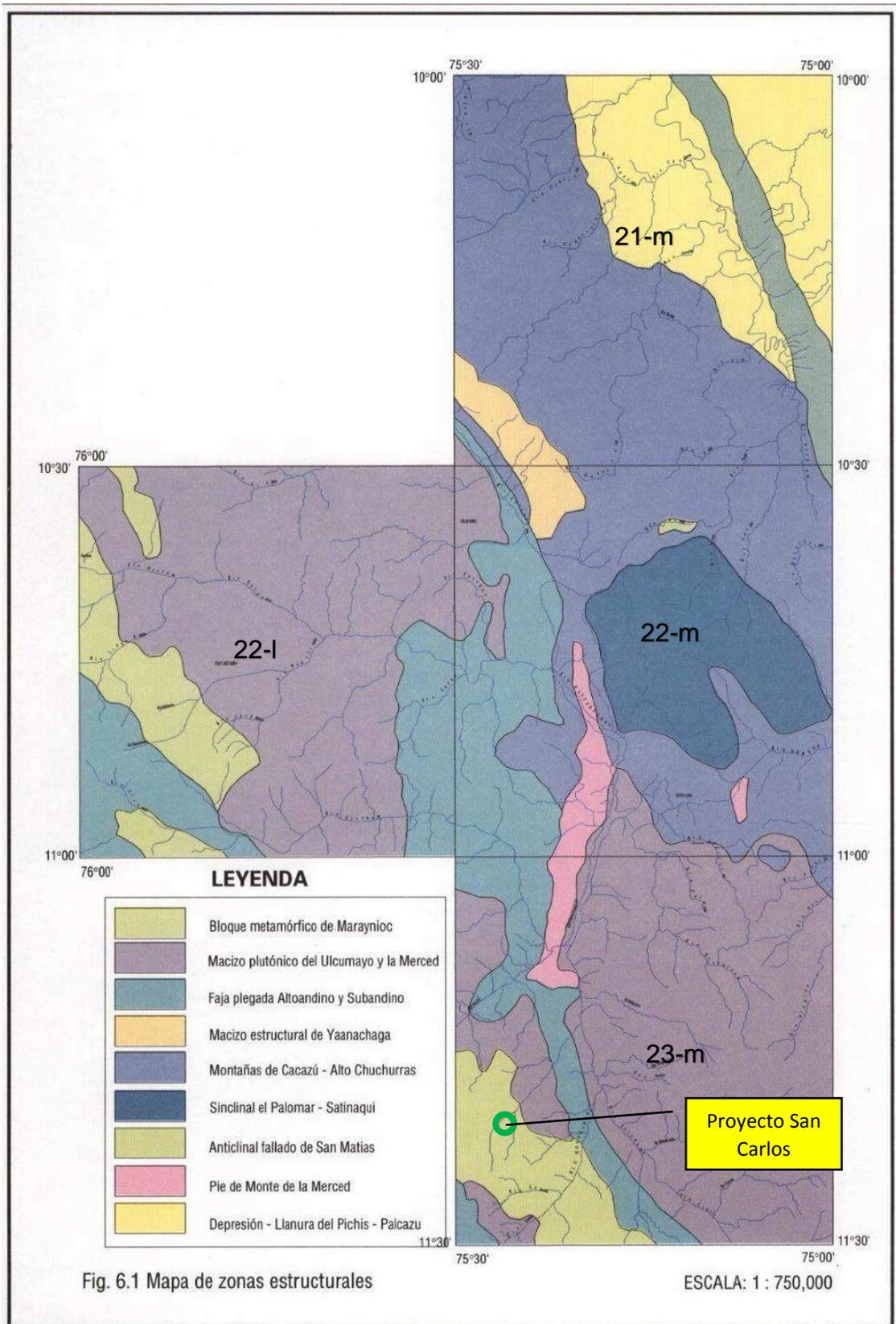


Figura N° 1 Mapa de zonas estructurales

### **2.2.1.3.1. Zona de Bloques**

Corresponde a macizos estructurales que han influido en el modelado y deformación de la Cordillera de los Andes (sector Oriental y Subandino); habiendo controlado los esfuerzos y el grado de acortamiento de la cobertura terrestre. Se reconocen los siguientes bloques:

- a. Bloque Maraynioc
- b. Bloque Paucartambo
- c. Bloque Chanchamayo – Marancocha
- d. Bloque Carhuamayo - San Vicente – Oxapampa
- e. Bloque Yanachaga

#### **Bloque Maraynioc**

Forma parte del núcleo de la Cordillera Oriental abarcando la parte Occidental de los cuadrángulos de Ulcumayo y La Merced corresponde a un bloque metamórfico levantado, individualizado por fallamientos regionales con desplazamiento vertical e intrusiones de plutonitas permotriásicas. Dentro del bloque aflora un anticlinorio con rumbo NO - SE, encontrándose constituido por el Complejo de Maraynioc, la Formación Contaya y el Grupo Excélsior; presentando metamorfismo regional de moderado a bajo, habiéndose formado micaesquistos, fílitas, pizarras y cuarcitas con foliación y esquistosidad polidireccional.

En el cuadrángulo de Ulcumayo, el Bloque metamórfico se encuentra como un sustrato preexistente sobre el cual sobreyacen en discordancia rocas paleozoicas. A través del río Ulcumayo el Complejo Metamórfico se pone en contacto con las calizas del Grupo Pucará por una falla normal con desplazamiento vertical y rumbo NO-SE. Hacia la esquina SO de la hoja de La Merced, el Bloque metamórfico se encuentra limitado por intrusiones correspondientes a la granodiorita de Tarma y al granito de Sucllamachay.

#### **2.2.1.3.2. Fallas**

Se reconocen dos sistemas de fallamientos regionales; la primera de tipo “longitudinal” (paralelo al eje andino) y la segunda de tipo “transversal” (oblicuo al eje andino).

Las fallas del sistema longitudinal son de recorrido plurikilométrico, siguiendo una dirección preferencial NNO-SSE. Se comportan durante su recorrido como fallas normales y/o inversas; delimitando bloques (levantados y hundidos) con desplazamiento vertical y ocasionando acortamiento de la corteza terrestre; afectando mayormente en la cobertura sedimentaria.

Se encuentran menos desarrolladas las fallas “transversales”, agrupándose en el sistema NE-SO, que desplazan el primer sistema de fallamiento.

Las principales fallas que se describen en el área estudiada, corresponden a las de alcance regional y que han influido en la evolución morfotectónica de la Cordillera de los andes.

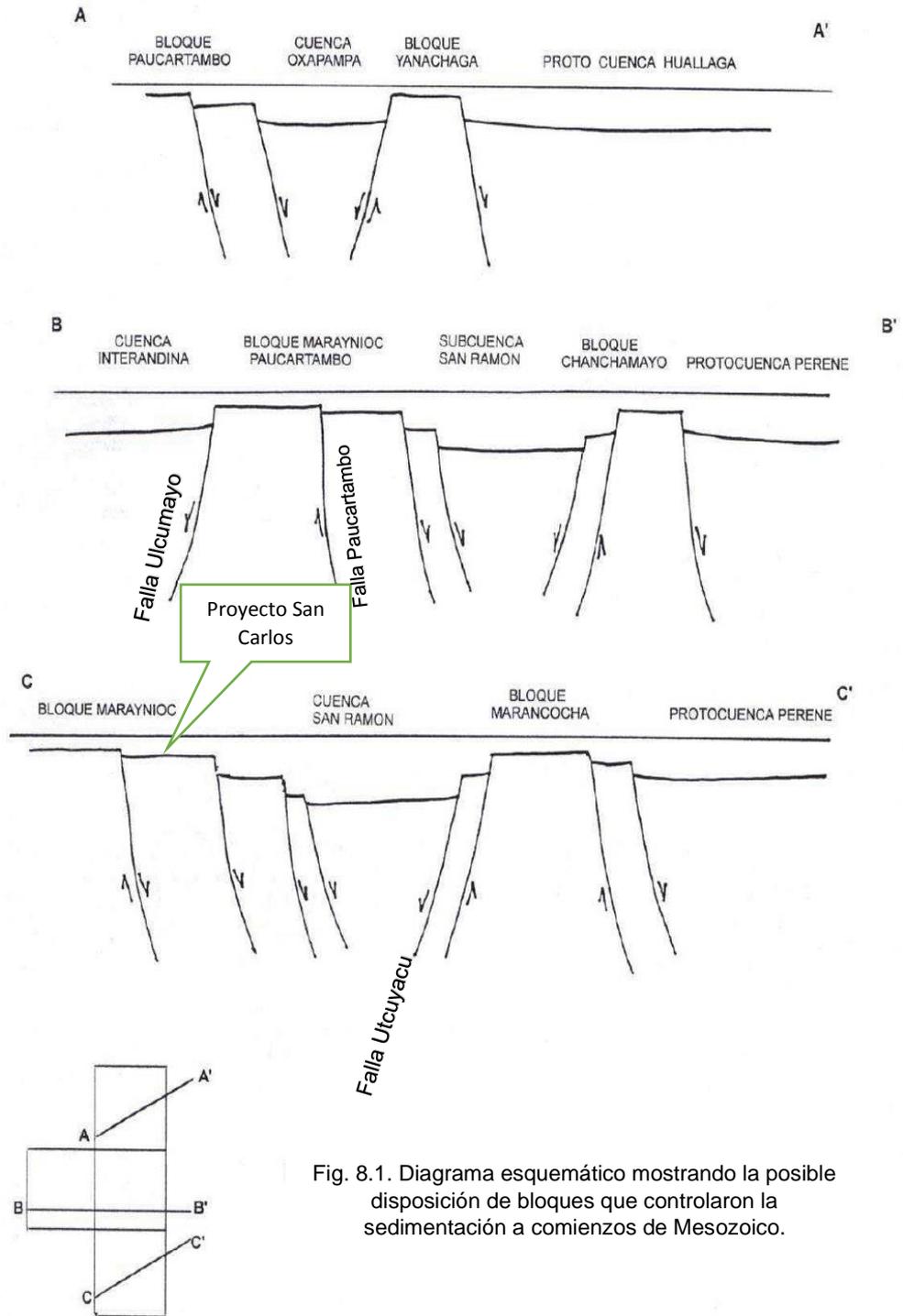


Fig. 8.1. Diagrama esquemático mostrando la posible disposición de bloques que controlaron la sedimentación a comienzos de Mesozoico.

Figura N° 2 Diagrama de Bloques

- **Falla Ulcumayo**

Se ubica siguiendo el curso del río Ulcumayo, prolongándose hacia las hojas de Tarma y Cerro de Pasco con una dirección NO-SE.

Se describe como una falla normal con desplazamiento vertical que pone en contacto al Complejo de Maraynioc (Neoproterozoico) con el Grupo Pucará (Triásico-Jurásico), relación observada en el Cerro Tactapata, próximo al caserío de Yupac Marca. En la quebrada Pitaracha se pone en evidencia por el desplazamiento que ha ocasionado al Grupo Mitu, habiéndola puesto en contacto con las calizas del Grupo Pucará.

- **Falla Utcuyacu**

Corresponde a una falla longitudinal de tipo inverso que reconoce en San José de Utcuyacu, al Oeste de Sn Vicente y en los ríos Casca, Aynamayo y Tambillo, en la vertiente Subandina.

El movimiento de la Falla Utcuyacu ha ocasionado el levantamiento de la Granodiorita Tarma y el Complejo de Maraynioc para ubicarla sobre el monoclinial que se encuentra conformado por el Grupo Mitu y las calizas del Grupo Pucara. Su inclinación es hacia el Oeste con  $\pm 30^\circ$ , evidenciada por las perforaciones realizadas por la Cía. Minera SIMSA, que reportan, a la granodiorita de Tarma (Permo-Triásico) sobre

el Grupo Pucara. Tiene una dirección promedio de N 15 O con más de 50 km de recorrido.

#### - **Falla Paucartambo**

Recorre diagonalmente la hoja de Ulcumayo con rumbo N 25° O, desplazando el bloque Paucartambo en posición subvertical, afectando a rocas graníticas. Al NO de Huachón ha ocasionado el descenso del Grupo Pucará, que se pone en contacto con el bloque metamórfico de Maraynioc. El trazo de la falla en el cuadrángulo de Paucartambo tiene una longitud superior a los 40 km.

#### - **Fallas Transversales**

Son de recorrido corto que siguen una dirección preferencial NE-SO. Se encuentran mayormente desplazando a las fallas “longitudinales” y truncando los afloramientos de la secuencia litoestratigráficas del área estudiada.

Uno de los mejores ejemplos de este tipo de fallas se observa en el valle del río Chanchamayo (San Ramón), correspondiendo a una falla dextral que ha desplazado a los conglomerados de la Formación La Merced, modificando el perfil del río Chanchamayo.

El origen de los cursos de los principales ríos como el Paucartambo, Ulcumayo, Huachón, Palca, Chanchamayo, Aynamayo y Tambillo, han tenido como control estructural a

las fallas transversales formadas durante la Tectónica Andina.

#### **2.2.1.4. Franja Metalogenético III**

**Franja de pórfidos-skarns Cu-Mo-Zn, depósitos de Au-Cu-Pb-Zn y U-Ni-Co-Cu, relacionados con intrusivos del Pérmico-Triásico** (*Ver Anexo de Plano Metalogenético del Perú*)

Esta faja se encuentra en la Cordillera Oriental del Perú Central, entre la región de Huanuco al norte y la región de Vilcabamba-Urubamba-Calca al sur. La estratigrafía está caracterizada por la presencia de rocas metamórficas del Complejo del Marañón, areniscas cuarzosas y lutitas negras del Grupo Ambo (Misisipiano), calizas y lutitas del Grupo Tarma Copacabana o Grupo Titicaca (Pensilvaniano-Pérmico inferior). Todas estas secuencias metamórficas y sedimentarias han sido cortadas por cuerpos graníticos de grano grueso emplazados en el Pérmico y el Triásico formando una franja de dirección NO-SE que corresponde al eje axial del rift permo-triásico (Dalmayrac et al., 1980; Kontak et al., 1985; Sempere et al., 2002). Por encima y en discordancia angular, se encuentran las areniscas rojas de la Formación Sarayaquillo del Jurásico, las areniscas y lutitas del Grupo Oriente y la Formación Chonta del Cretácico. Tanto en el borde oriental como en el occidental de la cordillera, al NO de la Deflexión de Abancay, afloran rocas volcano-sedimentarias del Grupo Mitu (Permo Triásico) y calizas del Grupo Pucará (Noriano-Pliensbachiano), que evidencian los bordes de

sistemas de rifts correspondientes a los periodos mencionados. En la región de Vilcabamba que es el núcleo de la Deflexión de Abancay, afloran también rocas volcano-sedimentarias del Grupo Mitu que sobreyacen en discordancia al Permo-Carbonífero (Grupos Ambos, Tarma-Copacabana), los cuales a su vez son suprayacidos por lutitas y calizas del Grupo Yuncaypata del Cretácico y areniscas rojas del Cenozoico. Las estructuras regionales que controlan esta franja metalogenética son el sistema de fallas Ayacucho-Cerro de Pasco al oeste y los sistemas de fallas San Francisco-Satipo-Pangoa y Oxapampa-San Vicente al este (ver Anexo "Mapa estructural del Peru), las que a su vez son fallas heredadas de los rifts del Mitu y Pucara, desarrolladas entre el Pérmico y el Jurásico. Adicionalmente, en la región de Vilcabamba, las fallas NE-SO de Patacancha-Tamburco y Puyentimari (ver anexo Mapa Estructural) delimitan y desplazan este dominio, además de controlar el límite de los batolitos de Machupicchu ( $246 \pm 10$  Ma, Rb/Sr en biotitas; Egeler y De Booy, 1961) y de Quillabamba ( $257 \pm 3$  Ma, U/Pb sobre zircones; Lancelot et al., 1978). Estas fallas NE-SO son interpretadas como fallas de transformación en corteza continental desarrolladas durante el proceso de rifting permo-triásico (Carlotto, 1998; 2002; Carlotto et al., 2006a).

La mineralización aurífera está representada por el depósito de Huachón, emplazado en las márgenes del batolito permo-carbonífero (309-258 Ma, Miscovikc et al., 2009) y los esquistos del complejo metamórfico del Marañón. Actualmente, la explotación aurífera se realiza de forma artesanal, en un área de 60 km<sup>2</sup>, aprovechando vetas

con potencias centimétricas que pueden alcanzar esporádicamente hasta un metro. Las leyes varían desde 10 a 15 g/t en promedio y erráticamente hasta 70 g/t de Au. El Au presenta dos fases ricas en sulfuros (Défago et al., 2006): una asociada a cuarzo lechoso con pirita y arsenopirita, y la otra con cuarzo gris, galena, esfalerita y oro nativo. Esta segunda fase tuvo lugar después del importante fracturamiento y la deformación que afectó a la primera paragénesis. Las alteraciones, aunque no muy visibles, se componen de sericitización, cloritización y carbonatación (Défago et al., 2006) y son similares a las características de las vetas de cuarzo de Patáz (Haeberlin, 2002; Haeberlin et al., 2004), pero se diferencian por ser del tipo gold intrusion related.

## **2.2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.2.1. Geología**

La geología es la ciencia de la tierra: Especialmente los procesos del interior de la tierra y las transformaciones que afectan a los minerales y las rocas en la superficie de la tierra. La geología no solamente se refiere de la actualidad - es la ciencia de la historia de la tierra; los procesos de su formación, su desarrollo, los cambios, hasta la situación actual.

La geología nació por una parte del deseo del ser humano para entender su entorno - su mundo. El otro empuje era la necesidad de mejorar su entorno: La búsqueda de recursos naturales - aquí mineralógicos, geológicos - era mucho más eficiente con un buen conocimiento de los procesos de la tierra.

En los últimos años la definición geología se extendió también a los otros cuerpos del sistema solar: La geología forma también parte de la planetología. Los planetas muestran un ambiente diferente a la tierra, pero la pauta general de los procesos interiores y exteriores es la misma o comparable.

#### **2.2.2.2. Estratigrafía**

Es una rama de las ciencias geológicas a la que concierne la descripción, organización y la clasificación de las Rocas Sedimentarias estratificadas (dispuestas naturalmente en capas o estratos).

Se ocupa del estudio de las posiciones de las rocas en el tiempo y en el espacio, así como de sus correlaciones entre lugares diferentes, utilizando métodos litológicos, biológicos, cronológicos y sedimentológicos.

##### **2.2.2.2.1. Unidad Estratigráfica**

Las rocas presentan muchas propiedades diferentes, tal y cómo su litología, contenido de fósiles, polaridad magnética, características eléctricas, respuesta sísmica, composición química o mineralógica, etc., y es posible clasificarlas de acuerdo a alguna de ellas.

Una Unidad Estratigráfica, representa un cuerpo de roca que se reconoce como una entidad distintiva, sobre la base de alguna propiedad específica de ese cuerpo de roca.

### **2.2.2.3. Hidrología**

La hidrología es una rama de las ciencias de la Tierra que estudia el agua, su ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, atmósfera y superficie terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Por otra parte, el estudio de las aguas subterráneas corresponde a la hidrogeología.

### **2.2.2.4. Geoquímica**

#### **2.2.2.4.1. Prospección Geoquímica**

El método geoquímico de exploración o prospección respectivamente es un método indirecto. La exploración geoquímica a minerales incluye cualquier método basándose en la medición sistemática de una o varias propiedades químicas de material naturalmente formado. El contenido de trazas de un elemento o de un grupo de elementos es la propiedad común, que se mide. El material naturalmente formado incluye rocas, suelos, capas de hidróxidos de Fe formadas por meteorización llamadas 'gossan', sedimentos glaciares, vegetación, sedimentos de ríos y lagos, agua y vapor. La exploración geoquímica está enfocada en el descubrimiento de distribuciones anómalas de elementos.

Se distingue los estudios geoquímicos enfocados en un reconocimiento general y los estudios geoquímicos más

detallados aplicados en un área prometedora para un depósito mineral. Además, se puede clasificarlos con base en el material analizado.

#### **2.2.2.4.2. Anomalía Geoquímica**

Una anomalía es una desviación con respecto a la norma. Una anomalía geoquímica es una variación de la distribución geoquímica normal correspondiente a un área o a un ambiente geoquímico. Una anomalía se expresa por medio de números, que se puede separar de un grupo más amplio de números constituyendo el fondo geoquímico. Para ser detectada una anomalía tiene que desviar claramente de este fondo.

En sentido estricto un depósito mineral como un fenómeno escaso y anómalo por su mismo es una anomalía geoquímica. La distribución geoquímica relacionada con la génesis o la erosión del depósito mineral también es una anomalía.

Las anomalías relacionadas con un depósito mineral, que se puede usar como guías para el depósito mineral se denominan anomalías significantes. Generalmente las anomalías tienen valores que exceden los valores del fondo. Anomalías negativas, cuyos valores son menores que aquellos del fondo, apenas sirven para la búsqueda de depósitos minerales. Desdichadamente las concentraciones altas de elementos indicadores pueden ser causadas por una mineralización no económica o por procesos geológicos o geoquímicos no

relacionados con una mineralización. El término 'anomalía no significativa' se refiere a estas anomalías no relacionadas con un depósito mineral.

Otros factores de una anomalía geoquímica de importancia son el marco topográfico y la asociación geológica.

En el caso de anomalías detectadas en suelos hay que tomar en cuenta, que estos podrían ser desplazados de su substrato mineralizado por deslizamiento del suelo (creeping en inglés). Solamente una anomalía detectada en un suelo residual en terreno plano o sobre un cuerpo verticalmente inclinado puede ubicarse directamente encima de un depósito mineral.

Anomalías hidromórficas se producen por la precipitación de material en lugares, donde el agua subterránea alcanza la superficie, por ejemplo, en un pantano (en un orificio de desague = seep o shallow hole en inglés).

#### **2.2.2.4.3. Fondo, valores normales del fondo, valor umbral**

El término 'fondo' se refiere a la abundancia normal de un elemento en los materiales terrestres no mineralizados. Considerando dos diferentes tipos de materiales terrestres la abundancia normal de un distinto elemento en un tipo de material terrestre muy probablemente difiere de su abundancia en otro tipo de material terrestre. Por ejemplo, el contenido medio en K<sub>2</sub>O de granitos es 5,46 % en peso, de basaltos es 0,82% en peso (según NOCKOLDS, 1954). La distribución de un distinto

elemento en un material terrestre apenas es uniforme. Por esto se recomienda considerar el fondo como un intervalo de valores en vez de tratarlo como un valor absoluto, incluso cuando se observa un ambiente relativamente uniforme. La naturaleza del ambiente por su mismo puede influir la distribución, puesto que bajo distintas condiciones unos elementos pueden ser enriquecidos y otros pueden ser empobrecidos. Por consiguiente, en el estudio de muestras de un área no conocida se debería determinar o por lo menos tener en cuenta el rango de los valores del fondo.

En el laboratorio las variaciones en la preparación de las muestras, en los análisis del laboratorio y en los reactivos contribuyen al fondo o al ruido del fondo respectivamente. Respecto al depósito mineral procesos, que modifican el depósito mineral como la migración irregular de fluidos, la meteorización y la erosión influyen el ruido de fondo. En el terreno efectos antropógenos, como la contaminación del ambiente forman parte del ruido de fondo. Además, la influencia de la morfología y la estructura geológica del terreno pueden contribuir al ruido de fondo.

La tabla siguiente presenta la composición media de las rocas ígneas. La figura ilustra el rango de algunos elementos de los subgrupos del sistema periódico con base en la composición media de seis tipos de rocas principales como las rocas ígneas ultramáfica, máfica y granítica, la arenisca, la caliza y la pelita.

Tabla de abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre (de ROSE et al., 1979).

Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm	Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm	PROYECTO SAN CARLOS	
						VETA VICTORIA (ppm)	VETA JUANA (ppm)
Bromo	Br	1.8	Mercurio	Hg	0.02		
Cadmio	Cd	0.1	Molibdeno	Mo	1.5		
Calcio	Ca	33000	Niobio	Nb	20		
Carbono	Cb	230	Níquel	Ni	75		
Cerio	Ce	81	Oro	Au	0.003	0.09	0.10
Cesio	Ce	3	Oxígeno	O	473000		
Zinc	Zn	2	Paladio	Pd	0.01		
Circonio	Zn	15	Plata	Ag	0.05	0.08	0.09
Cloro	Cl	130	Platino	Pt	0.0005		
Cobalto	Co	25	Plomo	Pb	10		
Cobre	Cu	50	Potasio	K	25000		
Cromo	Cr	100	Renio	Re	0.0006		
Escandio	Sc	13	Rubidio	Rb	150		
Estaño	Sn	80	Selenio	Se	0.1		
Estroncio	Sr	300	Silicio	Si	291000		
Flúor	F	600	Sodio	Na	25000		
Fosforo	P	900	Talio	Tl	0.45		
Galio	Ga	26	Tantalio	Ta	2		
Germanio	Ge	2	Telurio	Te	0.002		
Hafnio	Hf	3	Titanio	Ti	4400		
Hierro	Fe	46500	Torio	Th	10		
Indio	In	0.1	Uranio	U	2.5		
Lantano	La	25	Vanadio	v	150		
Litio	Li	30	Wolframio	W	1		
Magnesio	Mg	17000	Yodo	I	0.15		
Manganeso	Mn	1000					

Tabla N° 1 Abundancia normal de los elementos químicos

En base de la abundancia normal de los elementos en la corteza terrestre se puede calcular el factor de enriquecimiento o es decir el factor, conque se debe multiplicar la abundancia normal de un

elemento en la corteza terrestre para obtener una concentración económicamente explotable. El cutoff grade para un elemento designa la concentración mínima de la mineralización, que todavía se puede explotar económicamente. Con el cutoff grade variándose por la situación económica mundial o por otros factores variaría el factor de enriquecimiento, asimismo. La abundancia normal de algunos elementos difiere ligeramente de los valores dados en la tabla anterior por el uso de otra base de datos y por su carácter variable (intervalos, rangos).

Tabla de abundancia normal en la corteza terrestre, los cutoff grades y factores de enriquecimiento para algunos elementos

(de PETERS, 1980).

Metal	Abundancia en la corteza terrestre en %	Cutoff grade en %	Factor de enriquecimiento	PROYECTO SAN CARLOS	
				VETA VICTORIA (%)	VETA JUANA (%)
Hg	0.0000089	0.2	22500		
Pb	0.0013	4	3100		
Sn	0.00017	0.5	2900		
W	0.00011	0.2	1800		
Au	0.00000035	0.003	900	0.000009	0.00001
Mo	0.00013	0.1	800		
U	0.00017	0.1	600		
Zn	0.0094	3	300		
Cu	0.0063	0.3	50		
Ni	0.0089	0.3	35		
Fe	5.8	30	5		
Al	8.3	50	4		

Tabla N° 2 Abundancia normal en la corteza terrestre, cutoff

Aún el oro es el elemento más escaso, no lleva el factor de enriquecimiento más alto. Al mercurio pertenece el factor de enriquecimiento máximo. El hierro y el aluminio están caracterizados por los factores de enriquecimiento menores.

#### 2.2.2.4.4. Movilidad Geoquímica

La relación que tiene un elemento está sujeto a un proceso de dispersión dependiendo sobre todo de su movilidad: esto es, la facilidad con la cual el elemento se puede mover en cualquier ambiente

Cuadro de movilidad de elementos en ambientes supérgenos

(Perel, Man, 1967, modificado por Rose y otros, 1979).

Movilidad Relativa	Oxidante (pH 5-8)	Oxidante (pH < 4)	Reductor
Muy móvil (k>10)	Cl, Br, I, S, Rn, He, C, N, Mo, B, (Se, Te, Re)	Cl, Br, I, S, Rn, I, Fe, C, N, B	Cl, Br, Rn, He
Moderadamente móvil (k= 1-10)	Ca, Na, Mg, Li, F, Zn, Ag, U, V, As, (Sr, Hg, Sb)	Ca, Na, Mg, Sr, Li, F, Zn, Cd, Ni, U, V, As, Mil, P	Ca, Na, Mg, Li, Sr, Ba, Ra, F, Mn
Ligeramente móvil (k= 1-10)	K, Rb, Ba, Mil, Si, Ge, P, Rb, Cu, Ni, Co, (Cd, Be, Rn, In, W)	K, Rb, Ba, Si, Ge, Ra	K, Rb, Si, P, Fe
Inmóvil (k< 0.1)	Fe, Al, Ga, Se, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn, TR. Grupo Pt, Au, (Cr, Nb, Ta, Bi, Cs)	Fe, Al, Ga, Se, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn, Tr, Grupo Pt, Au, As, Mo, Se	Fe, Al, Ga, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn, Tr, grupo Pt, Au, Cu, Ag, Pb, Zn, Cd, Hg, Ni, Co, As, Sb, Bi, Y, V, Se, Te, Mo, In, Cr, (Nb, Ta, Cs)

Cuadro N° 1 Movilidad de elementos químicos

#### **2.2.2.4.5. Asociación de elementos**

Algunos elementos tienden a ocurrir juntos en ciertas condiciones.

Esta tendencia resulta como una manifestación de movilidad de un elemento relativo similar. La movilidad de un elemento puede variar en función de los cambios del ambiente, de modo que, existen asociaciones Geoquímicas que corresponden a un ambiente particular. Podemos distinguir:

- Elementos que muestran asociaciones características en cualquier condición geológica.
- Elementos que son característicos de rocas ígneas particulares, de rocas sedimentarias y de ciertas menas.
- Elementos que pueden viajar juntos durante los procesos ígneos y metamórficos, pero que pueden separarse durante el ciclo de meteorización.

#### **Elementos Guías Indicadores de Descubrimiento (Pathfinder)**

Estos elementos se usan como guías indicadores en la búsqueda de yacimientos metálicos cubiertos, los cuales pueden ser detectados más fácilmente que los otros elementos del yacimiento.

También es posible que los elementos Pathfinder viajen más lejos del yacimiento que los elementos principales. Los

elementos Pathfinder pueden ser los componentes principales o los componentes accesorios y que pueden ocurrir en la ganga y/o en la mena.

Tabla de Asociaciones de elementos pathfinder. Referencia:  
Geoquímica (1992) Siegel.

TIPO DE DEPOSITO	MAYOR COMPONENTE	ELEMENTOS ASOCIADOS
<b>Magmáticos</b>		
Mineralización de Cromita (Bushveld).	Cr	Ni, Fe, Mg
Capas rojas de Magnetita (Bushveld).	Fe	V, Ti, P
Inmiscibles de Cu - Ni-Sulfuros. (Sudbury).	Cu, Ni, S	Pt, Co, As, Au
Pt-Ni-Cu en Intrusión de Capas rojas (Bushveld).	Pt, Ni, Cu	Cr, Co, S
Inmiscible Fe-Ti-Oxido (Allard Lake).	Fe, Ti	P
Nb-Ta Carbonatita (Oka).	Nb, Ta	Na, Zr, P
Metales raros en pegmatitas.	Be, Li, Cs, Rb	B, U, Th tierras raras.
<b>Depósitos Hidrotermales</b>		
Cobre Porfírico (Bingham).	Cu, S	Mo, Au, Ag, Re, As, Pb, Zn, K
Molibdeno Porfírico (Climax).	Me, S	W, Sn, F, Cu
Skarn-Magnetita (Iron Springs).	Fe	Cu, Co, S
Skarn-Cu (Yerington).	Cu, Fe, S	Au, Ag
Skarn-Pb-Zn (Hannover).	Pb, Fe, S	Cu, Co
Skarn-W-Mo-Sn (Bishop).	W, Mo, Sn	F, S, Cu, Be, Bi
Base-metal en vetas.	Pb, Zn, Cu, S	Ag, Au, As, Sb, Mn
Sn-W greisens.	Sn, W	Cu, Mo, Bi, Li, Rb, Si, Cs, Re, F, B
Sn-sulfuros en vetas.	Sn, S	Cu, Pb, Zn, Ag, Sb
Co-Ni-Ag en vetas (Cobalto).	Co, Ni, Ag, S	As, Sb, Bi, U
Epitermal Metales Preciosos.	Au, Ag	Sb, As, Hg, Te, Se, S, U
Mercurio.	Hg, S	Sb, As
Uranio en vetas.	U	Mo, Pb, F
Cobre en Basaltos (Tipo lago superior).	Cu	Ag, As, S
Volcanogenético sulfuro masivo de Cu.	Cu, S	Zn, Au
Volcanogenético sulfuro masivo de Zn-Cu.	Zn, Pb, Cu, S	Ag, Ba, Au, As
Au-As rico en formación de fierro.	Au, As, S	Sb
Mississippi Valley Pb-Zn.	Zn, Pb, S	Ba, F, Cd, Cu, Ni, Co, Hg
Mississippi Valley Fluorita.	F	Ba, Pb, Zn. Se, Mo, V, Cu, Pb.
Arenisca-tipo U.	U	Se, Mo, V, Cu, Pb
Capa Roja de Cu.	Cu, S	Ag, Pb
Calcáreo U.	U	V
<b>Tipo Sedimentario</b>		
Cobre Pizarra (Kupferschiefer)	Cu, S	Ag, Zn, Pb, Co, Ni, Cd, Hg
Cobre Arenisca.	Cu, S	Ag, Co, Ni.

Tabla N° 3 Asociaciones de elementos pathfinder

#### **2.2.2.4.6. Elemento Indicador, Elemento Explorador**

Elemento indicador, indicador directo o elemento blanco ('target element') se refiere a uno de los elementos principales del depósito mineral, que se espera encontrar.

Elemento explorador o elemento pionero ('pathfinder element') se refiere a un elemento asociado con el depósito mineral, pero que puede ser detectado más fácilmente en comparación al elemento blanco, que puede ser dispersado en un área más extendida y que no está acompañado por tanto ruido de fondo en comparación al elemento blanco. La selección de un elemento explorador requiere un modelo del depósito mineral, que se espera descubrir. Arsénico (As) por ejemplo puede presentar un elemento explorador para la búsqueda de cobre (Cu) en un depósito macizo de sulfuros, pero no es un elemento explorador para cada tipo de depósito de cobre.

Proporciones de isótopos estables también pueden servir para indicar un depósito mineral, por ejemplo, Pb, S y Sr están distribuidos en zonas alrededor de algunos depósitos minerales y las variaciones en la composición de carbón y oxígeno pueden indicar la proximidad de un depósito mineral del tipo Mississippi Valley.

Cuadro de elementos indicadores y exploradores de algunos tipos de depósitos minerales. Referencia: [www.geovirtual2.cl](http://www.geovirtual2.cl)

Asociación de menas	Elemento indicador	Elemento Explorador	Elementos Químicos PROYECTO SAN CARLOS (Ver cuadro N° 12, 13 y 14)
Pórfido Cuprífero	Cu, Mo	Zn, Au, Re, Ag, As, F	
Depósitos complejos de Sulfuros	Zn, Cu, Ag, Au	Hg, As, S (en forma de SO <sub>4</sub> ), Sb, Se, Cd, Ba, F, Bi	
Vetas de metales preciosos	Au, Ag	Hg, As, S (en forma de SO <sub>4</sub> ), Sb, Se, Cd, Ba, F, Bi	Au, Ag, Hg, As, S, Sb, Se, Cd, Ba, Bi
Depósitos del tipo Skarn	Mo, Zn, Cu	As, Sb, Te, Mn, Hg, I, F, Bi, Co, Se, Tl	
Uranio en areniscas	U	Se, Mo, V, Rn, He, Cu, Pb	
Uranio en veta	U	Cu, Bi, As, Co, Mo, Ni, Pb, F	
Cuerpos ultramáficos de oro	Pt, Cr, Ni	Cu, Co, Pd	
Vetas de Fluorita	F	Y, Zn, Rb, Hg, Ba	

*Cuadro N° 2 Elementos indicadores y exploradores*

### 2.2.2.5. Geofísica

La geofísica es la ciencia que estudia la Tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina principalmente experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la

medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos. En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad, magnetismo terrestre, mareas, terremotos, tsunamis, etc.) y en otros son inducidos por el hombre (campos eléctricos y fenómenos sísmicos).

*Referencia de datos utilizados para plano:*

[https://topex.ucsd.edu/marine\\_topo/](https://topex.ucsd.edu/marine_topo/)

### 2.2.2.5.1. Prospección Gravimétrica

La gravimetría es un método muy importante en la búsqueda de depósitos minerales. Este método aproveche las diferencias de la gravedad en distintos sectores. La gravitación es la aceleración ( $m/s^2$ ) de un objeto que está cayendo a la superficie. La gravitación normal (promedia) en la tierra es  $9,80665 m/s^2$ . Grandes cuerpos mineralizados pueden aumentar la gravitación en una región determinada porque rocas de mayor densidad aumentan la aceleración.



Figura N° 3 Ejemplo de Prospección Gravimétrica

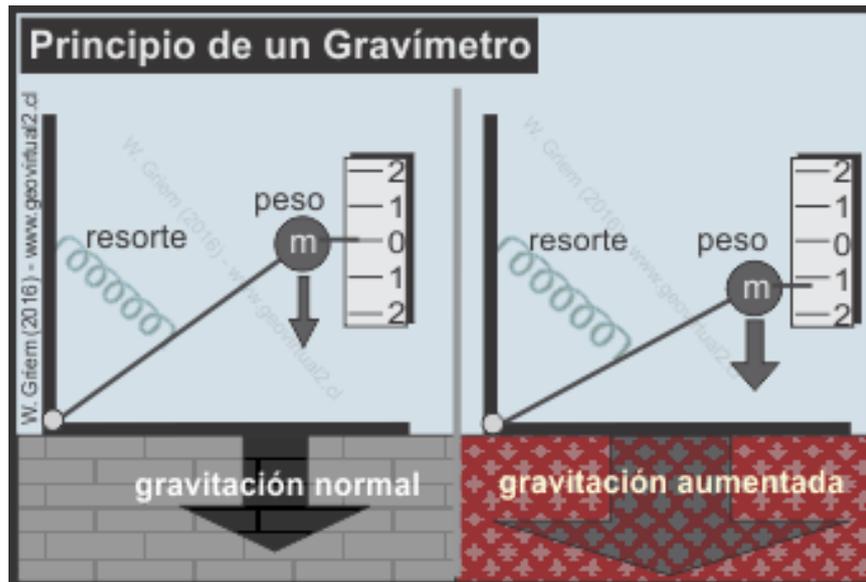


Figura N° 4 Principio Gravimétrico

El gravímetro es un equipo que puede medir diferencias muy finas en la gravedad. Principalmente cada balanza es un "gravímetro" porque una balanza mide el peso de un objeto. Peso significa la potencia que aplica la aceleración a un objeto:

El objeto quiere bajar. La manzana en la mano tiene un peso porque quiere caer hacia al piso, solo la fuerza del brazo y de la mano no lo permite. El peso de la manzana que siente la persona realmente es la atracción de la manzana hacia la tierra.

Arriba de un sector con mayor gravedad la balanza marca a un valor elevado, porque el objeto sufre una mayor fuerza para caerse al suelo. El equipo de un gravímetro es entonces una balanza muy sensible con un peso definido ( $m = \text{masa}$ ) que sufre las diferencias de la gravedad.

El método gravimétrico hace uso de campos de potencial natural igual al método magnético y a algunos métodos eléctricos. El campo de potencial natural observado se compone de los contribuyentes de las formaciones geológicas, que construyen la corteza terrestre hasta cierta profundidad determinada por el alcance del método gravimétrico (o magnético respectivamente). Generalmente no se puede distinguir las contribuciones a este campo proveniente de una formación o una estructura geológica de aquellas de las otras formaciones o estructuras geológicas por el método gravimétrico, solo en casos especiales se puede lograr una separación de los efectos causados por una formación o estructura geológica individual. Se realiza mediciones relativas o es decir se mide las variaciones laterales de la atracción gravitatoria de un lugar al otro puesto que en estas mediciones se pueden lograr una precisión satisfactoria más fácilmente en comparación con las mediciones del campo gravitatorio absoluto. Los datos reducidos apropiadamente entregan las variaciones en la gravedad, que solo dependen de variaciones laterales en la densidad del material ubicado en la vecindad de la estación de observación.

#### **2.2.2.5.1.1. Principio**

Si cualquier cuerpo inicialmente estando en reposo cae sin ser estorbado después un segundo tendrá una velocidad de 9,80m/s en la dirección vertical. Después de un segundo más su velocidad será: 9,80m/s +

$9,80\text{m/s} = 19,60\text{m/s}$ . El aumento de la velocidad vertical de  $9,80\text{m/s}$  de un cuerpo cayendo sin ser estorbado durante cada segundo se denomina aceleración de gravedad o sólo gravedad y se la expresa como  $9,80\text{m/s}^2$ . El primero término por segundo indica la velocidad medida como distancia pasada durante un segundo, el otro por segundo indica la variación de la velocidad de  $9,80\text{m/s}$ , que corresponde a un intervalo de  $1\text{s}$ . La aceleración de la gravedad  $g$  se debe a la aceleración gravitatoria, que la tierra ejerce en cada cuerpo, menos la fuerza centrífuga causada por la rotación de la tierra y dirigida en dirección perpendicular al eje de rotación de la tierra y hacia afuera. La fuerza total, que actúa en el cuerpo, es igual al producto de su masa  $m$  y de la aceleración de gravedad  $g$ . Por consiguiente, la atracción gravitatoria en cualquier lugar de la superficie terrestre tiene numéricamente el mismo valor como la fuerza gravitatoria ejercida a una masa unitaria en el mismo lugar.

La unidad de la aceleración  $a$  es  $1\text{cm/s}^2 = 1 \text{ Gal}$  (nombrado según Galileo) y  $0,001\text{cm/s}^2 = 1\text{mgal} = 10\text{gu}$  (unidades de gravedad).

#### **2.2.2.5.1.2. Anomalías de gravedad**

Una anomalía de gravedad se define como la variación de los valores medidos de la gravedad con respecto a la gravedad normal después de haber aplicado las correcciones necesarias.

La anomalía de aire libre resulta de las correcciones de la influencia de las mareas, de la derive del instrumento de medición, de la latitud y de la altura.

La anomalía de Bouguer se obtiene aplicando todas las correcciones mencionadas.

#### **2.2.2.5.1.3. Correcciones de los datos (reducciones)**

En lo siguiente se introduce las reducciones comúnmente aplicadas a los datos gravimétricos tomados en terreno. Un valor reducido es igual al valor observado de la gravedad menos el valor previsto de la gravedad basándose en el modelo terrestre elegido. En consecuencia, una anomalía es la diferencia entre lo observado y lo previsto de acuerdo con el modelo terrestre aplicado.

##### **a. Calibración**

- b. Reducción para la deriva del gravímetro
- c. Reducción de la influencia de las mareas
- d. Corrección para la latitud
- e. Corrección para la altura
- f. Corrección topográfica
- g. Corrección por la losa de Bouguer

#### **2.2.2.6. Petrología**

Petrología se refiere al estudio científico de las rocas y las condiciones que influyen en su formación. La petrología es una rama de la geología que se centra en el análisis químico en diversos campos, como la petrografía y la mineralogía. Al incorporar varios principios de geofísica y geoquímica, los petrólogos modernos pueden establecer los orígenes de las rocas y sus características químicas. Hay tres ramas principales de petrología resultantes de los principales tipos de rocas: sedimentarias, ígneas y metamórficas.

##### **2.2.2.6.1. Rocas Metamórficas**

Las rocas metamórficas (del griego meta, cambio, y morphe, forma, “cambio de forma”) resultan de la transformación de rocas preexistentes que han sufrido ajustes estructurales y mineralógicos bajo ciertas condiciones físicas o químicas, o una combinación de ambas, como son la temperatura, la presión y/o la actividad química de los fluidos agentes del metamorfismo

Estos ajustes, impuestos comúnmente bajo la superficie, transforman la roca original sin que pierda su estado sólido generando una roca metamórfica. La roca generada depende de la composición y textura de la roca original, de los agentes del metamorfismo, así como del tiempo en que la roca original estuvo sometida a los efectos del llamado proceso metamórfico. Por la naturaleza de su origen puede haber una gradación completa entre las rocas metamórficas y las ígneas o sedimentarias de las que se formaron. El estudio de estas rocas provee información muy valiosa acerca de procesos geológicos que ocurrieron dentro de la Tierra y sobre su variación a través del tiempo.

Para clasificar una roca metamórfica se debe conocer el tipo de metamorfismo que intervino, el cual puede ser variable ya que depende de los criterios que se tomen como base para diferenciarlo: puede clasificarse desde el punto de vista de la extensión, el ajuste y la causa, valor geológico, aumento o disminución de temperatura, etc., pero es muy usual definir tres principales tipos de metamorfismo según el agente metamórfico predominante: Regional, de Contacto y Dinámico.

#### **2.2.2.6.1.1. Tipos de metamorfismo**

##### **a. Metamorfismo Regional**

La mayoría de las rocas metamórficas son resultado de este fenómeno, el cual ocurre en áreas muy

grandes que están sometidas a temperaturas, presiones y deformaciones extremas dentro de las porciones más profundas de la corteza; esto hace que sean más visibles a lo largo de las placas tectónicas (Tectónica de Placas), principalmente en la placa convergente donde las rocas se deforman intensamente y se cristalizan durante la convergencia y la subducción, sin embargo, también ocurren en áreas donde las placas divergen. En las rocas de este tipo suele existir una gradación de la intensidad metamórfica según el grado de presión y/o la temperatura a que fueron sometidas, reconocidas por los minerales índice que se hallan presentes.

#### **b. Metamorfismo de Contacto**

Se presenta cuando el calor y los fluidos magmáticos actúan para producir el cambio, es decir, cuando un magma altera la roca circundante debido a la temperatura, causando alteración térmica. La emisión de fluidos calientes en la roca original, lo cual se puede dar debido a una intrusión, contribuye en la formación de nuevos minerales; además, otros factores importantes son la temperatura inicial, el

tamaño de la intrusión, así como el contenido del fluido del magma y/o de la roca original. Las temperaturas pueden alcanzar los 900°C en las partes adyacentes a una intrusión, disminuyendo gradualmente con la distancia, por lo que los efectos de tal calor y las reacciones químicas resultantes suelen tener lugar en zonas concéntricas conocidas como aureolas de contacto.

### **c. Metamorfismo Dinámico**

Se origina debido a la presión o al esfuerzo cortante dirigido que generalmente es orogénico, por lo que este metamorfismo se asocia en mayor medida con las zonas de falla en las cuales, las rocas están sometidas a grandes presiones diferenciales. Se caracterizan por ser rocas duras, densas, de grano fino, por presentar delgadas laminaciones y por limitarse a estrechas zonas adyacentes a las fallas.

#### **2.2.2.6.1.2. Zonas, grados y facies metamórficas**

Las condiciones de temperatura y presión que rigen al metamorfismo están sujetas a variaciones al aumentar la profundidad debajo de la superficie de la tierra.

El término de zonas define a la profundidad alcanzada durante el metamorfismo y se distinguen tres principales: la zona superior o epizona –esfuerzo cortante intenso y baja temperatura general–, la zona intermedia o mesozona –temperatura considerable y presión pronunciada dirigida–, y la zona inferior o catazona –elevadas temperaturas y presiones.

El grado de metamorfismo cualifica las condiciones relativas del metamorfismo generalmente en términos de temperatura y puede ser subdividido en: muy bajo (entre 100 y 200-250 °C), bajo (entre 200-250 y 400-450 °C), medio (entre 400-450 y 600-650 °C) y alto (más de 600-650 °C).

El concepto de facies metamórficas es un elemento fundamental de la Petrología Metamórfica. Este concepto reemplazó la noción de zonas de profundidad cuando se hizo obvio que las condiciones de temperatura (o grado metamórfico) alcanzadas durante el metamorfismo, no están necesariamente relacionadas con la profundidad a la que ocurre dicho proceso dentro de la tierra. El concepto de facies fue definido por Eskola (1915) y hace referencia a un grupo de rocas metamórficas de cualquier composición que han sido transformadas dentro de ciertos límites amplios de temperatura y presión.

### **2.2.2.6.1.3. Clasificación**

Hay muchos modos de clasificar convenientemente las rocas metamórficas, por ejemplo, se pueden agrupar en amplios tipos litológicos; otros criterios están basados en la textura (donde intervienen las condiciones de presión y temperatura) y la mineralogía, clases químicas, grado de metamorfismo o en el concepto de facies metamórficas. Un método sencillo y práctico consiste en tomar en cuenta el tipo de metamorfismo que originó a las rocas y dividir las en dos grupos principales según su textura, esto es en foliada y no foliada. A esta ordenación, además, se le puede añadir un tercer grupo de textura: la cataclástica.

Cuadro de Clasificación de Rocas Metamórficas

Comunes. Referencia: Mexicano SG. Museo Virtual

CLASIFICACIÓN DE ROCAS METAMÓRFICAS COMUNES					
TEXTURA	ROCA METAMÓRFICA	TIPO DE MET.	GRADO MET.	ROCA ORIGINAL	PROYECTO
FOLIADA	Argilita	Regional	Bajo	Piedras arcillosas	
	Pizarra	Regional	Bajo	Limonita, arcilla, ceniza volcánica, otras.	
	Filita	Regional	Bajo a medio	Limonita	
	Esquisto	Regional	Bajo a alto	Limonita, carbonatos, rocas ígneas máficas.	SAN CARLOS (Ver cuadro N° 15)
	Gneis	Regional o Dinámico	Alto	Limonita, areniscas, ígneas félsicas.	SAN CARLOS (Ver foto N° 22)
	Anfibolita	Regional	Medio a alto	Ígneas máficas	
	Granulita	Regional	Alto	Ígneas félsicas y arcosas	
	Charnokita	Regional	Alto	Ígnea félsica	
	Eclogita	Regional	Alto	Ígnea máfica	
	Migmatita	Regional con magmatismo	Alto	Ígneas félsicas mezcladas con sedimentarias.	
NO FOLIADA	Mármol	Contacto o Regional	Bajo a alto	Caliza o Dolomía	
	Cuarcita	Contacto o Regional	Medio a alto	Arenisca de cuarzo	
	Roca Verde		Bajo a alto		
	Corneana (hornfels)	Contacto	Bajo a medio	Limonita, ígneas, tobas	
	Skarn	Contacto	Alto	Caliza o Dolomía	
	Antracita		Alto	Carbón mineral	
CATACLÁSTICA	Milonita	Dinámico		Casi cualquier clase de roca	
	Cataclasita	Dinámico		Casi cualquier clase de roca	

Cuadro N° 3 Clasificación de Rocas Metamórficas Comunes

#### **2.2.2.6.1.4. Texturas de las Rocas Metamórficas**

##### **a. Textura granoblástica**

Mosaico equi-o inequigranular de cristales equidimensionales o de cristales inequidimensionales con orientación al azar. *Ver Cuadro N° 15 y Foto N° 21*

##### **b. Textura lepidoblástica**

Se trata de una textura anisótropa. La orientación preferente de minerales viene dada por la disposición subparalela de minerales planares (normalmente filosilicatos). *Ver Foto N° 22*

##### **c. Textura nematoblástica**

Se trata de una textura anisótropa. La orientación preferente de minerales viene dada por la disposición subparalela de minerales prismáticos (normalmente filosilicatos)

##### **d. Textura porfidoblástica**

Puede ser tanto una textura isótropa como anisótropa. Está formada por cristales relativamente grandes, que han crecido durante el metamorfismo, inmersos en una matriz de tamaño de grano más fino. *Ver Foto N° 20*

**e. Otras texturas compuestas**

- Textura granoporfidoblastica
- Textura lepidoporfidoblástica
- Textura granolepidoporfidoblástica
- Textura granolepidoblástica
- Textura granonematoblástica
- Textura granolepidonematoblástica

**2.2.2.6.1.5. Clasificación de las rocas de metamorfismo regional (según su protolito)**

ROCA ORIGINAL	METAMORFISMO OROGENICO		REGIONAL PROFUNDO
	Bajo Grado	Grado Medio	Alto Grado
Arenisca de Cuarzo	Metacuarcita	Esquisto de cuarzo	Cuarcita
Grawvaca	Metagrawvaca	Esquisto	Gneiss-granulita
Conglomerado	Metaconglomerado	Esquisto	Gneiss-granulita
Caliza pura	Caliza recristalizada	Mármol	Mármol
Caliza sucia	Filita Calcárea	Gneiss calcosilicatado	Granulita
Pelita	Filita	Esquisto	Gneiss-granito
Roca Acida	Metagranito	Gneiss	Gneiss-granulita
Roca Basica	Greenchist	Anfibolita	Eclogita- chanockita

PROYECTO  
SAN CARLOS

*Cuadro N° 4 Clasificación de rocas metamórficas*

#### 2.2.2.6.1.6. Rocas metamórficas comunes

A partir de los criterios de tipo y grado de metamorfismo, texturas, estructuras y fábricas, y composición de la roca original, se pueden clasificar las rocas metamórficas. Las más comunes son las que siguen.

- **Pizarra y filita:** Rocas pelíticas de grano muy fino a fino. Está compuestas esencialmente de filosilicatos (micas blancas, clorita,) y cuarzo (si es muy abundante puede denominarse entonces cuarzofilita); los feldespatos (albita y feldespato potásico) también suelen estar presentes. Este tipo de roca presentan foliación por orientación preferente de los minerales planares (filosilicatos), y son fácilmente fisibles.
- **Esquisto:** Roca pelítica de grano medio a grueso y con foliación marcada (en este caso de denomina esquistosidad). Los granos minerales pueden distinguirse a simple vista (en contra de las filitas y pizarras). Los componentes más abundantes son moscovitas, biotita, plagioclasas sódicas, clorita, granates, polimorfos del silicato de aluminio (andalucita, silimanita, distena), etc. A veces pueden tener altas concentraciones de grafito, por lo que toman un color oscuro (al igual que las pizarras y filitas).

- **Gneis:** Rocas cuarzofeldespática de grano grueso a medio, con foliación menos marcada que en los esquistos debido a la menor proporción de filosilicatos (esencialmente moscovita y/o biotita). Para definir una roca como gneis debe contener más de un 20 % de feldespatos. Su origen es diverso, pudiendo derivar tanto de rocas ígneas (ortogneisses) como sedimentarias (paragneisses); algunos gneisses se producen en condiciones de alto grado por fusión parcial de esquistos u otros gneises, denominándose gneises migmatíticos.
- **Anfibolita:** Rocas compuestas esencialmente por anfíboles (en general hornblenda) y plagioclasa de composición variable. La esquistosidad no suele estar muy desarrollada, aunque los prismas de anfíbol suelen estar orientados linealmente (lo cual genera lineación). Proceden en su mayoría de rocas ígneas básicas (ortoanfibolitas) y margas (paraanfibolita).
- **Mármol:** Roca de grano fino a grueso compuesta esencialmente por carbonatos (calcita y/o dolomita) metamórficos. Normalmente, los mármoles no presentan foliación, debido a la ausencia o escasez de minerales planares. Su

estructura es variada, aunque abundan la masiva y bandeada, y su textura es típicamente granoblástica. Su color es muy variado, desde blanco, gris, rosa a verde. Resultan de la recristalización de rocas calizas de cualquier tipo, por lo que no pueden observarse los componentes originales como bioclastos, oolitos, etc. Los mármoles no deben confundirse con calizas esparíticas sedimentarias, que sí presentan los componentes originales, aunque más o menos modificados por los procesos diagenéticos. De hecho, gran parte de las rocas que comercialmente se conocen con el nombre de mármol, son rocas carbonatadas sedimentarias.

- **Cuarcita:** Roca de grano medio a fino, constituida esencialmente por cuarzo (más del 80 %) y algo de micas y/o feldespatos. Las cuarcitas derivan de rocas sedimentarias detríticas ricas en cuarzo (areniscas cuarcíticas) con las que no deben confundirse. Son rocas masivas o bandeadas, sin foliación marcada y textura granoblástica deformada o no.
- **Corneana:** Roca no esquistosa desarrollada por metamorfismo de contacto sobre rocas

originariamente pelíticas. La composición mineral es muy similar a la de los esquistos, aunque presentan algunas diferencias mineralógicas, como cordierita y andalucita. La textura es granoblástica, la estructura generalmente masiva y la fábrica no orientada. Cuando una roca metamórfica es de contacto suele ser adjetivada con el término “corneánico/a”, independientemente que su composición sea o no pelítica (e.g., mármoles corneánicos).

- **Serpentinita:** Roca compuesta esencialmente por minerales del grupo de la serpentina (antigorita, crisotilo, lizardita...), con proporciones variadas de clorita, talco, y carbonatos (calcita, magnesita). Son rocas generalmente masivas, aunque pueden presentar cierto bandeo composicional. Proceden de rocas ultrabásicas, constituidas esencialmente por olivino y piroxenos, hidratadas durante el proceso metamórfico. Estas rocas son conocidas comercialmente como mármoles verdes, aunque en sentido estricto no son mármoles.

#### **2.2.2.6.2. Rocas Ígneas**

Las rocas ígneas se forman por consolidación de un magma. La cristalización de los magmas da origen a una gran variedad de minerales, que se asocian para dar origen a las diversas rocas ígneas, que a su vez pueden contener una cierta variedad de concentraciones de determinados minerales de interés económico. Esta variedad está en relación con la variedad de procesos implicados en la génesis y evolución de los magmas desde su formación en niveles más o menos profundos del planeta hasta su cristalización en proximidad de la superficie.

##### **2.2.2.6.2.1. Cuerpos Intrusivos o Plutónicos**

El término plutón es el nombre genérico para los cuerpos intrusivos y las rocas que los envuelven, se denominan rocas de caja. El tamaño y forma de los plutones es generalmente especulativo, porque la erosión expone sólo una pequeña parte del cuerpo, aunque se ha logrado considerable información de cuerpos profundamente erosionados, mediante observaciones de campo, estudios geofísicos y trabajos mineros. Estos han permitido, según su forma específica, agrupar a los cuerpos plutónicos en laminares y globosos (Llambías 2008). En las clasificaciones también se tienen en cuenta las

relaciones con la roca de campo, ya sea que corten a la estructura, o que se adapten a ella se los llama discordantes o concordantes, respectivamente.

Entre los cuerpos laminares, se incluyen: lacolitos, facolitos y lopolitos

**Lacolitos:** son cuerpos concordantes con un piso plano y un techo arqueado. Las rocas que los constituyen son viscosas (silícicas) lo que limitan el flujo magmático a lo largo de la superficie horizontal y son suficientemente someros como para que puedan levantar las rocas del techo.

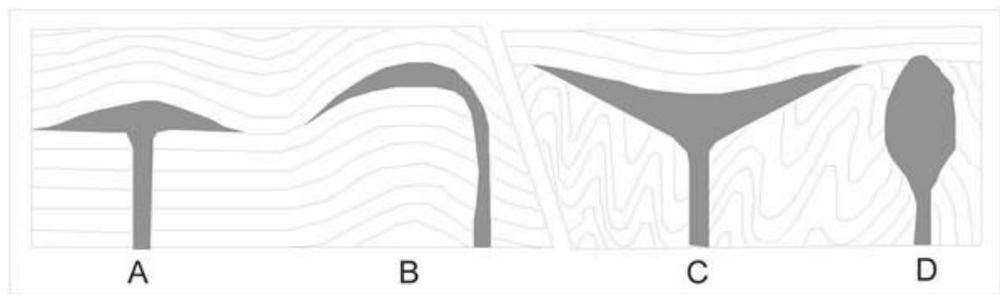
**Lopolitos:** son cuerpos concordantes intruidos en una cuenca estructural. Son de gran extensión, con forma de “plato” y característicamente están formados por rocas básicas de baja viscosidad.

**Facolitos:** son cuerpos de pequeñas dimensiones que se ubican en las charnelas de los pliegues y se adelgazan paulatinamente en los flancos hasta desaparecer. Los tamaños varían desde pocos centímetros a algunos kilómetros. Los ejemplos más característicos se observan en las rocas metamórficas inyectadas.

Los cuerpos laminares se caracterizan por tener una relación longitud/espesor  $>1$  y sus lados son superficies

con tendencias planas y subparalelas. Poseen alta relación superficie/ volumen, que permite la pérdida rápida del calor y por ende su enfriamiento. Esto permite la formación de texturas características para las rocas de estos cuerpos. Entre los cuerpos laminares, vamos a tratar: diques, diques anulares, diques cónicos, filones capa y chimeneas volcánicas.

A: Lacolito, B: Facolito, C: Lopolito D: Stock



*Figura N° 5 Cuerpos Intrusivos*

#### **2.2.2.6.2.2. Cuerpos Globosos**

Los cuerpos globosos, tienden a desarrollar formas groseramente equidimensionales, poseen en general baja relación superficie/volumen, por lo que la irradiación de calor tiende a ser baja, permitiendo un enfriamiento lento y de larga duración. Entre los cuerpos globosos vamos a tratar: plutones, stocks y batolitos.

**Plutones:** este término fue usado por Pitcher (1993) para cualquier cuerpo grande, no tabular, y restringe el

término batolito para agrupación de múltiples plutones que se desarrollan en zonas orogénicas.

**Stocks:** son plutones con forma cilíndrica, que ocupan un área de menos de 100 km<sup>2</sup>. Estos conductos plutónicos cilíndricos en Europa son denominados plugs. Y la parte expuesta de un plug, después de la erosión del material volcánico superior se denomina neck-volcánico

**Batolitos:** son cuerpos plutónicos con superficies de exposición superiores a 100 km<sup>2</sup>. Cuando la parte superior de un batolito comienza a ser erosionado, aparecen afloramientos restringidos de granito, separados entre sí por roca de caja, que se denominan cúpulas, cuando las evidencias geofísicas o el mapeo sugieren que un gran intrusivo se encuentra por debajo. Los batolitos constituyen los mayores cuerpos intrusivos y su composición corresponde a rocas silíceas. Los batolitos se forman por la actividad magmática relativamente continua en espacio y tiempo, con pulsos de variada magnitud que se suceden en forma intermitente, por lo que no constituyen un tipo de intrusión. El desarrollo de los batolitos está estrechamente ligado a los procesos geológicos regionales de tectónica de placas, ya sean procesos de subducción o de distensión.

### **2.2.2.6.2.3. Texturas generales en rocas ígneas.**

**Textura afanítica (a= no; phaner =visible):** Por definición, los cristales que constituyen las rocas afaníticas son demasiado pequeños para que los minerales individuales se distingan a simple vista. La identificación del mineral no es posible, en este caso la determinación puede realizarse mediante el análisis microscópico o con ayuda del color. Sin embargo, los principales criterios son la textura y la composición mineralógica.

**Textura Fanerítica (de grano grueso):** Estas rocas de grano grueso consisten en una masa de cristales intercrecidos que son aproximadamente del mismo tamaño y lo suficientemente grandes como para que los minerales individuales puedan identificarse utilizando una lupa. Dado que las rocas faneríticas se forman en el interior de la corteza terrestre, su afloramiento en la superficie de la tierra solo ocurre después de que la erosión elimina el recubrimiento de rocas que una vez rodearon las cámaras magmáticas.

**Textura porfídica:** Dado que los diferentes minerales cristalizan a temperaturas diferentes (así como a velocidades diferentes) es posible que algunos cristales se hagan bastante grandes mientras que otros estén

empezando a formarse. Si el magma que contiene algunos cristales grandes cambia de condiciones (por ejemplo, saliendo a la superficie) la porción líquida restante de la lava se enfriará relativamente rápido. Se dice que la roca resultante, que tiene grandes cristales incrustados en una matriz de cristales más pequeños, tiene una textura porfídica. Los grandes cristales que hay en una roca de este tipo se denominan fenocristales (pheno=mostrar; cristal=cristal), mientras que la matriz de cristales más pequeños se denomina matriz o pasta. Una roca con una textura de este tipo se conoce como pórfido.

Los diferentes criterios texturales presentes en diferentes clases de rocas ígneas, desde plutónicas hasta volcánicas, con respectivos ejemplos de tipo de roca y nomenclatura para la muestra observada.



Figura N° 6 Los diferentes criterios texturales

#### **2.2.2.6.2.4. Minerales en rocas ígneas:**

**Minerales esenciales:** Son los más importantes en volumen, y sirven para la clasificación de la roca. Ejemplos de ellos están: cuarzo, feldespatos, feldespatoides, micas, piroxenos, anfíboles y olivino.

**Minerales accesorios:** Son los que están en menor cantidad, su presencia no es constante y no clasifican la roca, por ejemplo: magnetita, apatito, titanita, zircón, rutilo, etc.

**Minerales secundarios:** Son aquellos minerales producto de la alteración de los minerales primarios, por transformaciones posteriores a la cristalización del magma. Dentro de ellos están: arcillas, clorita, epidota, serpentina, sericita, etc.

#### **2.2.2.6.2.5. Diagrama de STRECKEISEN**

La nomenclatura siguiente se funda en las reglas de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas. Dichas reglas se presentan en el triángulo doble de Streckeisen y otros diagramas.

En el caso de las plutonitas y diques completamente cristalinos la clasificación se basa en el contenido mineral modal. El contenido mineral modal significa la participación cuantitativa de los minerales en

porcentajes de volumen global de la roca en cuestión y se puede determinar cuantitativamente.

El diagrama "STRECKEISEN" o "QAPF" es actualmente el diagrama más "oficial" en la denominación de las rocas ígneas. El diagrama permite en una manera bastante fácil la denominación de rocas plutónicas y volcánicas. Solamente el contenido modal de 4 minerales en una muestra (y la textura) definen al final el nombre de la roca. Existen solamente pocas excepciones: Nombres como "ignimbrita" o piedra pómez no tienen su origen en este diagrama. Además, todas las rocas con un contenido menor de 10 % en Q-A-P-F, significa sí la suma del contenido modal en cuarzo + feldespato alcalino + plagioclasa + feldespatoides no alcanza 10 %) se tratan en un otro diagrama, el diagrama de los ultrabásicos.

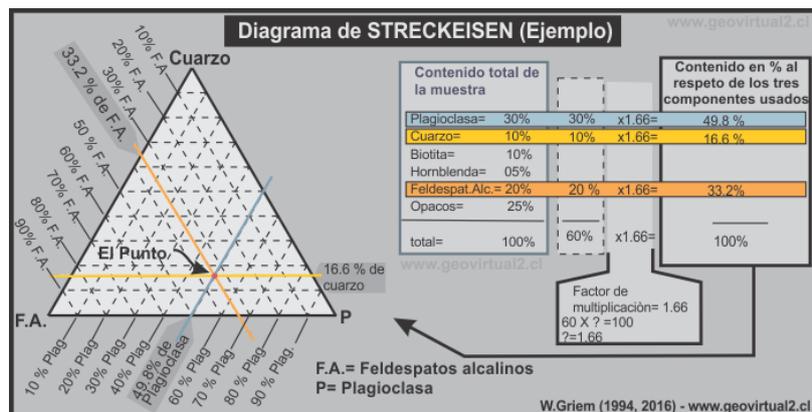


Figura N° 7 Ejemplo del cálculo de Streckeisen

### 2.2.2.7. Geología Económica

El objetivo principal, posiblemente el origen de la geología era la búsqueda y la definición de recursos mineralógicos. La historia de la humanidad siempre estaba asociada al uso de minerales y rocas. En el comienzo la sal, cuarzo, jaspe o chert para hacer puntas de flechas, después el cobre, el oro hasta más tarde el hierro. Actualmente la minería - la búsqueda (prospección), la extracción (explotación) forma gran parte de la actividad económica de la humanidad. Especialmente los recursos naturales como petróleo, gas natural, carbón, hierro, cobre, pero no hay que olvidar el agua, la arena y las gravas que forman parte de nuestra vida in forma directa o "escondida" es decir adentro de productos más elaborados. Algunos sectores de la corteza terrestre se caracterizan por un cierto enriquecimiento en elementos químicos, minerales o sustancias en general. Estos sectores o anomalías pueden tener un interés económico. El valor del sector, realmente la factibilidad de explotar un yacimiento depende de muchos factores: geología del sector, precio del producto, costos de purificación, geografía, clima, infraestructura, política del país, confianza política hasta factores netamente económicos como tasa de interés, crecimiento industrial etc.

Metales	No-Metálicos		
oro, cobre, hierro, aluminio	Uso General la sal, baritina, diamante, áridos, diatomita, liparita ...	Energético hulla, lignito, antracita, turba, petróleo, gas natural, metanos ...	Hídricos agua subterránea, aguas industriales, agua termal, agua mineral ...

*Cuadro N° 5 Clasificación de Recursos*

#### **2.2.2.7.1. Fluidos Hidrotermales**

Son soluciones acuosas calientes de origen natural que migran por los espacios abiertos de las rocas del interior de la corteza a T° variable entre 50-600 °C.

Soluciones acuosas de T° variable entre 50°-600°C, que migra, lixivia, transporta, y precipita su carga de metales; como una respuesta de cambios físico – químicos del medio por donde circulan.

#### **2.2.2.7.2. Fluidos Mineralizantes**

Son soluciones hidrotermales capaces de formar depósitos minerales.

#### **2.2.2.7.3. Mineralización**

Termino general que se refiere a proceso por el cual se producen concentraciones de minerales de mena.

#### **Minerales Primarios:**

Minerales producidos por procesos internos de la tierra.

#### **Minerales secundarios:**

Minerales formados por meteorización de depósitos minerales pre minería, muchos minerales secundarios formados desde minerales meteorizados, pueden jugar un importante rol en el control de la movilidad del metal desde los lugares de la mina.

### **2.2.2.8. Alteraciones Hidrotermales**

El termino alteración hidrotermal se refiere a los efectos que un fluido hidrotermal imparte sobre una roca por donde circulan ellos. Es un proceso muy complejo debido a la interacción entre fluidos hidrotermales y las rocas a través de los cuales ellos pasa. También se entiende como un proceso de metasomatismo que involucra un cambio de la composición de un mineral o roca original en una nueva roca estable bajo nuevas condiciones termodinámicas (adición o remoción de material)

La alteración de una roca significa un cambio en la mineralogía de esta.

Los minerales originales son reemplazados por nuevos minerales debido a un cambio en las condiciones de T, P, composición química.

#### **2.2.2.8.1. Tipos de alteración hidrotermal**

El conjunto de minerales de alteración formados por la acción de las soluciones hidrotermales en un determinado rango de T°, composición, pH y Eh se denomina alteración tipo. En el siguiente cuadro se muestran las características de las principales alteraciones tipo.

Alteración tipo		Minerales característicos	T (°C)	pH	Eh	PROYECTO
Hipógena (Hidrotermal)	Skarn	Wollastonita, granates, olivino, piroxenos, anfíboles, escapolita, cuarzo v magnetita	>350	Neutro a alcalino	Variable	
	Potásica	Feldespatos potásico, biotita, sericita, anhidrita, calcita, ankerita, clorita, actinolita, magnetita, hematita, siderita	300-500	Neutro a alcalino	Variable	
	Greisen	Muscovita, feldespatos, cuarzo: topacio, turmalina, fluorita	>250	Neutro a alcalino	Variable	
	Propilitica	Clorita, carbonatos, epidota. Actinolita, albita, caolinita, sericita, pirita, arsenopirita y menos frecuentemente zeolitas y montmorillonita	200-350	Neutro a alcalino	Variable	<b>SAN CARLOS</b>
	Sub Propilitica	Clorita-esmectita, carbonatos, illita esmectita, zeolitas	< 250	Neutro a alcalino	Variable	
	Filica	Sericita, cuarzo, pirita, dickita, pirofilita.	250-400	Ácido (5-6)	Variable	
	Argílica	Caolinita, dickita, halloysita, montmorillonita, illita-esmectita, sílice	150-300	Ácido (3-5)	Neutro a oxidante	<b>SAN CARLOS</b>
	Argilica avanzada	Sílice, cuarzo, alunita, kaolinita, dickita, diáspora.	Variable	Ácido (1-4)	Neutro a oxidante	
	Silicificación	Cuarzo, calcedonia, jaspe, ópalo	Variable	Ácido	Variable	
Supérgena	Oxidación	Hematita, limonitas, jarosita, malaquita, azurita, crisocola	< 150	Ácido a neutro	Oxidante	
	Enriquecimiento Supergeno	Calcosita, covelita, digenita.	100-250	Variable	Oxidante	

Cuadro N° 6 Tipos de alteración

### 2.3. Definición de Términos básicos

**Afanítica.** - Textura de las rocas constituidas por minerales o partículas muy finas, sólo pueden ser discriminadas al microscopio. Esta textura es característica de las rocas volcánicas.

**Anomalía.** - Cualquier tipo de irregularidad de los materiales que se encuentran en la superficie terrestre que hace denotar la presencia de un material extraño. Ejm. la anomalía radioactiva indica la presencia de minerales radioactivos, las anomalías gravimétricas señalan la presencia en el subsuelo de un material pesado, la anomalía geoquímica señala la presencia de determinados elementos (cobre, oro, molibdeno, etc.), anomalía geofísica, anomalía gravimétrica.

**Anticlinorium.** - Se denomina a una serie plegada de anticlinales y sinclinales, cuyo plegamiento mayor es un gran anticlinal.

**Aluvial.** - Término usado para referirse a todo tipo de proceso o material relacionado con los procesos fluviales. Ejm. depósito aluvial, terraza aluvial, cono aluvial, etc.

**Alteración.** - Proceso de modificación de los minerales y rocas por acción de los agentes de erosión: agua, viento, hielo, sol, etc. Sinónimo: Intemperismo, meteorización.

**Anomalía geoquímica.** - Signo o señal de un patrón geoquímico mayor, mostrado por la presencia de elementos de interés en cantidades muy pequeñas (anomalía).

**Blasto.** - Cualquier cristal que se ha formado en un ambiente metamórfico por crecimiento en estado sólido, independientemente de su tamaño.

**Brújula.** - Instrumento que sirve para medir el rumbo y azimut y el buzamiento de las estructuras geológicas.

**Buzamiento.** - (dip), término usado para indicar el ángulo de inclinación de las rocas estratificadas o de estructuras geológicas.

**Cartografía.** - Es la ciencia y arte que se ocupa de la representación gráfica de la superficie terrestre. El producto final de la cartografía son los mapas o cartas.

El geólogo debe tener conocimiento del interés que tiene la cartografía, pues es en los mapas donde se representa todos los aspectos y condiciones geológicas de las regiones. Para una mejor interpretación y uso de los mapas el geólogo debe saber: 1. Las principales proyecciones cartográficas, 2. Las fases de preparación de los mapas desde el levantamiento de los datos en el terreno hasta la impresión, 3. Lectura e interpretación de los mapas de acuerdo a su interés, y 4. Lectura e interpretación de fotos aéreas y de imágenes de satélites.

La elaboración de un mapa es el producto del trabajo de muchas personas especializadas, pues intervienen las más variadas ciencias de acuerdo a la finalidad del mapa.

El avance científico y tecnológico en el campo de la computación, aerofotografías e imágenes de satélite ha hecho que la cartografía haga uso de estas técnicas contribuyendo a su desarrollo tecnológico.

**Cizallamiento.** - Es el proceso de fracturamiento de las rocas debido a los esfuerzos tectónicos.

**Coluvial.** - Material fragmentario transportado y acumulado por acción de la gravedad, generalmente se ubica en los taludes de los cerros, son heterogéneos, tanto en la forma como en el tamaño. Muchas veces es difícil separar los materiales coluviales de los aluviones, como de los residuales, porque casi siempre la acumulación es mezclada.

**Cut-off.** - Término en minería y geología para señalar los límites económicos de las leyes de los minerales o contenidos metálicos en una explotación minera marginal, de acuerdo con los sistemas de explotación.

**Deformación.** - Modificación que sufre una roca o material por acción de una o más esfuerzos.

**Desplazamiento.** - Es la distancia recorrida por un bloque rocoso a través de un plano de movimiento.

**Esfuerzo.** - fuerza aplicada sobre un área y/o superficie que tiende a cero.

**Exfoliación.** - Propiedad de las rocas de separarse en forma de láminas, cuando se refiere a minerales es sinónimo de clivaje.

**Falla.** - Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a esta o de ambos bloques, a través de un plano denominado "plano de falla".

**Foliación.** - Propiedad de las rocas metamórficas de presentarse dando la apariencia de hojas, láminas o lamelas. Ejm. las filitas, los micaesquistos, etc.

**Fluvioglacial (depósito).** - Materiales acumulados debido al trabajo realizado en forma combinada por el proceso fluvial y el proceso glaciar; los materiales conformantes de estos depósitos son heterogéneos en cuanto a la forma y al tamaño, mayormente con bloques redondeados de dimensiones diversas,

cementados por materiales finos (arenas, limos y arcillas) dando lugar a los conglomerados.

**Fluvial (proceso).** - Son todos los fenómenos geológicos que se realizan por acción de las aguas de escorrentía. Todo proceso geológico fluvial se desarrolla en tres etapas que son: Erosión, transporte y sedimentación. El desarrollo del proceso fluvial se realiza siguiendo los principios enumerados por Davis que dice "el proceso fluvial se inicia en la base y va evolucionando hacia la cabecera". Durante esta evolución se producen los siguientes fenómenos: Profundización del cauce, ensanchamiento del cauce y alargamiento.

La erosión fluvial se realiza teniendo en cuenta los siguientes factores: 1.- Carga fluvial: que es la cantidad de agua que circula a través del valle o cauce fluvial, considerando los elementos (fragmentos rocosos) que transporta 2.- La velocidad de la carga fluvial 3.- La pendiente del terreno 4.- La resistencia a la erosión de las rocas o materiales constituyentes del cauce y 5.- El fracturamiento del material. Se debe tener en cuenta que el perfil del valle sigue la forma de una V. Los principales procesos erosivos fluviales son: arranque del material, corrosión, corrasión y atrición.

**Genesis.** - Origen, fuente principio. Conjunto de causas y efectos que conducen a un resultado. Ej. Litogénesis, paragénesis, orogénesis.

**Gosan.** - Alteración de los minerales de los filones o vetas, generalmente oxidación dando coloración oscura y alineado señalando la presencia de una veta. Sinónimo: Sombrero de hierro.

**Granulometría.** - Tecnología que se encarga de dictar normas correspondientes para determinar las dimensiones y las formas de los fragmentos de los materiales detríticos.

**Matriz.** - Mosaico de cristales de pequeñas dimensiones en las rocas metamórficas con textura porfidoblástica. Esta matriz puede, a su vez, poseer una textura granoblástica, lepidoblástica, nematoblástica o una combinación de ellas.

**Megacrystal.** - Término no genético muy útil para referirse a granos relativamente grandes, de cualquier forma, inmersos en una matriz de grano más fino.

**Meta.** - Prefijo que cuando es usado con el nombre de una roca sedimentaria o ígnea indica que ésta ha sido metamorfizada. ejm. metavolcánico, metaarenisca, metabasalto, etc.

**Metamorfita.** - Roca metamórfica.

**Microclina.** - Variedad de feldespato ortosa,  $K(AlSi_3O_8)$ . Cristaliza en el sistema rómbico o triclinico, presenta generalmente la macla de Carlsbad, también las maclas de Manebach, Baveno y polisintética, de color blanco, rojo, amarillo, verde (variedad amazonita).

**Mineral.** - Sustancia inorgánica u orgánica de propiedades físicas y químicas definidas, que permiten su diferenciación y reconocimiento.

**Muestra.** - Pedazo de roca o mineral, de un tamaño y peso adecuado que pueda servir de elemento del cual se pueda obtener toda la información necesaria para realizar un estudio propuesto.

**Plutonismo.** - Conjunto de procesos geológicos endógenos que se relacionan con la solidificación y ascenso del magma, así como de la fusión de las rocas pre-existentes por acción de la temperatura y presión reinantes en las profundidades intratelúricas. El plutonismo da lugar a la formación de batolitos, stocks, etc.

**Pelítica.** - Textura fina, referida esencialmente a las rocas argiláceas.

**Poiquiloblasto.** - Cristal que contiene numerosas inclusiones de otros minerales.

**Porfidoclasto.** - Término que se usa para describir, en las tectonitas (cataclasitas y milonitas), los cristales no metamórficos de mayores dimensiones que conservan todavía un tamaño similar al original.

**Porfidoblasto.** - Cristal de tamaño relativamente grande que ha crecido en estado sólido en un ambiente metamórfico.

**Porfirítica.** - Textura, sinónimo de pórfido o porfiroide.

**Prospección.** - Es la investigación de una determinada región, a través de los trabajos geológicos, mineros, geoquímicos, con el objeto de determinar la existencia de concentraciones de minerales de interés comercial o petrolífero.

La prospección puede llamarse prospección geológica, prospección geofísica, prospección geoquímica, de acuerdo a la orientación del estudio.

**Rumbo.** - Dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica, con respecto al norte o al sur.

**Suelo.** - Cobertura superficial de la corteza terrestre producto de la alteración de los minerales de las rocas pre-existentes. La formación del suelo implica la meteorización química de los minerales primarios dando lugar a nuevos minerales.

**Textura.** - tamaño, forma y disposición de los minerales componentes de las rocas.

**Metamorfogénico.**- Minerales o rocas formadas por procesos metamórficos.

**Morrena o Morena.** - Depósito glacial heterogéneo en cuanto a forma y tamaño de los fragmentos, generalmente son de aristas redondeadas por el poco transporte sufrido. De acuerdo a su lugar de deposición se clasifican en: Morrenas de fondo, laterales, centrales, terminales e interlobulares.

**Target.** - Referencia a un objetivo, una meta o un blanco.

**Till.** - Arcilla de origen glacial.

**Tillita.** - Sedimento de origen glacial consolidado y diagenizado, producto de la consolidación del till. Está constituido de arcillas, cantos angulosos y algunos redondeados y estriados. La tillita no es estratificada, pero algunas veces presenta estratificación. Las tillitas se han formado en varios períodos geológicos en los cuales hubo glaciación intensa. Ejm. durante el Pérmico en USA, Canadá y América del Sur y durante el intermedio Precámbrico-Cámbrico denominado Lipaliano.

**Veta o filón.** - Estructura paralelepípeda, generalmente mineralizada, presenta una potencia, un largo y una profundidad. Las vetas mineralizadas constituyen yacimientos de rendimiento económico. Las vetas son generalmente el producto

del relleno de fracturas o fallas por procesos hidrotermales. Se clasifican en: monometálicas, bimetálicas y polimetálicas.

**Xenomorfo.** - Xeno = Extraño, raro, Morfo = Forma.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Con el estudio geológico se localizará target.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- Según las características geológicas la clasificación del Deposito seria "Deposito Orogénico". Los minerales presentes serán Au, Ag, Si, Fe, Mo, Pb, Zn
- Las condiciones Geológicas, estructurales, tipo de roca, actuaron de manera importante en la clasificación del tipo de Deposito.

## **2.5. Identificación de Variables**

### **2.5.1. Variable Independiente**

- Características geológicas puntuales del proyecto como alteración, mineralización, geoquímica y comportamiento estructural.

### **2.5.2. Variable Dependiente**

- Geología local del área de estudio
- Asociación mineralógica Qz, Py, Mo, Zn, Pb

### 2.5.3. Variable Interviniente

- Planos Geológicos y Secciones Geológicas.
- Softwares geológicos, ArcGis, Oasis Montaj,

### 2.6. Definición Operacional de Variables e indicadores

VARIABLES	INDICADORES: OPERACIONALIZACION
Geología local	<p><b>Recopilación de información:</b> Imágenes satelitales, boletines del cuadrángulo.</p> <p><b>Toma de datos de campo:</b> Estructuras mineralizadas, litología, alteraciones.</p> <p><b>Personal disponible:</b> Apoyo en la toma de datos de campo.</p> <p><b>Materiales para campo:</b> Brújula de geólogo, Picota, Escalímetro, Planos.</p>
Asociación Mineralógica	<p><b>Presupuesto disponible:</b> Para el envío del análisis geoquímico de las muestras obtenidas de campo.</p>
Software geológico	<p><b>Presupuesto disponible:</b> Para adquirir softwares que apoyen en el procesamiento de datos.</p> <p><b>Laptop disponible:</b> para la realización de planos, secciones, anomalías e informes.</p>

Tabla N° 4 Tabla de Variables e indicadores

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El proyecto a desarrollar es de carácter cuantitativo y está basado en tres tipos: exploratorio, descriptivo y explicativo.

#### **3.2. Métodos de Investigación**

Se realiza un enfoque Cualitativo, Cuantitativo, Describiendo y Explicando las características geológicas de la zona de estudio, mediante la toma de datos y análisis interpretativos.

El presente proyecto de investigación se desarrolló de acuerdo a las siguientes etapas:

##### **3.2.1. Recopilación y Revisión Bibliográfica**

En esta etapa se buscó información bibliográfica de trabajos anteriores encontrando estudios realizados por el Ingemmet de manera regional como el boletín y planos Geológicos.

Obtención de las imágenes satelitales (Sas Planet, Google Earth, Alaska Satellite Facility), con las que se llevó a cabo la fotointerpretación geológica.

Se obtuvieron las imágenes del Satélite ALOS PALSAR, para la generación de la topografía, y los datos geofísicos de gravimetría se descargaron de Satellite Geodesy.

### **3.2.2. Trabajo de Campo**

Se hicieron recorridos en el área de estudio, reconociendo los afloramientos, el relieve, la composición litológica, la geología estructural, la mineralogía, entre otros puntos de consideración.

Después de ello se procedió con el cartografiado geológico (vetas, litología, fallas, etc.), sobre un plano a escala 1:2000, con el método de Wincha y Brújula, para el posicionamiento se localizó geográficamente con el GPS y corrección con imágenes satelitales.

El proceso de trabajo consistió en identificar las vetas, la mineralización, la unidad geológica afectada por la veta, las fallas geológicas, registrando los datos de rumbo y buzamiento de estructuras, con la regla de la mano derecha; potencia de las vetas, características y su longitud en afloramiento,

También se realizó el muestreo sistemático de vetas (Victoria y Juana), optando el método de canales, cada muestra extraída, embolsado y etiquetado para su respectivo análisis en el laboratorio respectivo, para dicho proceso se utilizaron herramientas manuales que mejoraron el rendimiento del muestreo.

En todo proceso realizado se tomaron fotografías. (*Ver anexo de fotos*)

### **3.2.3. Trabajo de Gabinete**

Los datos obtenidos en campo, las observaciones geológicas de campo, fueron la base para poder realizar el trabajo de Gabinete. Los datos de

coordenadas, estructuras, y otros datos se almacenaron en el software Microsoft Excel.

Los mapeos geológicos realizados se escanearon, georreferenciaron y digitalizaron en el software ArcGis 10.5., procediendo a la elaboración del plano geológico Master, la elaboración del plano de Muestreo, elaboración de secciones geológicas sistemáticas en el Software Target for ArcGis.

La topografía se generó del Satélite Alos Palsar (DEM), en el software ArcGis 10.5 y se obtuvo el plano topográfico.

Los planos Geofísicos y las vistas en 3D se obtuvieron con el procesamiento de datos en el Software Oasis Montaj 8.4.

#### **3.2.4. Redacción del informe final**

Con los trabajos realizados en las etapas anteriores, el procesamiento de datos, se elaboró el borrador de tesis que se redacta en su etapa preliminar como informe final, del presente trabajo de investigación.

### **3.3. Diseño de la Investigación**

**Exploratorio:** Se tomaron datos litoestratigráficas, estructurales, mineralógicos, y muestreos en campo, obteniéndose información y se plasmó en un plano geológico.

**Descriptiva:** Descripción a detalle de los datos geológicos de campo, los rasgos litoestratigráficas, mineralógicos.

**Explicativa:** Se plasmo en un plano geológico los datos de campo, con la interpretación de secciones geológicas, procesamiento de resultados de muestreo, para determinar la caracterización del depósito y el interés económico.

#### **3.4. Población y Muestra**

La población en el estudio son los afloramientos, Veta Victoria, Juana y las 24 muestras tomadas estratégicamente.

#### **3.5. Técnicas e instrumentación de Recolección de Datos**

Reconocimiento del área de trabajo, Mapeo geológico (estructuras mineralizadas, litológico), con brújula (Brunton) y Wincha, para el posicionamiento geográfico se utilizó GPS e imágenes Satelitales. Durante el muestreo se optó por el método de Canales, utilizando un generador eléctrico, una amoladora, comba, cincel, bolsa de muestreo y etiquetas.

#### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se realizó el procesamiento de datos geológicos correlacionando con secciones geológicas sistemáticas.

Se diseñó planos de Topografía, Geofísica (Gravimetría), Geológico y Muestreo; con el apoyo del software Microsoft Excel, AutoCAD 2015, ArcGis 10.5, Tarjet For ArcGis, Oasis Montaj 8.4.

### 3.7. Tratamiento Estadístico

Se mando analizar las muestras tomadas de vetas en el laboratorio FA INGENIEROS S.A.C., para su respectivo análisis.

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

Según la opinión de expertos se realizó la siguiente tabla, por lo cual se concluye que los instrumentos se encuentran en nivel de validez Muy Bueno.

El criterio de confiabilidad del instrumento, en el presente trabajo de investigación se determina por el coeficiente de Alfa Cronbach, desarrollado por J.L. Cronbach, por lo cual se concluye que los instrumentos están en el grado de Fuerte Confiabilidad.

<b>Selección de Instrumentos</b>	<b>Validación</b>	<b>Confiabilidad</b>
Boletín 78	85	0.89
Brújula de geólogo	95	0.85
FA INGENIEROS S.A.C.	92	0.90
ArcGis 10.5	95	0.85
Oasis Montaj	95	0.88

*Tabla N° 5 Instrumentos de Investigación*

<b>Tabla de Valores de los niveles de validez</b>	
<b>Valores</b>	<b>Niveles de Validez</b>
91-100	Excelente
81-90	Muy Bueno
71-80	Deficiente
61-70	Regular
51-60	Deficiente

*Tabla N° 6 Valores de los niveles de validez*

Fuente: Cabanillas, G (2004:76)

<b>Criterio de Confiabilidad de Valores</b>	
-1 a 0	No es confiable
0.01 a 0.49	Baja confiabilidad
0.5 a 0.75	Moderada Confiabilidad
0.76 a 0.89	Fuerte Confiabilidad
0.9 a 1	Alta Confiabilidad

*Tabla N° 7 Criterio de Confiabilidad de valores*

Fuente: Alfa Cronbach

### **3.9. Orientación ética**

Con el estudio de investigación realizada no se dañó al medio Ambiente, los datos obtenidos de campo, no se usaron para otros fines, los datos plasmados e interpretados son el resultado de un arduo trabajo y desempeño

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción del Trabajo de Campo

##### 4.1.1. Ubicación y Extensión del área de estudio

El proyecto San Carlos se encuentra Localizado en la comunidad Campesina San Carlos Maraynioc-Chilpes, en el Distrito de Palca, Provincia de Tarma, Departamento de Junín, en la Cordillera Oriental, a una altitud de 3900 m.s.n.m.

*Ver Anexo de Planos (Plano N° 01)*

##### 4.1.2. Accesibilidad

El acceso al Proyecto San Carlos se indica de la siguiente manera (*Ver Anexo de Planos, Plano N° 01*):

TRAMOS	MOVILIDAD	DISTANCIA (Km)	ESTADO	TIEMPO (Horas)
Lima-Palca	Camioneta	238	Asfaltada	8.0
Palca-Maraynioc	Camioneta	36	Trocha Carrozable	2.0
Lima-Jauja	Avión	178	Aérea	0.50
Jauja-Palca	Camioneta	83	Asfaltada	2.0

*Cuadro N° 7 Accesibilidad del proyecto*

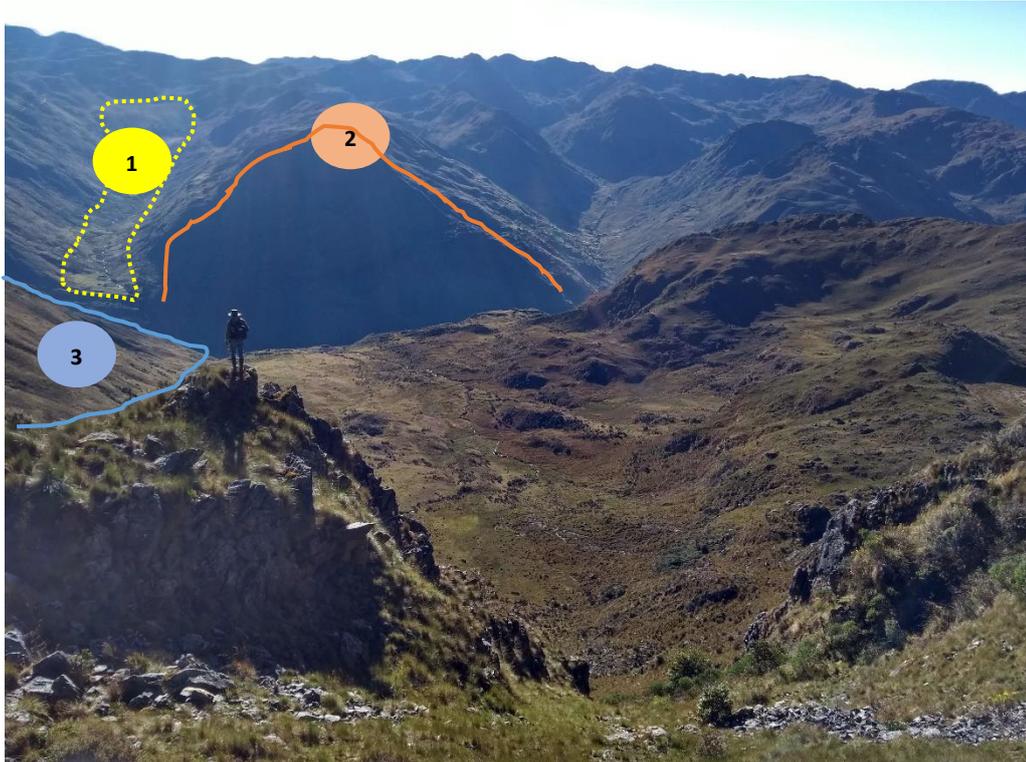
### **4.1.3. Topografía y Fisiografía**

Ubicado en la cordillera oriental de relieve irregular y abrupta, variando bruscamente con elevaciones fuertes, las quebradas y riachuelos alargados poco profundos, rodeados por cumbres, la altitud varía entre los 3500 m.s.n.m. a 4300 m.s.n.m.

La cordillera Oriental se extiende de NW a SE, atravesando los departamentos de Amazonas, Loreto, San Martín, Huánuco, Ucayali, Pasco, Junín, Cusco, Madre de Dios y Puno.

En el área de estudio se han identificado diversas geoformas cuyo modelado es el resultado de la acción dinámica de diversos agentes y fenómenos que han actuado sobre el medio físico, expresados por la interacción de factores tectónicos, orogénicos, litológicos y procesos erosivos y deposicionales, estos últimos de gran actividad actual y que han dado origen a la mayor parte de geoformas: Montañas altas, ladera de montaña alta, fondo de valle intermontañoso y valle colgado.

En la *Foto N° 1* se observa el paisaje de la cordillera oriental: 1. Fondo de Valle Intermontañoso. 2. Montaña Alta. 3. Ladera de montaña Alta.



*Foto N° 1 Paisaje de la cordillera Oriental.*

#### **4.1.4. Flora y Fauna**

La variación del clima, y el relieve en la zona de estudio hacen que exista poca variedad de especies vegetales. El Ichu (paja) predomina en las faldas y cerros, pastos naturales en las zonas bajas, arbustos como el Tauri, Chilca, y otros árboles en las zonas bajas de alta humedad.

La fauna: animales Salvajes y domésticos tales como la vizcacha, venado, zorro, puma, picaflor, aves silvestres, ganado vacuno y ovino.

#### **4.1.5. Hidrografía**

En la zona de estudio se encuentran lagunas de poca dimensión, manantiales permanentes, manantiales efímeros, formando riachuelos de

poco caudal, que desembocan directamente el Rio Maraynioc y Rio Culuchaca, estas desembocan en el Rio Tulumayo, que más adelante forman parte del Rio Chanchamayo, y al final forma parte de la Vertiente Amazónica.

#### **4.1.6. Clima y Meteorología**

En la zona de estudio se identifican variaciones climáticas demarcadas durante la época Invierno que dura de noviembre a abril con fuertes precipitaciones y niebla densa y época de verano que perdura los meses de mayo a octubre con sol radiante durante los días, con fuertes heladas durante la noche y madrugada.

El paso de nubes de la Selva Central hace que de manera esporádica ocurra precipitaciones pluviales durante el verano.

Durante la época de invierno las precipitaciones son constantes, en los meses de febrero, marzo y abril se dan las precipitaciones más altas incrementando considerablemente el caudal de los ríos, riachuelos y manantiales.

Las formaciones geológicas existentes no tienen buena porosidad y no están interconectados. El agua que discurre por ella no llega infiltrarse hasta llegar a la zona saturada, por ello el agua de esta se evapora y vuelve a la atmosfera en forma de vapor y la otra parte que es más importante lo consumen las plantas.

Las temperaturas son muy variantes llegando a los niveles por debajo de 0 °C.

#### **4.1.7. Geomorfología Local**

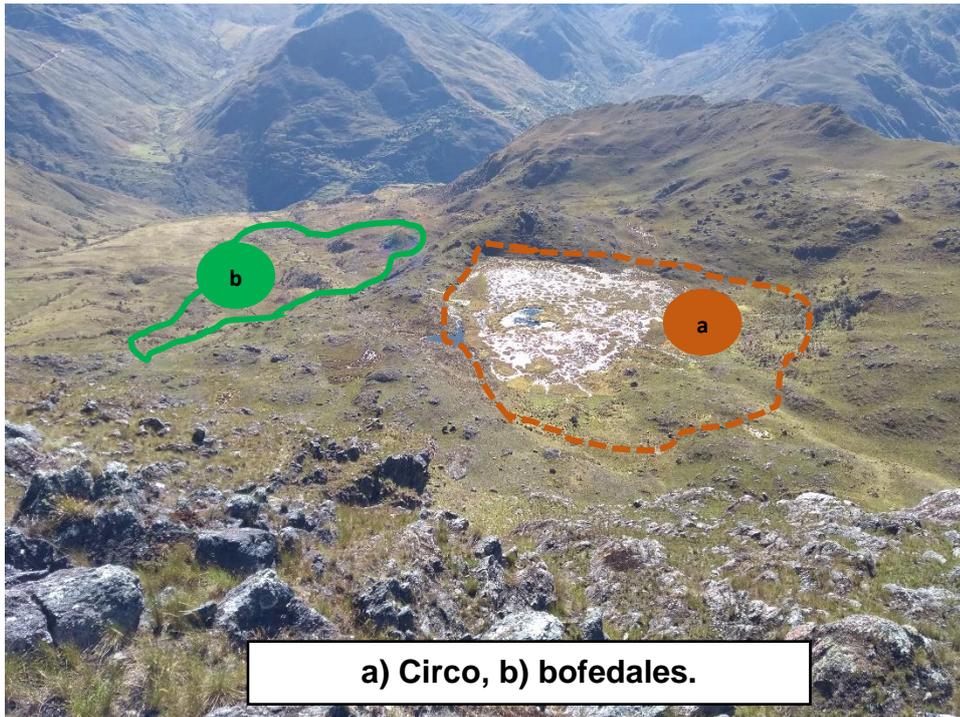
En la zona de estudio se tiene las diferentes formas que adopto la superficie terrestre durante el tiempo geológico; modelado por los procesos geológicos externos e internos. Dando lugar a Valles, Montañas, Lomadas, Bofedales, Laderas, Planicies, Lagunas, Rios, Manantiales, Depresiones, etc.

##### **4.1.7.1. Procesos Geomorfológicos**

Los procesos endógenos actúan desde el interior de la corteza terrestre, el cual va desplazando el material; puntualmente estos procesos son por: tectonismo y vulcanismo, estos son originados por el movimiento de las placas de Nazca y la Placa Continental Sudamericana. En el área de estudio se identifican las formas modeladas como: montañas, laderas, valles.

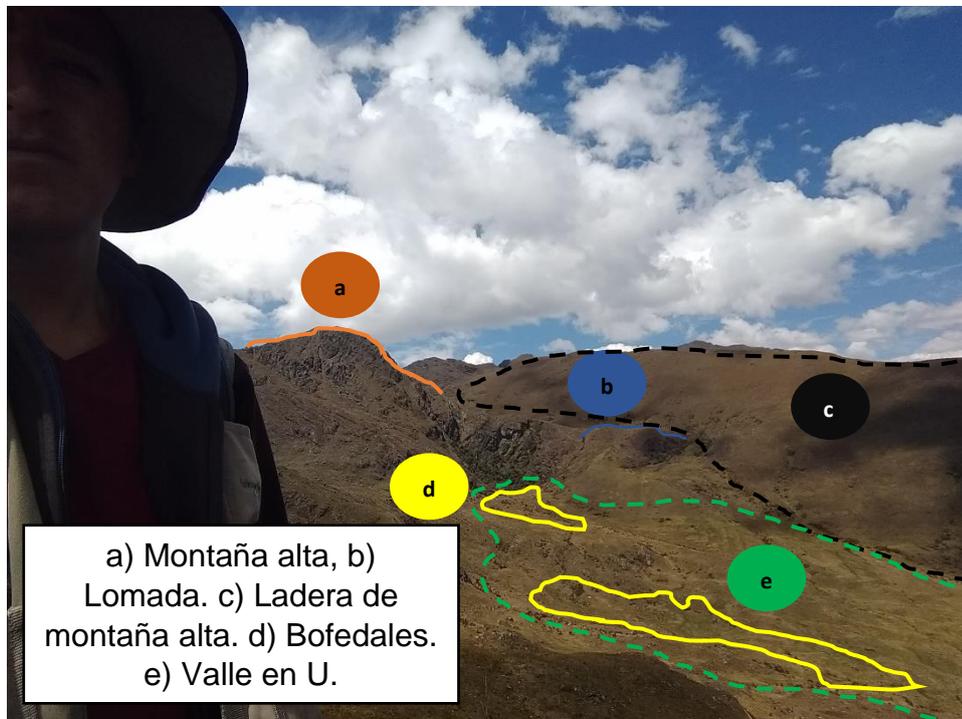
Los procesos exógenos se vienen desarrollando a lo largo del tiempo geológico, por procesos de meteorización, erosión y transporte, con la ayuda de los agentes modeladores del hielo, agua superficial, viento, organismos y acción antrópica. Estos dieron el ultimo modelamiento de la superficie, este proceso seguirá actuando y modelando la superficie.

El área de estudio se identificaron las siguientes formas modeladas: Caminos de Herradura, Ríos, Valles en U, Valles Colgados, Circo, Bofedales, Montañas, Fondo de Valle Intermontañosos, laderas, escarpas.



**a) Circo, b) bofedales.**

*Foto N° 2 Geoforma 1*



a) Montaña alta, b)  
Lomada. c) Ladera de  
montaña alta. d) Bofedales.  
e) Valle en U.

*Foto N° 3 Geoforma 2*

#### **4.1.8. Geología Local**

En la zona de estudio se ha reconocido las rocas metamórficas del complejo metamórfico Maraynioc, que forma parte del complejo metamórfico Huaytapallana, representan la edad del Pre-ordovicianas (PAREDES, J. (1972) Y MEGARD, F. (1973).

La litología predominante está conformada por Esquistos y Gneis, de textura Granoblástica, Porfidoblástica y Nematoblástica. La presencia de rocas volcánicas en forma de diques, cuerpos pequeños (Andesita) y depósitos Cuaternarios.

##### **4.1.8.1. Complejo de Maraynioc**

Son las rocas más antiguas que afloran dentro de la zona de estudio, caracterizada por la composición de Esquistos y Gneis.

Según el *Cuadro N° 15* el INGEMMET, lo describe como Esquisto de Cuarzo. Según mi percepción lo Describo como Esquisto y Gneis (*Ver Foto N° 20, 21, 22 y 23*).

El complejo metamórfico se extiende con dirección NW-SE, limitando hacia el Este con Rocas Intrusivas pertenecientes a la Granodiorita de Tarma y hacia el Oeste con el Gripo Mitú, Tonalita granodiorita Sucllamachay

Mapa geológico regional mostrando los macizos metamórficos de la Cordillera Oriental decentro del Perú. a) Granitoides b) Facies epizonales c) Facies mesozonales y catazonales d) Rocas ultramáficas (Tapo y sur de Huaytapallana). Fuente: Mégard (1979).

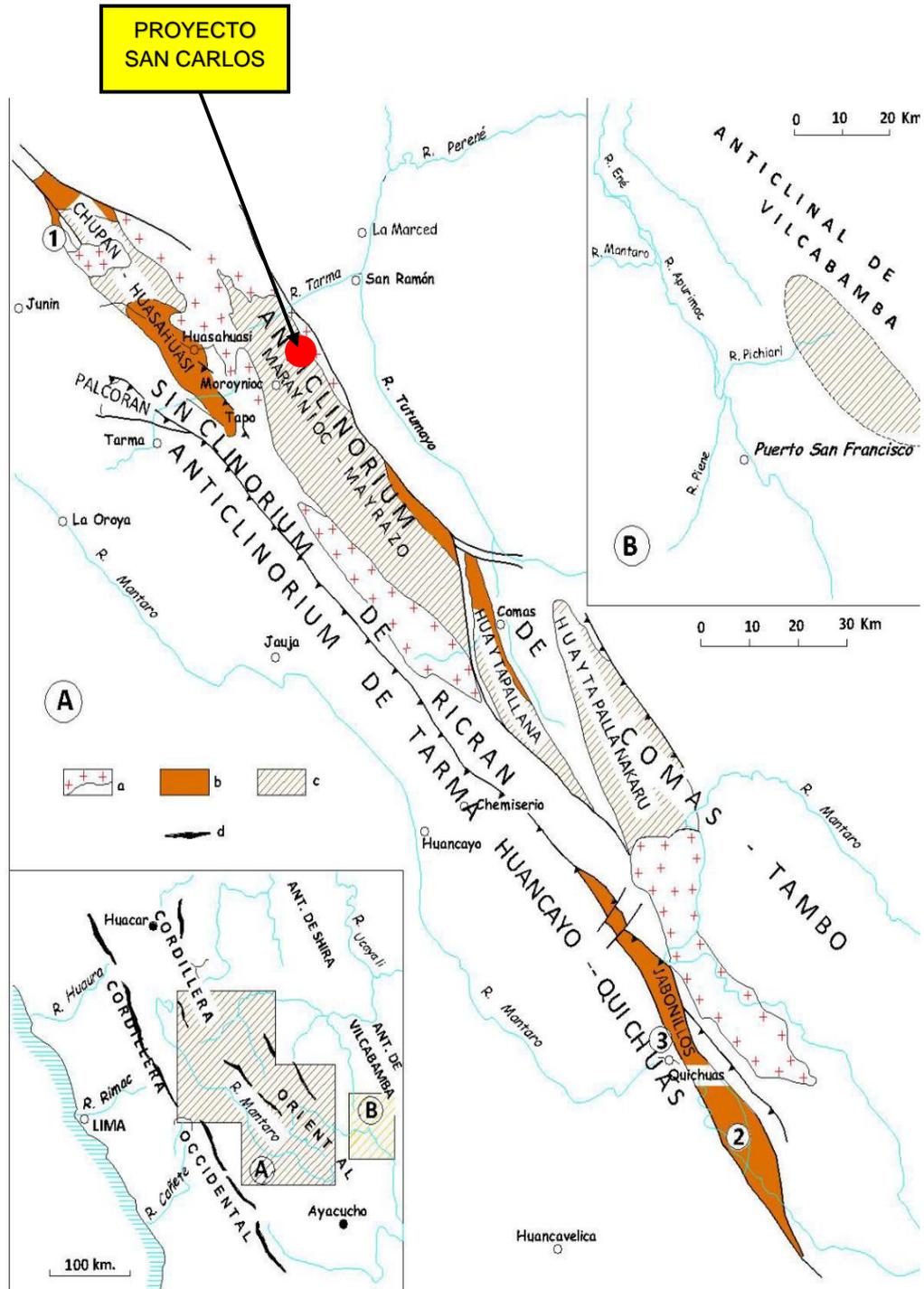


Figura N° 8 Mapa Geológico Regional

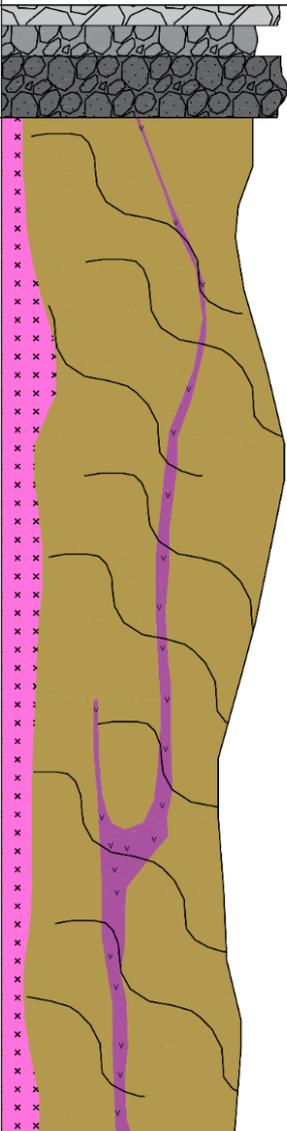
	PERIDO	EPOCA	LITOSTRATIGRAFIA UNIDADES	POTENCIA	LITOLOGIA
CENOZOICO	CUATERNARIO		Coluvial	10	
			Fluvioglacial	15	
			Morrena	30	
SECUENCIA			DISC.		
PRE-DEVONIANO			Esquisto		
COMPLEJO MARAYNIOC			Gneis		

Figura N° 9 Columna Estratigráfica. Fuente Propia

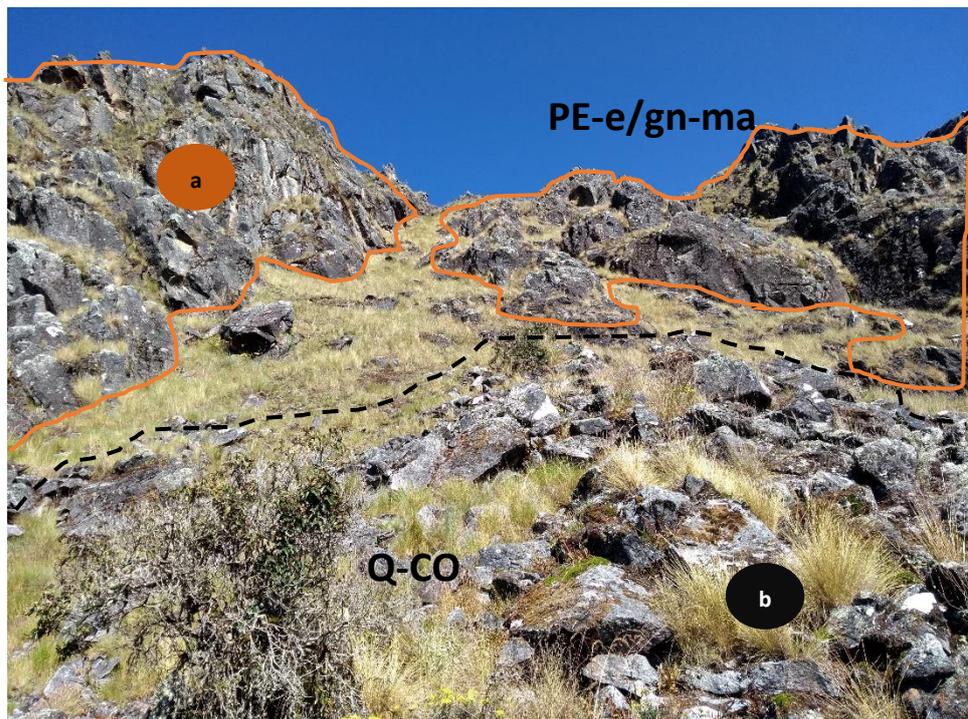
#### 4.1.8.1.1. Esquisto

Los afloramientos están constituidos por Esquistos, su mineralogía está compuesta por: moscovita, biotita, clorita, cuarzo, plagioclasas.

#### 4.1.8.1.2. Gneis

Se caracterizan por presentarse en bandas de minerales claros y oscuros. Los afloramientos de la zona de estudio están constituidos por Gneis, su mineralogía consiste:

- Minerales claros: feldespato, cuarzo, moscovita.
- Minerales oscuros: biotita turmalina.



*Foto N° 4 Gneis (a), Coluvial (b)*

#### 4.1.8.2. Rocas Volcánicas

Dentro del área de estudio se reconocieron rocas volcánicas Andesíticas de textura afanítica, Andesitas porfíricas y andesitas con fenocristales de piroxeno, estas en formas de diques, de pequeños cuerpos y mostrando psdeudoestratificación.

Estas rocas se encuentran siempre aledañas a las vetas que llegan aflorar en la superficie.

La composición mineralógica de las Andesitas está constituida principalmente por: Piroxeno, Hornblenda, Plagioclasa, y los minerales accesorios: Biotita y Cuarzo.



*Foto N° 5 Dique de Andesita*



*Foto N° 6 Pseudoestratos de Andesita*

#### 4.1.8.3. Depósitos Cuaternarios

El modelado de la superficie terrestre fue modificado a lo largo de los años y se continuara modificando.

El área está sometido a fuertes cambios de temperatura y procesos meteóricos, hoy en día siendo uno los agentes modificadores de la superficie. Los depósitos cuaternarios identificados dentro del área de estudio son:

- **Coluvial:** Acumulaciones de materiales de diverso tamaño, de característica angulosa, depositados en la base de laderas y cerca al pico de las montañas.
- **Fluvioglacial:** materiales heterogéneos en forma y tamaño, conformados por bloques redondeados, se encuentran cerca a los riachuelos y quebradas.
- **Morrenas:** presentan acumulaciones en forma de montículos y de manera alineada, conformado por Tills y Tillita,

#### 4.1.9. Prospección Gravimétrica

El objetivo es brindar información del subsuelo que permita identificar zonas de interés económico de los recursos minerales.

Se descargo datos de la página web, pertenecientes a SATELLITE GEODESY, los contenidos se obtienen en archivo ASCII, de la anomalía de gravedad o topografía.

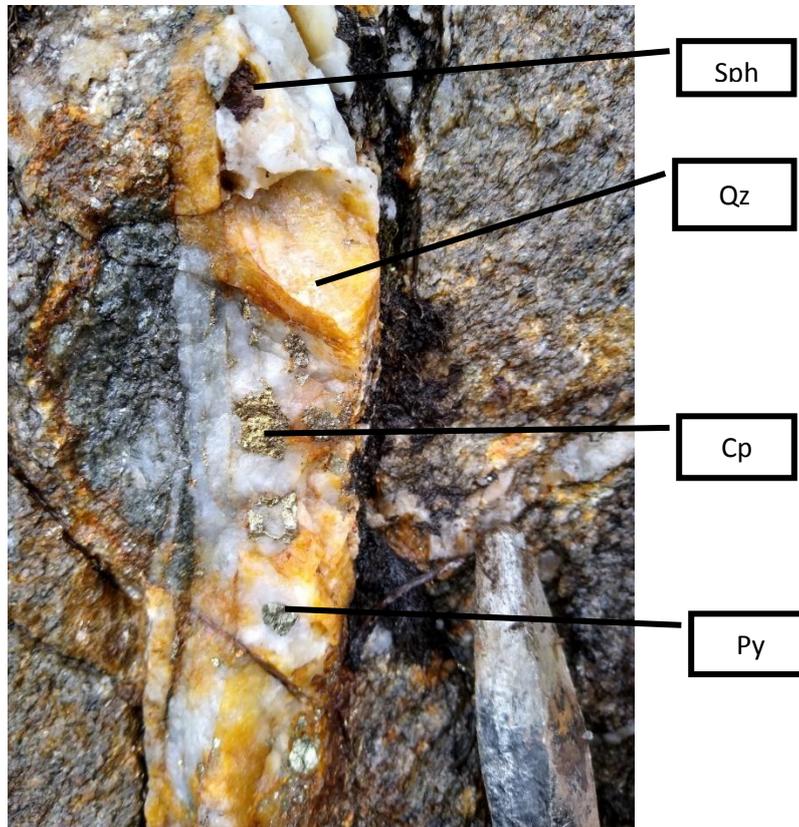
Descargando datos de la anomalía gravimétrica y topográfica, procesando estos datos en el software ArcGis 10.5 y Oasis Montaj 8.4. los resultados se muestran más adelante (*Ver Presentación de Resultados*).

#### **4.1.10. Geología Económica**

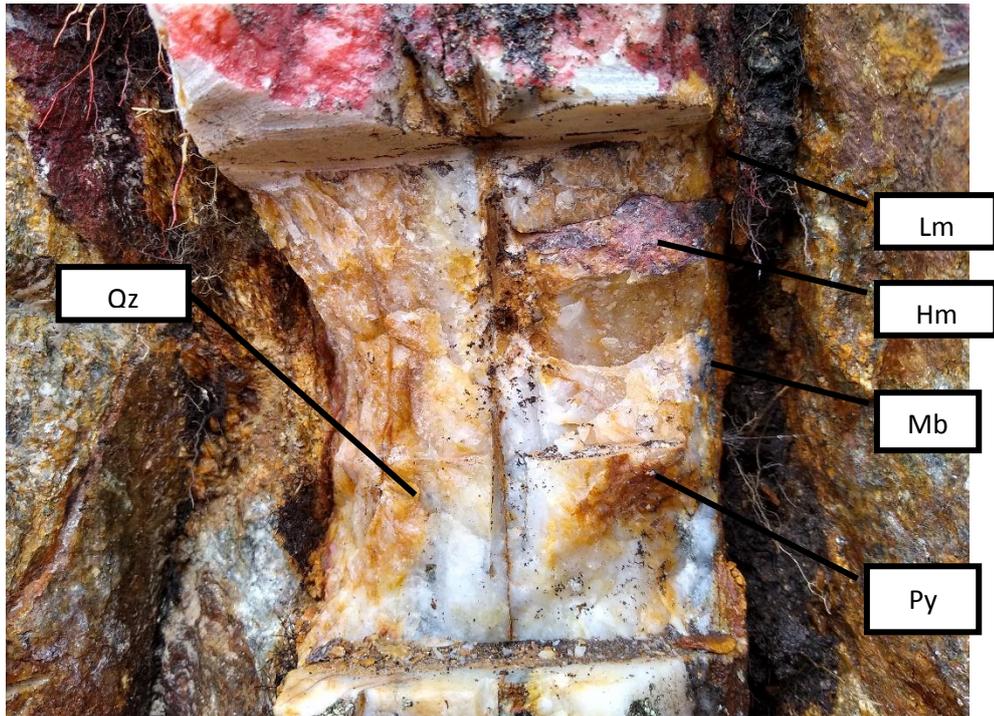
El elemento de interés es el Oro, durante esta etapa de exploración encontrándose concentraciones de baja ley que aun así sigue siendo anómalo y de interés económico.

Para este trabajo se describen las principales características generales de la mineralización representativas del Proyecto, el cual consta principalmente de vetas de Cuarzo que están emplazadas en la roca Metamórfica Gneis y Esquisto (Roca Caja), esto se evidencia en toda la concesión Minera.

##### **4.1.10.1. Mineralización**



*Foto N° 7 Veta Lucia*



*Foto N° 8 Veta Juana*

En el estudio macroscópico mineralógico del proyecto se distingue minerales de Mena y minerales de ganga. La mineralización en general está constituida por:

- **Cuarzo:** el mineral que en mayor cantidad se presenta con variedades de; cuarzo lecho, cuarzo ahumado, Cuarzo aquereso, cuarzo negro, entre otros.
- **Pirita:** emplazado dentro del Cuarzo como puntos y en algunos casos también se encuentran dentro de la roca caja.
- **Pirrotita:** Emplazado en menor proporción dentro de las vetas de Cuarzo.
- **Calcopirita:** Emplazado en menor proporción dentro de los filones de Cuarzo, también en las rocas cajas.

- **Molibdenita:** emplazado en algunas vetas como venillas muy finas entre la veta y la roca caja.
- **Galena:** se encuentran a manera de trazas dentro de las vetas de cuarzo.
- **Marmatita:** se evidenciaron en algunas vetas y muy puntual como parches dentro del Cuarzo (Veta Lucia)
- **Dolomita:** Se localizo de manera puntual asociado con la Marmatita, Pirita y Cuarzo
- **Fluorita:** Se identifico de manera puntual asociado con la Galena.
- **Limonita:** Se presenta en el contacto de la roca caja y veta, en algunos casos dentro del cuarzo.
- **Hematita:** Se presenta en el contacto de la roca caja y veta.

Se puede inferir que el responsable del emplazamiento de la mineralización primaria en esta zona estaría relacionado a la roca intrusiva de la granodiorita de Tarma, hacia el Este a 10 km del proyecto se encuentra las Rocas Intrusivas.

#### **4.1.10.2. Mineralogía**

Por la potencia de las vetas y la concentración de otros elementos metálicos, este depósito sería económicamente explotable el elemento Oro (Au).

La rentabilidad de una mina depende de su riqueza en el metal esperado, así como de la forma que se presente. Si la mena y la ganga

se encuentran mezclados, y los procesos físicos y químicos de separación y preparación son demasiado costosos, la mena puede no ser rentable. Tampoco lo es la mena cuyo volumen es exigido, o aquella cuya situación impide una explotación accesible.

#### **4.1.10.2.1. Minerales de Mena**

Son minerales de interés económico y valores comerciales asociados a los yacimientos y la explotación minera.

Dentro del proyecto no se evidenciaron minerales macroscópicos que sean económicamente rentables. Aun sobre esto el oro no deja ser el elemento de Interés y de valores comerciábiles.

#### **4.1.10.2.2. Minerales de ganga**

La ganga es el mineral sin rendimiento económico asociado con los minerales de mena, que se descarta al extraer la mena de yacimiento mineral por carecer de valor económico o ser demasiado costoso su aprovechamiento. Es posible que un mineral que se considere ganga en un yacimiento sea de interés en otro.

- Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ )
- Pirita ( $\text{FeS}_2$ )
- Molibdenita ( $\text{MoS}_2$ )
- Galena ( $\text{PbS}$ )
- Marmatita ( $\text{FeZnS}$ )
- Pirrotita ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ )
- Calcopirita ( $(\text{Cu,Fe})\text{S}_2$ )

- Fluorita ( $\text{CaF}_2$ )
- Dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )
- Limonita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )
- Hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Cuadro de clasificación de minerales según su origen (Fuente Propia).

<b>MINERAL</b>	<b>COMPOSICION</b>	<b>PRIMARIO</b>	<b>SECUNDARIO</b>
Oro	Au	X	
Cuarzo	( $\text{SiO}_2$ )	X	
Pirita	( $\text{FeS}_2$ )	X	
Molibdenita	( $\text{MoS}_2$ )	X	
Galena	( $\text{PbS}$ )	X	
Marmatita	( $\text{FeZnS}$ )	X	
Pirrotita	( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ )	X	
Calcopirita	(( $\text{Cu,Fe}$ ) $\text{S}_2$ )	X	
Fluorita	( $\text{CaF}_2$ )	X	
Dolomita	( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )	X	
Limonita	( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )		X
Hematita	( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )		X

*Cuadro N° 8 Clasificación de minerales*

## **4.1.11. Geoquímica**

### **4.1.11.1. Tipos de Muestreo**

#### **4.1.11.1.1. Muestreo por Puntos o Rock Chip**

Este tipo de muestreo se realizó durante la etapa de Cateo en vetas que afloran. Estas muestras han sido tomadas con cincel y comba obteniendo esquirlas en pequeñas porciones se realizó el muestreo en dos sub áreas del proyecto.

#### **4.1.11.1.2. Muestreo por Canales**

Durante la etapa de prospección se optó por realizar el muestreo de vetas por canales.

Siendo así que se realizó el muestreo de dos vetas Victoria y Juana.

Esta técnica se realizó en la superficie del afloramiento mineralizado, utilizando las herramientas de Amoladora, Generador Eléctrico, Cincel y Comba. Se recolectaron las muestras en pequeños fragmentos a lo largo de la veta aflorante.



*Foto N° 9 Veta Juana, Corte de canal*

#### **4.1.11.1.3. Equipos y Herramientas de Muestreo**

- Lentes de protección
- Guantes de cuero
- Respirador para polvo
- Tapones auditivos
- Casco de Seguridad
- Tarjetas de muestreo
- Picota
- GPS
- Brújula
- Lupa de Geólogo
- Rayador
- Cincel con puntas de acero

- Comba de 8 Lb
- Amoladora (Diámetro 12 cm)
- Generador Eléctrico
- Bolsas de polietileno

#### **4.1.11.1.4. Importancia del Muestreo**

La etapa del muestreo es la operación más importante durante la prospección geológica en la exploración de yacimientos minerales.

El muestreo es uno de los métodos más usados y económicos para determinar la composición mineralógica del área en estudio.

Después de esta etapa se podrá examinar y sacar conclusiones en base a una pequeña parte de la población total.

#### **4.1.11.1.5. Preparación para toma de Muestras**

La toma de muestras en vetas por canales se realizó con mucho cuidado siguiendo los siguientes pasos.

- a) Se identificaron las vetas a muestrearse (veta Victoria y Juana)
- b) Se marcaron cada cierto tramo de manera sistemática los puntos de muestreo
- c) Se realizó la limpieza de los puntos a muestrearse
- d) Se marcaron con spray rojo la delimitación del canal.

- e) Con la Amoladora se procedió a cortar en forma de cuadrados dentro del canal.
- f) Se realizo apuntes necesarios de la muestra tales como litología, mineralogía, alteraciones, dimensiones del canal.
- g) Con el apoyo de la Comba y Cincel se sacaron las muestras llenado directamente en las bolsas.
- h) Cada muestra fue etiqueto y asegurado con cintillos.
- i) Se envió las muestras al Laboratorio predeterminado.



*Foto N° 10 Veta Victoria, Extracción de Muestra*

#### **4.1.11.1.6. Análisis Geoquímico de las Muestras**

Para el análisis químico de las muestras se realizaron en el Laboratorio.

RESUMEN PROMEDIO DEL ANALISIS GEOQUIMICO				
Laboratorio		K.W. QUIMICA GERMANA S.A.C	FA INGENIEROS S.A.C.	
Método de Extracción de la Muestra		Rock Chip	Canal	
			VETA VICTORIA	VETA JUANA
Método de Ensayo	Analís Multielemental ICP	<i>Ver Cuadro N° 10</i>	---	---
	Fire Assay (Au)	<b>0.22 g/T.M</b>	<b>0.09 g/T</b>	<b>0.10 g/T</b>
	Absorción Atómica (Ag)	---	<b>0.0027 oz/Tc</b>	<b>0.003 oz/Tc</b>
		<i>Ver Cuadro N° 12, 13</i>	<i>Ver Cuadro N° 14</i>	

*Cuadro N° 9 Resultados del análisis geoquímico*

#### 4.1.12. Geología Ambiental

Con el paso del tiempo en la exploración de recursos minerales ha ido cambiando y evolucionando conforme a la demanda social y hacia el respeto del medio ambiente. Durante las etapas de la exploración se tienen en cuenta las contaminaciones y efectos ambientales que esto pudiera tener.

La importancia del impacto ambiental relacionado a la exploración se considera por el impacto que puede causar sobre la vida humana, animal, y vegetal.

Sin embargo, la preocupación de la sociedad hacia el medio ambiente cada vez es mayor y conllevó a un cambio en la forma de pensar de la industria minera, y con esto se han incorporado en las exploraciones mineras medidas hacia cuidado al medio ambiente.

#### **4.1.12.1. Medidas de Protección Ambiental**

Durante la etapa de prospección se tuvo en cuenta el cuidado del medio ambiente.

Las actividades realizadas en esta etapa de prospección se tuvo pocos factores de riesgo que puedan causar un gran impacto al medio ambiente, ya sea por agentes mecánicos, humanos u otros.

Los muestreos realizados por Rock Chip y Canales se realizaron con mucha responsabilidad y supervisión constante.

En las actividades realizadas tuvieron participación los pobladores de la zona, dando un impacto positivo sobre el ámbito socio cultural y en especial sobre la población.

#### **4.1.13. Geología del Depósito**

La zona de estudio se encuentra en la franja metalogenteica III. Depósitos de Au (Pb-Zn-Cu) relacionados con intrusivos del triásico, que sigue la orientación NW-SE, dentro de la provincia metalogenético, el principal Yacimiento característico es de Huachón. Dentro de la zona de influencia hay minas artesanales de oro (al “NW” del proyecto) y depósitos no metálicos de Talco: Mina Venadita (al “W” del proyecto).

La litología conformada por Gneis y Esquistos del complejo metamórfico de Maraynioc, con orientación NW-SE, con buzamiento sub verticales

##### **4.1.13.1. Mineralización**

La mineralización en el área de estudio, se caracteriza por sistemas de vetas de cuarzo centimétricas dominantes acompañado de vetillas tipo

stockwork (*Foto N° 24*), con tendencia de orientación de N-S y E-W. La veta Juana llegando a aflorar 220 metros.

Con el resultado del muestreo se estaría caracterizando momentáneamente como un depósito de baja ley.

La pirita es el sulfuro dominante, la pirrotita en menor proporción. La Molibdenita, en venillas finas al borde de las cajas y la Galena, Marmatita, Dolomita, Fluorita están presentes en concentraciones mínimas (trazas).

La constante erosión superficial en el área del proyecto, principalmente en las quebradas ha puesto al descubierto a mineralización, evidenciando la continuidad de las estructuras.

#### **4.1.13.2. Control de Mineralización Local**

Los factores geológicos principales que controlan la mineralización son dos, aunque no de manera categórica, pero si intervienen en la deposición de las soluciones minerales, el control estructural (fallas con orientación de NW-SE) y el control litológico (Andesitas), generalmente donde hay presencia de rocas volcánicas se tiene mayor enriquecimiento de estructuras mineralizadas. La mineralización de relleno de fracturas exige la presencia combinada de:

- Formación de cavidades apropiadas, por las cuales puedan fluir las soluciones Minerales.

- Condiciones de presión y temperatura, apropiadas para la precipitación de la mineralización.

Se cita como ejemplo la siguiente figura (*Ver Figura N° 10*), del Depósito de Canan, Distrito de Lepaguare, Honduras.

Sketch showing the progressive migration of the hydrothermally alteration zones in the host-rocks and the formation of high-grade gold mineralization in Canan. a Development of fault-fracture meshes with extensional and extensional-shear planes and flow of hydrothermal fluids. b Syn- and/or post-opening formation and growth of the early hydrothermally altered wall-rocks. c Extreme growth of the early altered zone up to the present-day limit of the distal zone with the metamorphic host-rock; formation and migration of the second front (up to the present-day limit between distal zone and intermediate zone) and growth of the true volume of the ore deposits, represented by the intermediate zone. d Growth of the proximal zone as a result of washout of the proximal part of the intermediate zone by fluid flowing in the fracture. e Final crystallization of the quartz vein.

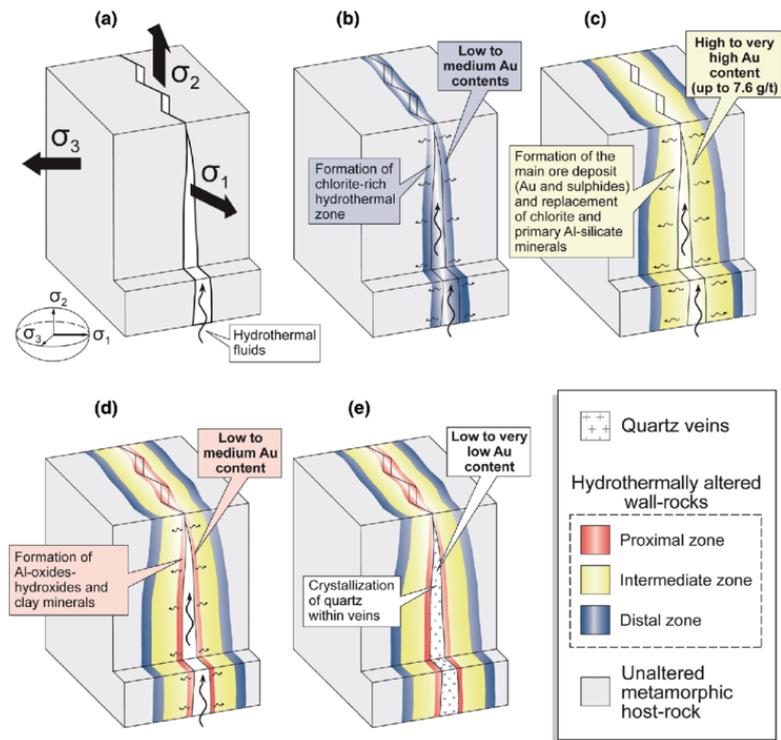


Figura N° 10 Deposito de Canan

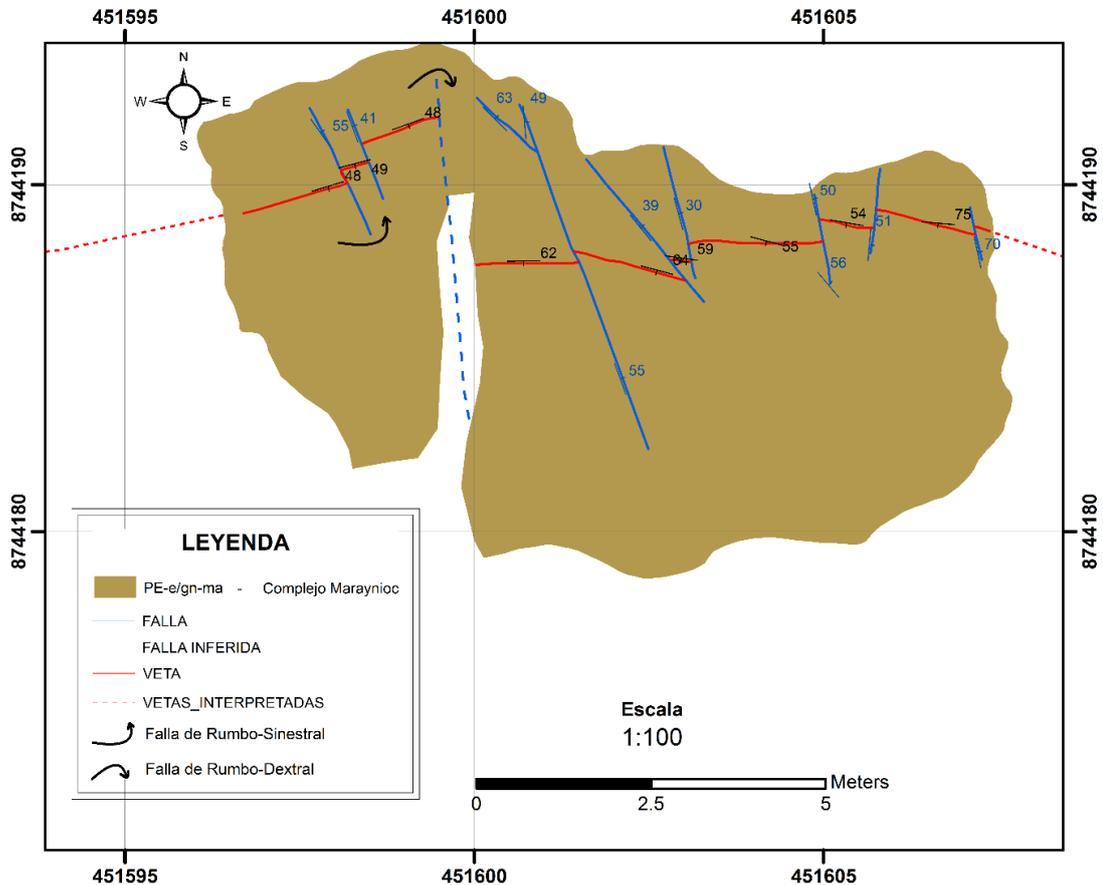
#### 4.1.14. Geología Estructural

Lineamientos regionales con orientación Norte Sur, que controlan los lineamientos y fallas locales.

Las fallas locales han sido cartografiadas en base a la información tomada en el campo, donde se identificó en su mayoría las fallas de Rumbo sinestrales, también se identificaron fallas de Rumbo Dextrales, las cuales son post orogénicas (*Ver siguiente Plano N° 01*), que tiene tendencia de orientación Norte-Sur con buzamiento de 40-70° NE. Estas fallas pertenecen al último evento tectónico.

Los lineamientos locales se orientan NW-SE, durante el cartografiado se localizó los lineamientos para encontrar indicios de fallamiento, se

encontraron en algunos tramos panizo, espejo de falla, variación de topografía, y discontinuidad de las vetas.



*Plano N° 1 Fallas locales*

#### 4.1.15. Alteraciones Hidrotermales

En la zona de estudio las alteraciones están ligadas a las estructuras mineralizadas NW-SE, en el contacto con las rocas cajas.

Los yacimientos hidrotermales, conocidos como filonianos se clasifican según su temperatura de formación (que suele estar entre los 400° y los 100° °C), y en función de la mayor o menor proximidad a la roca ígnea de la que derivan. La característica esencial de la alteración hidrotermal es un proceso muy complejo que involucra cambios mineralógicos de un conjunto mineral

inicial en una nueva asociación de minerales más estables bajo condiciones hidrotermales de temperatura, presión y sobre todo de composición de fluidos. La textura original de la roca caja puede ser modificada ligeramente o completamente por la alteración hidrotermal.

#### **4.1.15.1. Tipos de Alteraciones**

En el área de estudio las alteraciones hidrotermales se encuentran en extensiones pequeñas, no llegando a figurar en el cartografiado geológico. Se han identificado alteraciones supérgenas e hipógenas.

##### **4.1.15.1.1. Alteración Supérgena**

Es causado por el proceso de lixiviación y oxidación de minerales en la superficie. Es por ello que se encuentran las Vetas de Cuarzo Oqueroso. (*Ver Foto N° 13*)

La presencia de Limonita, Hematita en la superficie, dentro de las vetas, al borde de ellas y en las rocas volcánicas, teniendo el desconocimiento la profundidad de la alteración.

##### **4.1.15.1.2. Alteración Hipógena**

Esta alteración es el resultado de los fluidos hidrotermales, durante el cartografiado se distinguieron los siguientes:

###### **a. Argílica**

Esta alteración se presenta al borde de las vetas mineralizadas, conjuntamente con la oxidación. Esta alteración presenta minerales de arcilla como el Caolín,

Montmorillonita y el rango de temperatura varia de 150-300 °C, según teoría.

b. **Propilítica**

Durante el cartografiado se identificaron algunas vetillas y sigmoides que cortan a las vetas principales con alteración propilítica con mineralización de clorita, caolinita, pirita y el rango de temperatura varia de 200- 350 °C, según teoría.

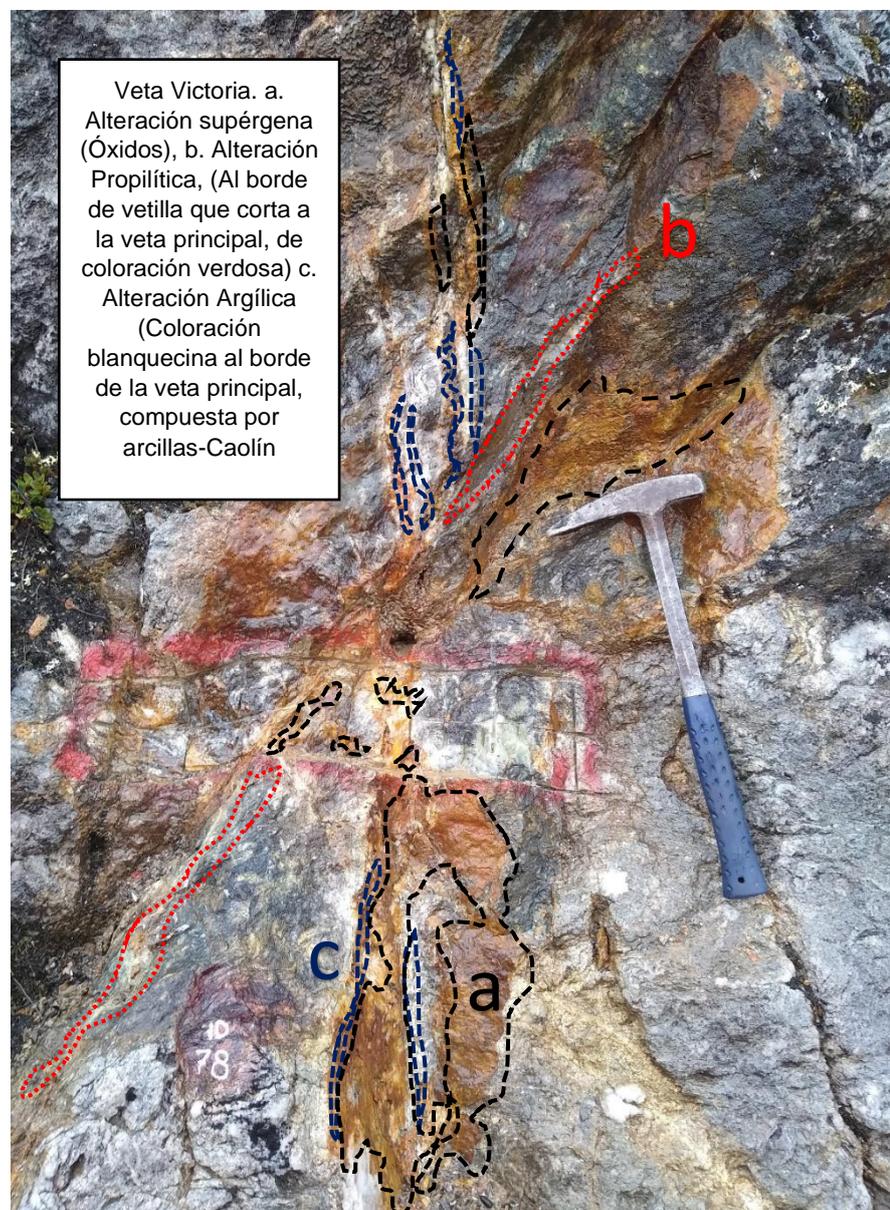


Foto N° 11 Veta Victoria, Alteraciones

#### 4.1.16. Hipótesis de la Paragénesis

La paragénesis es la secuencia deposicional de los minerales en el tiempo (orden de cristalización de los minerales), y nos da a conocer los eventos de mineralización que se ha dado en el depósito.

En base a conocimientos teóricos, muestras analizadas y muestras macroscópicas de campo se propone el siguiente cuadro:

Este cuadro se propone de acuerdo a las texturas de las vetas observadas en muestras superficiales, lo que ha permitido definir las etapas o fases paragenéticas de mineralización. Mencionar que para definir las asociaciones mineralógicas (ensamble mineralógico) y en general una paragénesis detallada se necesita un estudio geológico más específico.

<i>Paragénesis</i>	<i>Etapas I</i>	<i>ETAPA II</i>	<i>ETAPA III</i>
<i>Oro</i>		-----	
<i>Cuarzo</i>		-----	
<i>Pirita</i>		-----	-----
<i>Molibdenita</i>	-----		
<i>Galena</i>		-----	
<i>Marmatita</i>		-----	
<i>Pirrotita</i>		-----	
<i>Calcopirita</i>			-----

*Cuadro N° 10 Paragénesis*

#### **4.1.17. Clasificación del Yacimiento**

En base a las características Litológicas, Estructurales, Mineralógicas: Au, Cp, Mb y a las alteraciones hidrotermales: Argílica y Propilítica; se llega a concluir que el proyecto San Carlos estaría dentro de un sistema Hidrotermal de tipo Hypozonal a Mesozonal.

Hasta el momento se encontraron valores bajos de Oro y Plata, y trazas de Molibdeno, Plomo, Zinc, Cobre. Con las características litológicas y estructurales, está relacionado con el Depósito Orogénico de Tipo Mesotermal.

La mineralización, las alteraciones, paragénesis; según la temperatura y profundidad en la cual fueron depositados, actualmente presenta un potencial económico. Se interpreta que el depósito debe profundizar y la mineralización económica mejora en contenido de Au y Ag.

Schematic representation of crustal environments of hydrothermal gold deposits in terms of depth of formation and structural setting within a convergent plate margin. This figure is by necessity stylised to show the deposit styles within a depth framework. There is no implication that all deposit types or depths of formation will be represented in a single ore system. Adapted from Groves 1993., Gebre-Mariam et al. 1995. and Poulsen 1996

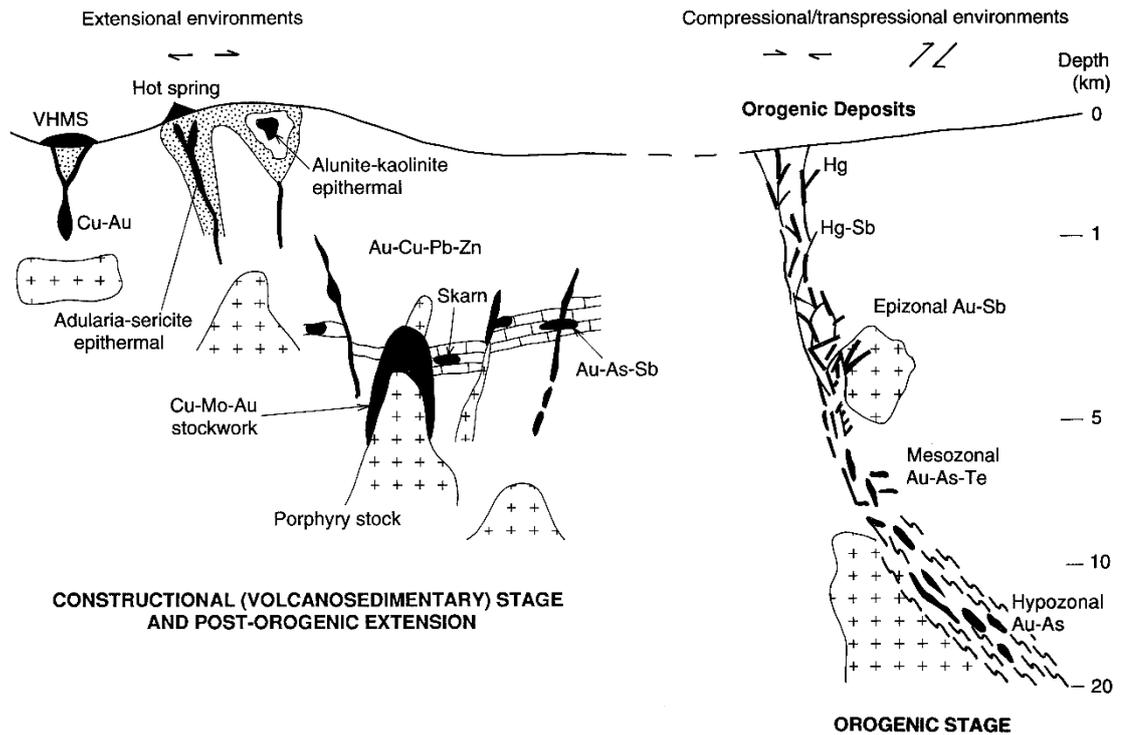


Figura N° 11 Representación de depósitos de oro

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Prospección Gravimétrica

Para el plano de anomalía de Bouguer se utilizaron los softwares de Oasis Montaj y Arc Gis 10.5, se obtuvieron las vistas en 3D como las siguientes figuras N° 12, N° 13; se hace en comparación de los picos más elevados con la topografía en 3D y Anomalía de Bouguer en 3D.

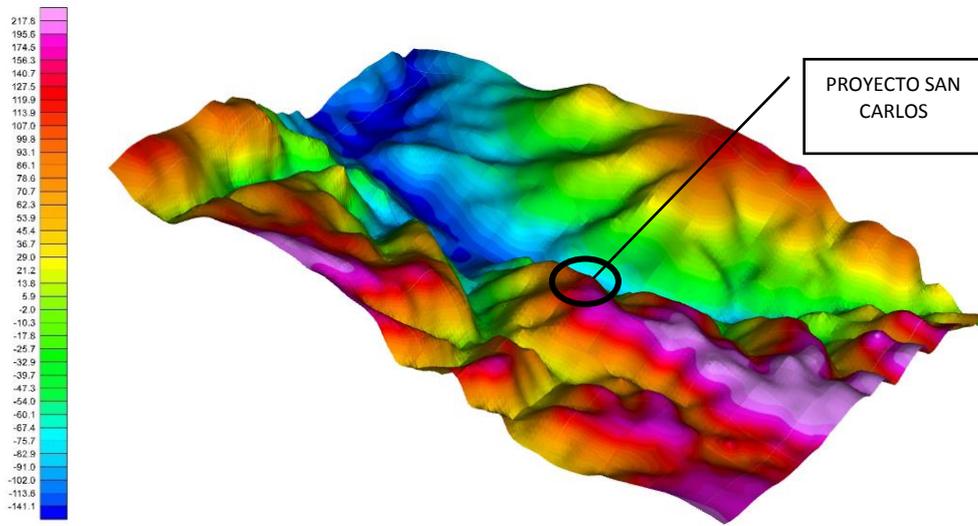


Figura N° 12 Relieve topográfico en 3D

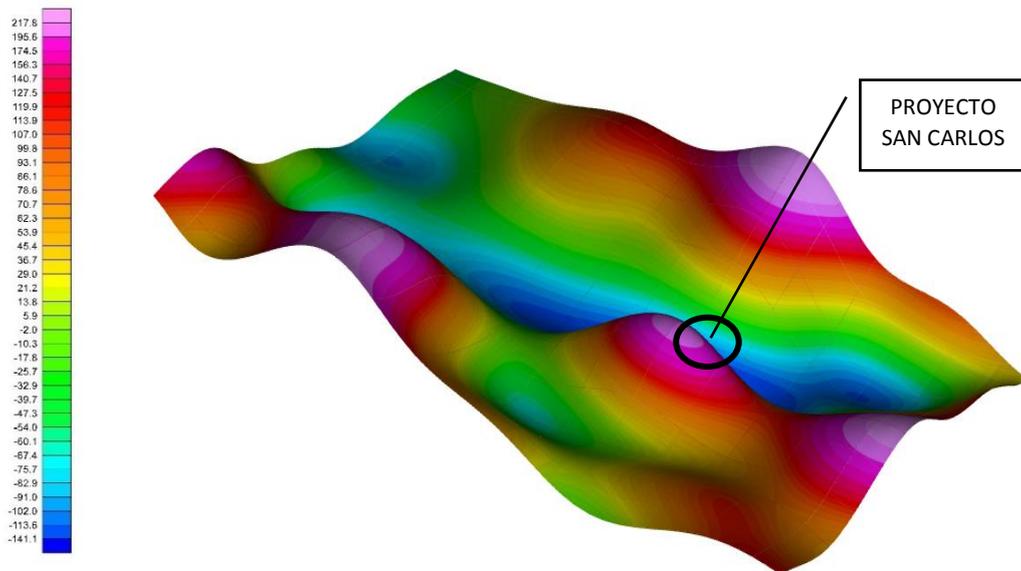


Figura N° 13 Anomalía Gravimétrica Regional en 3D

En la figura izquierda se observa la anomalía Gravimétrica (Anomalía de Bouguer), en la figura del lado derecho se tiene la litología por composición o dominio. (Ver Plano N° 05 y N° 15).

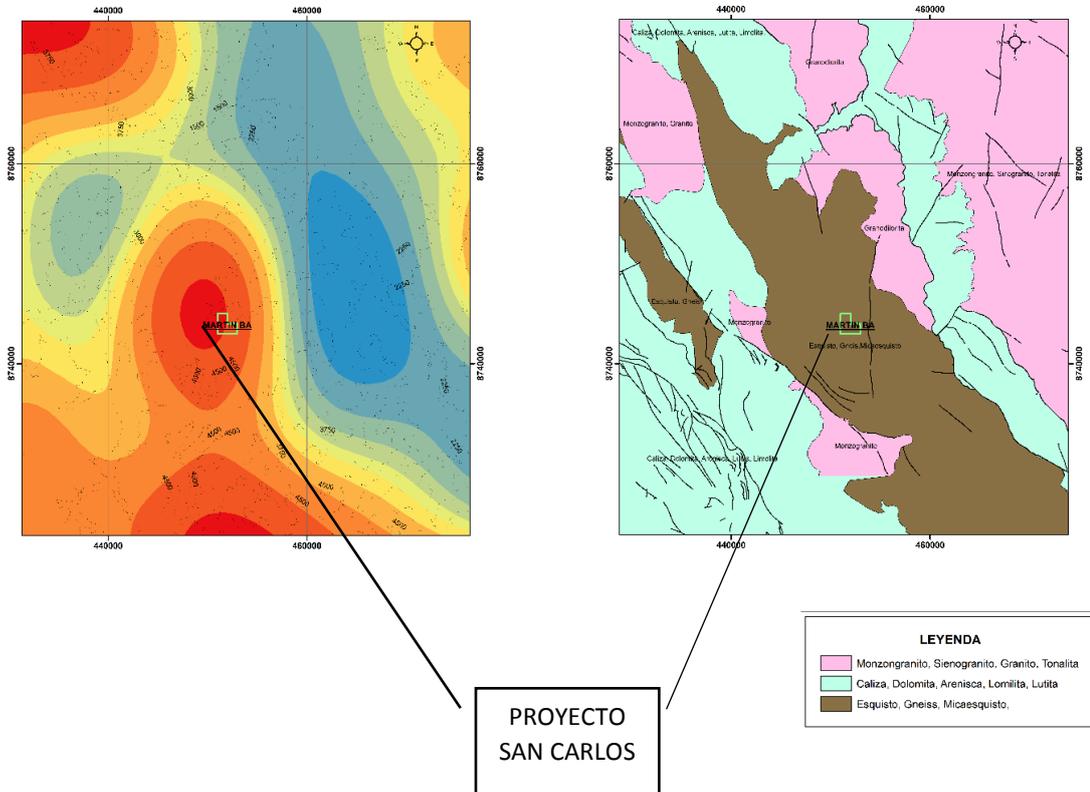


Figura N° 14 Anomalía de Bouguer, Litología

Tipo de Roca	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
Dolomía (Dolomite)	2.28-2.90
Caliza (Limestone)	2.6-2.80
Arenisca (Sandstone)	2.25-2.30
Gneis (Gneiss)	2.61-2.99
Esquisto (Shale)	2.06-2.66
Granito (Granite)	2.52-2.75
Granodiorita (Granodiorite)	2.67-2.79
Anfibolita (Amphibolite)	2.79-3.14

Cuadro N° 11 Densidad de las principales rocas





**K.W. QUIMICA GERMANA S.A.C.**

Calle Las Fábricas Mz B, Lote 20A, Urb. La Villa - Chorrillos  
 Telefón : 251-0442 / 251-0443 - RPC: 984297625

**INFORME DE ENSAYO**

**KW 2511 / 2016**

Fecha : 07 / 12 / 2016

Cliente : **ERICK BALDEON HUAYNATES**

Referencia : Cot KW 0895 / 2016

Material : MINERAL

Orden de Trabajo : **KW 1661 / 2016**

Cantidad de Muestra(s) : **03**

Cerrados

Abiertos

Nro. LAB	CLIENTE	Au g/T.M
KW 5269	Nº M 00017	0.20
KW 5270	Nº M 00018	0.17
KW 5271	Nº M 00019	0.30



*[Signature]*  
 K.W. QUIMICA GERMANA S.A.C.

\* Este informe no podrá ser reproducido sin autorización de K.W. QUIMICA GERMANA S.A.C.  
 \* Los resultados solo corresponden a la muestra indicada.  
 \* Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo de 3 meses.  
 R.U.C. 20516566877



E-mail: kwquimica@speedy.com.pe / kwgermana@qnet.com.pe / qgermana@qnet.com.pe  
 www.kwquimicagermana.com

**Cuadro Nº 13 de Análisis Químico de Rock Chip por Au**



OTSM-094-2019  
Rev. 0  
Fecha: Agosto 2019

## II. ANÁLISIS QUÍMICOS POR FIRE ASSAY - ABSORCIÓN ATÓMICA.

ID Muestras Cliente		FIRE ASSAY - ABSORCIÓN ATÓMICA			
Elementos	Au	Au	Ag	Ag	
Unidades	g/T	Oz / Tc	g/T	Oz / Tc	
LC Inf.	0.01		5		
LC Sup.	10		500		
1	100	0.08	0.002	< 5	-
2	101	0.09	0.002	< 5	-
3	102	0.09	0.003	< 5	-
4	103	0.07	0.002	< 5	-
5	104	0.09	0.003	< 5	-
6	105	0.09	0.003	< 5	-
7	106	0.10	0.003	< 5	-
8	107	0.10	0.003	< 5	-
9	108	0.10	0.003	< 5	-
10	109	0.10	0.003	< 5	-
11	110	0.09	0.003	< 5	-
12	111	0.10	0.003	< 5	-
13	112	0.12	0.003	< 5	-
14	113	0.10	0.003	< 5	-
15	114	0.10	0.003	< 5	-
16	115	0.10	0.003	< 5	-
17	116	0.09	0.003	< 5	-
18	117	0.10	0.003	< 5	-
19	118	0.09	0.003	< 5	-
20	119	0.10	0.003	< 5	-
21	120	0.09	0.003	< 5	-
22	121	0.09	0.003	< 5	-
23	122	0.10	0.003	< 5	-
24	123	0.11	0.003	< 5	-

FA INGENIEROS S.A.C.

Av. Angélica Gamarra 1385 Urb. Santa Rosa Mz "M" Lote 03 Lima 39 – Perú T. (511) 5318475

Página 4 de 4

*Cuadro N° 14 de Análisis Químico de Canales por Au*

### 4.2.3. Cartografiado Geológico

Se realizó el cartografiado geológico, a escala de 1:2000 en planos de campo, y para la determinación del tipo de afloramientos se utilizó las técnicas macroscópicas (Rocas Metamórficas y Volcánicas), la ayuda de estudio petrográfico (Roca Metamórfica, Realizada por INGEMMET).

Diagrama de Streckeisen, se representó la composición determinada en campo, dando como resultado al sector 7<sup>a</sup>. Ver Anexo de Plano Geológico.

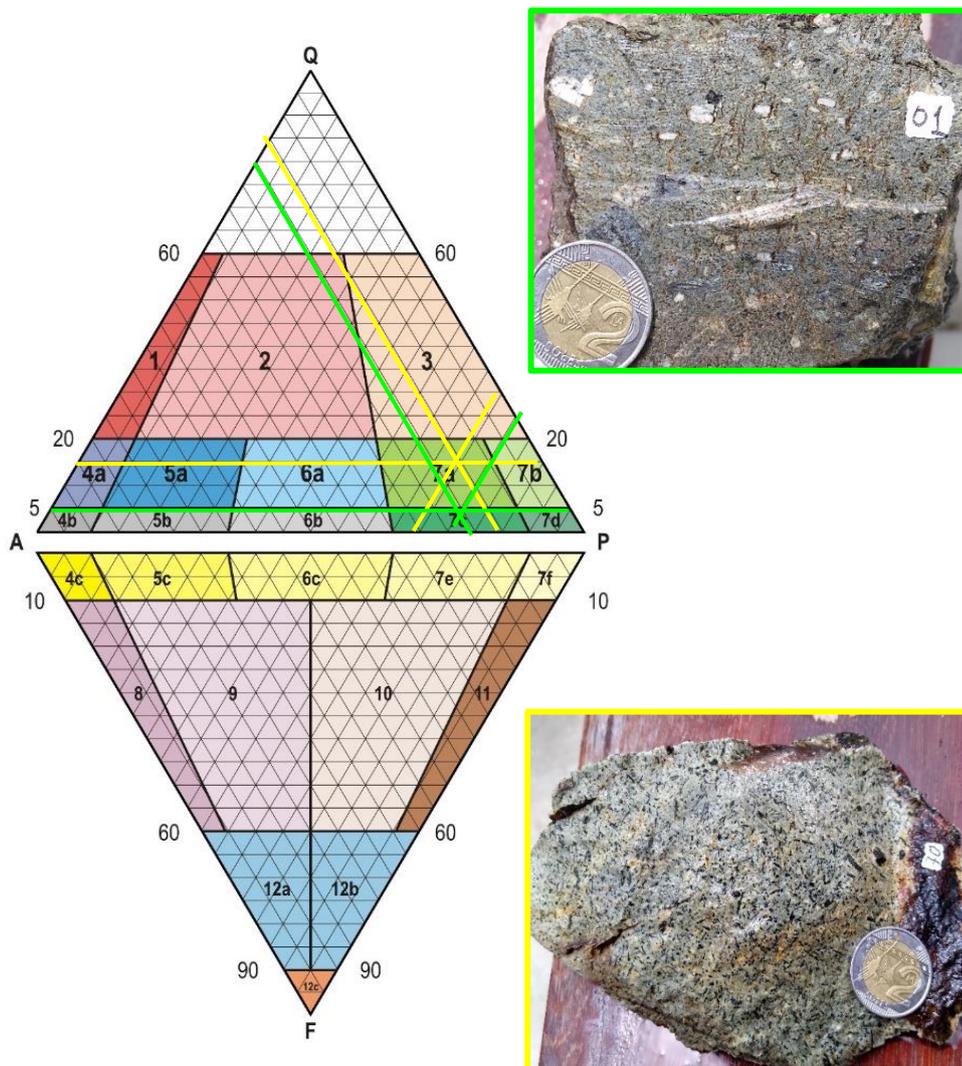


Figura N° 15 Andesita de Textura Porfirítica



**DIRECCION DE LABORATORIOS  
LABORATORIO DE PETROMINERALOGIA  
ESTUDIO PETROGRAFICO**

**DATOS GENERALES**

**PROCEDENCIA** CUAD. LA MERCED      **REMITENTE** Bach. Robert Monge Miguel  
**MUESTRA ORIGINAL** OX-980608      **CLAVE DE LABORATORIO** 08089601  
**COORDENADAS** N 451600      **TALADRO N°**      **PROFUNDIDAD**  
E 8744300  
**LITOLOGIA, FACIES**  
**ESTUDIADO POR** Ing. Rosa E. Andrade T.      **REVISADOS POR:**  
**FIRMA:**       **FECHA** Lima, Setiembre de 1996.

**DESCRIPCION**

**DENOMINACION:** ESQUISTO DE CUARZO - MICAS - FELDESPATOS  
(Posible roca original):

**CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS**

**COLOR:** Bandas blanquecinas alternadas con bandas grises oscuras  
**GRANULARIDAD:** Fina a media  
**POROSIDAD**  
**TIPO DE FRACTURAMIENTO:**  
**GRADO DE COHESION:** Alta  
**ESQUISTOSIDAD:** Moderada  
**TINCION: Feldespato potásico:**  
**Plagioclasa:**  
**REACCION AL ACIDO CLORHIDRICO:**  
**OTRAS CARACTERISTICAS:**

**ESTUDIO MICROSCOPICO**

**TEXTURA/S** Granoblástica

**MINERALOGIA:** **Esenciales** : cz (58%), MCs (30%), FPs (10%)  
(componentes) **Accesorios** : OPs (1%), ser (Trz), CLOs (Trz), LIMs (Trz), zir (Trz)  
**Secundarios:**  
**Residuales:**

**ALTERACIONES:**

**OBSERVACIONES:**

- Se observa bandas constituidas por granos de cuarzo, feldespatos (plagioclasas y escasa microclina) y micas (biotitas y muscovita) con tamaño promedio de 0.40 mm, alternadas con bandas de mayor granulometría (3 mm como tamaño promedio) y escasas micas.
- Minerales opacos en cristales alargados siguiendo planos de esquistosidad.
- Ocurre sericita en microfracturas, en intersticios y como incipiente alteración de feldespatos.
- Cloritas alterando a micas.



*Cuadro N° 15 Estudio Petrográfico*

#### **4.2.4. Secciones Geológicas**

Se elaboro secciones geológicas Regionales y Locales, los cuales ayudan el entendimiento del depósito y la Genesis. Ver Anexo de Secciones

#### **4.3. Prueba de Hipótesis**

Con el cartografiado geológico (Ver Anexo Plano Geológico), se determinó una población favorable de vetas que tienen continuidad superficial, estas vetas tienen Buzamiento sub Vertical, compuestas por Sulfuros (*Foto N° 07, 08 y 11*).

El análisis químico de las muestras (Cuadro N°12, 13 y 14), nos determina concentraciones anómalas de Oro (Au) y Plata (Ag). También nos confirma la visualización macroscópica de lo minerales Cuarzo (Si), Pirita (Fe), Molibdenita (Mo), Galena (Pb), Marmatita (Zn).

El proyecto se encuentra localizado dentro de la Cordillera Oriental (Ver Anexo, Mapa Morfoestructural), compuesta por Rocas Metamórficas del Complejo Maraynioc, que pertenecen a la edad de Pre -Ordovisicas y Rocas Volcánicas de Andesitas. Limitando hacia el Este por Rocas Intrusivas de la granodiorita de Tarma.

Con todo lo expuesto el Proyecto San Carlos, es un target para futuros estudios geológicos y exploraciones.

El depósito se estaría clasificando dentro de los depósitos orogénicos por las siguientes pruebas:

- Emplazada en el cinturón metamórfico del complejo Huaytapallana, Rocas metamórficas del complejo Maraynioc de facies de alto grado.

- Las alteraciones Hidrotermales están ligadas a las vetas mineralizadas, encontrándose Alteración Argílica y Alteración Propilítica.
- El complejo de Maraynioc tiene una edad Pre-Ordovicianas, según (PAREDES, J. (1972) Y MEGARD, F. (1973).
- El sistema de vetas de Cuarzo es dominante con respecto a los sulfuros.
- La mineralogía se compone de Cuarzo, Pirita, Galena, Molibdeno, Marmatita, Dolomita (Foto N° 07 y 08).
- El origen de los fluidos mineralizantes puede estar relacionado con el fluido de rocas metamórficas y fluidos hidrotermales (Ver Anexo de Plano Sección Regional).
- Por las características mineralógicas, alteraciones, y afloramientos estaría dentro de un ambiente Hipozonal a Mesozonal. (Ver Figura N°11).

#### **4.4. Discusión de Resultados**

A continuación, se resume los principales resultados obtenidos y su discusión.

- Terminando el procesamiento de datos de anomalías gravimétricas, se observa en la Figura N° 12, 13 y 14, que el área de estudio está en una zona anómala, lo cual nos da perspectivas para el hallazgo de un nuevo depósito.
- Con el cartografiado geológico (ver anexo Plano Geológico), se puede analizar e interpretar que el depósito es de origen hidrotermal,

constituido principalmente por relleno de fracturas tipo veta, o filones. Las características de las vetas vienen presentadas por potencias centimétricas llegando a ensancharse en algunos tramos, como también llegando a estrangularse.

- La asociación mineralógica es de Cuarzo, Pirita, Molibdenita, Marmatita, Galena y Pirrotita, los cuales estos son indicadores de la presencia de Oro (Au).
- Con las secciones geológicas (*Ver Anexo de Planos, Plano N° 08*), se interpreta la posible Genesis de la mineralización del depósito. La Granodiorita de Tarma estaría jugando un rol importante en la mineralización de las vetas existentes.
- La distribución de la Tierra es 0.003 ppm de Au (*Ver Tabla N° 01 y 02*) y el resultado promedio del análisis geoquímico es 0.10 ppm de Au (*Ver Cuadro N° 14*), por lo tanto, propongo a que se continúe el prospecto con otros estudios, toda vez que mi resultado ha superado al valor anómalo de la distribución de la Tierra.

## CONCLUSIONES

1. Las vetas principales tienen una orientación NW-SE y E-W, con buzamientos sub verticales, de potencias centimétricas, llegando a ensancharse en algunos tramos y a estrangularse, estas vetas están compuestas por sigmoides y ramales. La asociación Principal de las vetas está dada por Cuarzo, Pirita, con trazas de Calcopirita, Pirrotita, Galena, Molibdenita, Marmatita.

Los resultados obtenidos en promedio del análisis geoquímico por Oro (Au) y Plata (Ag) en las vetas muestreadas son las siguientes:

- a. Veta Victoria: Oro (Au) g/T= 0.09 y Plata (Ag) oz/Tc= 0.0027
- b. Veta Juana: Oro (Au) g/T= 0.10 y Plata (Ag) oz/Tc= 0.003

Estos valores obtenidos están por encima de la abundancia normal de los elementos químicos de la corteza terrestre (*Ver Tabla N° 01 y 02*), indicándonos que los valores registrados son anómalos.

El análisis geoquímico por multielementales - ICP, dio resultados similares con respecto al Cuadro N° 02, dando los mismos valores de los elementos indicadores y exploradores para Vetas de metales preciosos.

2. Las características geológicas presentadas en el PROYECTO SAN CARLOS, corresponden a vetas hidrotermales de relleno de fracturas, relacionado al origen de soluciones hidrotermales auríferas. Las rocas metamórficas existentes son Esquisto y Gneis; las Rocas Volcánicas son las Andesitas (Andesita porfírica, Andesita de Piroxeno).

Los lineamientos y las fallas tienen dirección Norte -Sur; las fallas de Rumbo son postorogénicas.

Las alteraciones supergénicas (Óxidos), se localizan al borde de las vetas, y las alteraciones hidrotermales son típicas de depósitos orogénicos, evidenciando a su vez la movilidad de fluidos mineralizantes y están determinadas por:

- a) Alteración Argílica
- b) Alteración Propilitica
- c)

La posible Génesis de la mineralización de las estructuras se relaciona con soluciones hidrotermales provenientes del Granodiorita de Tarma, conjuntamente con los fluidos Metamórficos.

Con las características definidas el depósito se clasificaría como Depósito Orogénico, de tipo mezotermal, por todo ello el Proyecto es un Target para futuros trabajos.

## RECOMENDACIONES

1. Debe continuar los estudios con otros trabajos más detallados sistemáticos por haber superado la abundancia normal de los elementos químicos en la corteza terrestre.
2. Para la clasificación precisa del yacimiento, se debe continuar con los estudios geológicos, geoquímico y muestreo sistemático a mayor detalle de toda la concesión Martin BA.
3. Para la determinación precisa del tipo de Rocas se recomienda realizar análisis Petrográfico.
4. Realizar trincheras y Calicatas en afloramiento de vetas en forma sistemática y perpendicular a la estructura mineralizada a fin de conocer la amplitud de la mineralización.
5. Se recomienda realizar análisis estructural para la mejor interpretación de las fallas.

## BIBLIOGRAFIA

- Aldo Izaguirre, ,. A. (2015). Mesozoic orogenic gold deposits in Mexico. *Ore Geology Reviews - ELSEVIER*, 1-10.
- Alfredo, S. M. (2017). *PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DEL PROSPECTO ISABEL DISTRITO DE JIRCÁN - HUÁNUCO*. Cajamarca: UNC.
- B.W.D. Yardley., W. (s.f.). *ATLAS DE ROCAS METAMORFICAS Y SUS TEXTURAS*. Zaragoza: MASSON, S,A,.
- Carl P. Spence-Jones, G. R. (2018). Tellurium, magmatic fluids and orogenic gold: An early magmatic fluid pulse at Cononish gold deposit, Scotland. *Ore Geology Reviews - ELSEVIER*, 1-12.
- D.I. Groves a, ). R.-M. (1998). Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews - ELSEVIER*, 7-27.
- Dave Craw., D. M. (2016). *Macraes Orogenic Gold Deposit (New Zealand)*. Otago: Springer.
- David I. Groves a, b. M. (2015). Province-scale commonalities of some world-class gold deposits: Implications for mineral exploration. *Geoscience Frontiers - ELSEVIER*, 1-11.
- David I. Groves, M. S. (2015). The giant Jiaodong gold province: The key to a unified model for orogenic gold deposits? *Geoscience Frontiers - ELSEVIER*, 1-9.
- David I. Groves, M. S. (2018). Structural geometry of orogenic gold deposits: Implications for exploration of world-class and giant deposits. *Geoscience Frontiers -ELSEVIER*, 1-15.
- David I. Groves, M. S. (2018). Structural geometry of orogenic gold deposits: Implications for exploration of world-class and giant deposits. *Geoscience Frontiers -ELSEVIER*, 1-15.
- Edinson, C. T. (2017). *MODELO GEOMÉTRICO Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL SISTEMA DE VETAS DE ALTO ÁNGULO AL NORTE DEL BATOLITO DE PATAZ MINA PODEROSA, LA LIBERTAD - PERÚ*. Cajamarca: UNC.
- Edson, P. C. (2016). *Reconstrucción de la historia tectonothermal del Complejo Huaytapallana mediante geocronología de U-Pb en minerales accesorios*. Lima: USM.
- Franck Wilfried Dongmo Nguimatsia, A. T. (2017). Diversity of Gold Deposits, Geodynamics and Conditions of Formation: A Perspective View. *Scientific Resarch Publishing*, 1690-1709.

- GEODESY, S. (2019, Julio 15). *SATELLITE GEODESY*. Retrieved from SATELLITE GEODESY: [https://topex.ucsd.edu/marine\\_topo/](https://topex.ucsd.edu/marine_topo/)
- Griem, W. (20 de Agosto de 2018). *Geovirtual*. Obtenido de Museo Virtual, Geologia: <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap00.htm#Que-es-geologia>.
- Griem, W. (25 de Mayo de 2019). *geovirtual*. Obtenido de Museo Virtual, Geologia: <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap01e.htm>
- Griem, W. (5 de Agosto de 2019). *geovirtual*. Obtenido de Museo Virtual, Geologia: <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04a.htm>
- Griem, W. (11 de Agosto de 2019). *geovirtual*. Obtenido de Museo Virtual, Geologia: <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap13.htm>
- Griem-Klee, S. (14 de Setiembre de 2019). *Geovirtual*. Obtenido de Apuntes Geologia: <https://www.geovirtual2.cl/EXPLORAC/TEXT/0300-geoquimica-exploracion.htm>
- HERBERT, S. (2012). *PREDICTIVE MAPPING FOR OROGENIC GOLD PROSPECTIVITY IN UGANDA*. Enschede: Univesity of Twente.
- Ingemmet. (2018). *Prospeccion de Recursos de Rocas y Minerales Industriales en la Region Junin*. Lima: Ingemmet.
- J.W. Mao, F. P. (2011). Mesozoic molybdenum deposits in the east Qinling–Dabie orogenic belt: Characteristics and tectonic settings. *Ore Geology Reviews - ELSEVIER*, 264-293.
- Jiasheng Wang, H. W. (2018). Age and metal source of orogenic gold deposits in Southeast Guizhou Province, China: Constraints from ReeOs and HeeAr isotopic evidence. *Geoscience Frontiers - ELSEVIER*, 1-13.
- Manuel, V. S. (2008). *LA PROSPECCION GEOQUIMICA*. Barcelona: GEOCHEMICAL PROSPECTING.
- Mexicano, S. G. (26 de Octubre de 2019). *SGM*. Obtenido de SGM: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-metamorficas.html>
- Neotectonica, G. d. (2009). *ATLAS DE DEFORMACIONES CUATERNARIAS DE LOS ANDES*. Canada.
- Nicolas Mériaud a, M. J. (2017). From intrusion-related to orogenic mineralization: The Wasamac deposit, Abitibi Greenstone Belt, Canada. *Ore Geology Reviews - ELSEVIER*, 298-308.
- Paredes, J. (1994). *GEOLOGIA DEL CUADRANGULO DE JAUJA -24m*. Lima: INGEMMET.

- publicaciones, G. . (12 de Agosto de 2019). *Geología – publicaciones*.  
Obtenido de Geología – publicaciones: [https://post.geoxnet.com/rocas-igneas-textura-descripcion-tipo/andy\\_tipos\\_de\\_rocas\\_igneas/](https://post.geoxnet.com/rocas-igneas-textura-descripcion-tipo/andy_tipos_de_rocas_igneas/)
- R. Spikings, M. R. (2016). Characterisation of Triassic rifting in Peru and implications for the early disassembly of western Pangaea. *Gondwana Research - ELSEVIER*, 124-143.
- Rocks, G. M. (26 de Junio de 2019). *Metamorphic rocks*. Obtenido de Metamorphic rocks:  
[https://www.ugr.es/~agcasco/msecgeol/secciones/petro/pet\\_met.htm](https://www.ugr.es/~agcasco/msecgeol/secciones/petro/pet_met.htm)
- Ruben, M. R. (1992). *ESTUDIO GEOLOGICO Y GLACIOLOGICO DEL NEVADO HUAYTAPALLANA Y SU INCIDENCIA EN LAS LAGUNAS CUENCA DEL RIO SHULLCAS HUANCAYO*. Lima: UNI.
- Salvador, M. L. (2014). *ANALISIS ESTRUCTURAL, METODOS GEOLOGICOS Y SUS APLICACIONES PARA LA EXPLORACION DEL BATOLITO DE PATAZ*. LIMA: UNI.
- Sciences, I. J. (2019, Setiembre 18). *ResearchGate*. Retrieved from ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/260601277\\_Genesis\\_of\\_the\\_hydrothermal\\_gold\\_deposits\\_in\\_the\\_Canan\\_area\\_Lepaguare\\_District\\_Honduras](https://www.researchgate.net/publication/260601277_Genesis_of_the_hydrothermal_gold_deposits_in_the_Canan_area_Lepaguare_District_Honduras)
- Vsevolod Yu. Prokofiev, Y. G. (2019). The sources of mineralizing fluids of orogenic gold deposits of the Baikal- Patom and Muya areas, Siberia: Constraints from the C and N stable isotope compositions of fluid inclusions. *Ore Geology Reviews -ELSEVIER*, 99-102.
- Wikipedia. (15 de Julio de 2019). *WIKIPEDIA Enciclopedia Libre*. Obtenido de WIKIPEDIA Enciclopedia Libre:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Hidrolog%C3%ADa>

## **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Prospección Geológica del Proyecto San Carlos-Concesión Martin BA-Tarma

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	DISEÑO METODOLOGICO
La escasa información geológica con la que se cuenta al inicio de la prospección geológica del Proyecto San Carlos.	Interpretación de resultados del prospecto minero con la elaboración de planos Geológicos, Geoquímicos, Geofísico, secciones geológicas mediante la prospección, basado en el cartografiado geológico a Escala 1:2000 y muestreo geológico.	Con el estudio geológico se localizará target.	<p><b>Variable Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Características geológicas puntuales del proyecto como alteración, mineralización, geoquímica y comportamiento estructural.</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geología local del área de estudio</li> <li>- Asociación mineralógica Qz, Py, Mo, Zn, Pb</li> </ul> <p><b>Variable Intervinientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planos Geológicos y Secciones Geológicas.</li> <li>- Softwares geológicos, ArcGis, Oasis Montaj,</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b> El proyecto a desarrollar es de carácter cuantitativo y está basado en tres tipos: exploratorio, descriptivo y explicativo.</p> <p><b>Métodos de Investigación:</b> Se realiza un enfoque Cualitativo, Cuantitativo, Describiendo y Explicando las características geológicas de la zona de estudio, mediante la toma de datos y análisis interpretativos.</p> <p><b>Diseño de la Investigación:</b> <i>Exploratorio, Descriptiva y Explicativa.</i></p> <p><b>Población Muestra:</b> La población en el estudio son los afloramientos, Veta Victoria, Juana y las 24 muestras tomadas estratégicamente.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de Recolección de datos:</b> Se realizó el procesamiento de datos geológicos correlacionando con secciones geológicas sistemáticas. Se diseñó planos de Topografía, Geofísica (Gravimetría), Geológico y Muestreo; con el apoyo del software Microsoft Excel, AutoCAD 2015, ArcGis 10.5, Tarjet For ArcGis, Oasis Montaj 8.4.</p> <p><b>Tratamiento Estadístico:</b> Se mandó analizar las muestras tomadas de vetas en el laboratorio FA INGENIEROS S.A.C., para su respectivo análisis.</p>
PROBLEMA ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS		
¿Qué minerales serán los que se presenten en el Proyecto San Carlos?	Determinar estructuras mineralizadas y análisis geoquímico.	Según las características geológicas la clasificación del Deposito sería "Deposito Orogénico". Los minerales presentes serán Au, Ag, Si, Fe, Mo, Pb, Zn		
¿Qué condiciones geológicas, estructurales, geoquímicas y tipo de depósito se determinará en el proyecto San Carlos?	Determinar e interpretar las características geológicas, estructurales y alteraciones hidrotermales.	Las condiciones Geológicas, estructurales, tipo de roca, actuaron de manera importante en la clasificación del tipo de Deposito.		

<b>CUADRO DE ORIENTACION-FALLAS GEOLOGICAS</b>					
<b>FID</b>	<b>AZ</b>	<b>Bz</b>	<b>PITCH</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>	
				<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
<b>0</b>	145	85	70	451753.32	8744265.32
<b>1</b>	348	50		451604.88	8744184.80
<b>2</b>	344	65		451608.37	8744167.80
<b>3</b>	16	87		451631.31	8744183.23
<b>4</b>	165	88		451697.29	8744246.42
<b>5</b>	330	65		451747.06	8744194.44
<b>6</b>	140	55		451750.17	8744203.87
<b>7</b>	190	75		451739.74	8744149.27
<b>8</b>	150	80		451770.69	8744169.18
<b>9</b>	135	60		451817.89	8744151.57
<b>10</b>	120	60		451823.95	8744129.03
<b>11</b>	45	40	35	451402.66	8744758.92
<b>12</b>	50	60		451749.52	8744539.02
<b>13</b>	300	70		451731.59	8743802.94
<b>14</b>	340	80		451847.66	8743818.54
<b>15</b>	145	90		451474.88	8743838.94
<b>16</b>	335	70		451594.47	8744225.58
<b>17</b>	5	70		451804.22	8743771.55

<b>CUADRO DE ORIENTACION-FOLIACION DE ROCAS METAMORFICAS</b>			
<b>FID</b>	<b>AZ</b>	<b>COORDENADAS UTM</b>	
		<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
<b>1</b>	355	451409.86	8744168.51
<b>4</b>	315	451561.94	8744209.22
<b>5</b>	150	451687.80	8744303.43
<b>6</b>	160	451787.56	8744181.42
<b>7</b>	145	451710.73	8744153.74
<b>8</b>	95	451665.47	8744094.33
<b>9</b>	165	451803.78	8744168.01
<b>10</b>	160	451507.10	8744291.00
<b>11</b>	305	451474.51	8744627.73
<b>12</b>	350	451419.72	8744640.02
<b>13</b>	20	451230.13	8744738.40
<b>14</b>	335	451779.80	8744609.89
<b>15</b>	330	451596.73	8743855.37
<b>17</b>	320	451745.65	8743854.85
<b>18</b>	151	452026.22	8744663.65
<b>19</b>	140	451995.08	8744200.14
<b>20</b>	330	451869.08	8743865.97
<b>21</b>	320	451995.93	8744015.93
<b>22</b>	150	452213.61	8744064.38
<b>24</b>	140	451472.00	8743827.50
<b>25</b>	160	451814.59	8743516.33
<b>26</b>	170	451924.16	8743103.54
<b>27</b>	150	451292.77	8744069.52
<b>28</b>	150	452347.68	8743793.40
<b>29</b>	160	451902.16	8743235.68
<b>30</b>	135	452045.62	8743209.02

**CUADRO DE ORIENTACION DE VETAS (ESTRUCTURAS MINERALIZADAS)**

<b>FID</b>	<b>AZ</b>	<b>Bz</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
<b>0</b>	325	75	451557	8744218
<b>1</b>	23	60	451563	8744252
<b>2</b>	5	85	451595	8744342
<b>3</b>	20	85	451609	8744316
<b>4</b>	340	50	451635	8744333
<b>5</b>	345	55	451699	8744311
<b>6</b>	65	60	451557	8744563
<b>7</b>	320	75	451583	8744540
<b>8</b>	10	80	451570	8744481
<b>9</b>	25	85	451573	8744391
<b>10</b>	30	80	451736	8744254
<b>11</b>	70	60	451744	8744193
<b>12</b>	350	70	451768	8743845
<b>13</b>	180	55	451697	8744147
<b>14</b>	180	77	451673	8744152
<b>15</b>	65	60	451741	8744151
<b>16</b>	5	65	451792	8744164
<b>17</b>	355	88	451821	8744158
<b>18</b>	340	70	451825	8744125
<b>19</b>	320	75	451843	8744091
<b>20</b>	340	65	451799	8744045
<b>21</b>	345	85	451763	8744023
<b>22</b>	10	75	451475	8744627
<b>23</b>	150	88	451653	8744518
<b>24</b>	25	85	451627	8744450
<b>25</b>	340	80	451619	8744584
<b>26</b>	340	72	451578	8743844
<b>27</b>	66	80	451767	8743818
<b>28</b>	350	67	451744	8743856
<b>29</b>	310	60	451802	8743846
<b>30</b>	3	89	451900	8744437
<b>31</b>	348	50	451951	8744483
<b>32</b>	312	57	451778	8743996
<b>33</b>	99	86	451781	8743881
<b>34</b>	35	87	451861	8743815
<b>35</b>	182	79	451861	8743864
<b>36</b>	215	85	451876	8743951
<b>37</b>	125	56	452052	8743942
<b>38</b>	154	49	452080	8743986
<b>39</b>	208	90	452240	8743967
<b>40</b>	340	80	452189	8744084
<b>41</b>	60	70	451440	8743843
<b>42</b>	110	20	451474	8743837
<b>43</b>	55	70	452094	8743612
<b>44</b>	7	70	452180	8743701
<b>45</b>	10	80	452137	8743787
<b>46</b>	15	71	452146	8743838
<b>47</b>	315	72	452191	8743780
<b>48</b>	10	70	452241	8743897
<b>49</b>	28	80	452200	8743880
<b>50</b>	180	70	452230	8743788



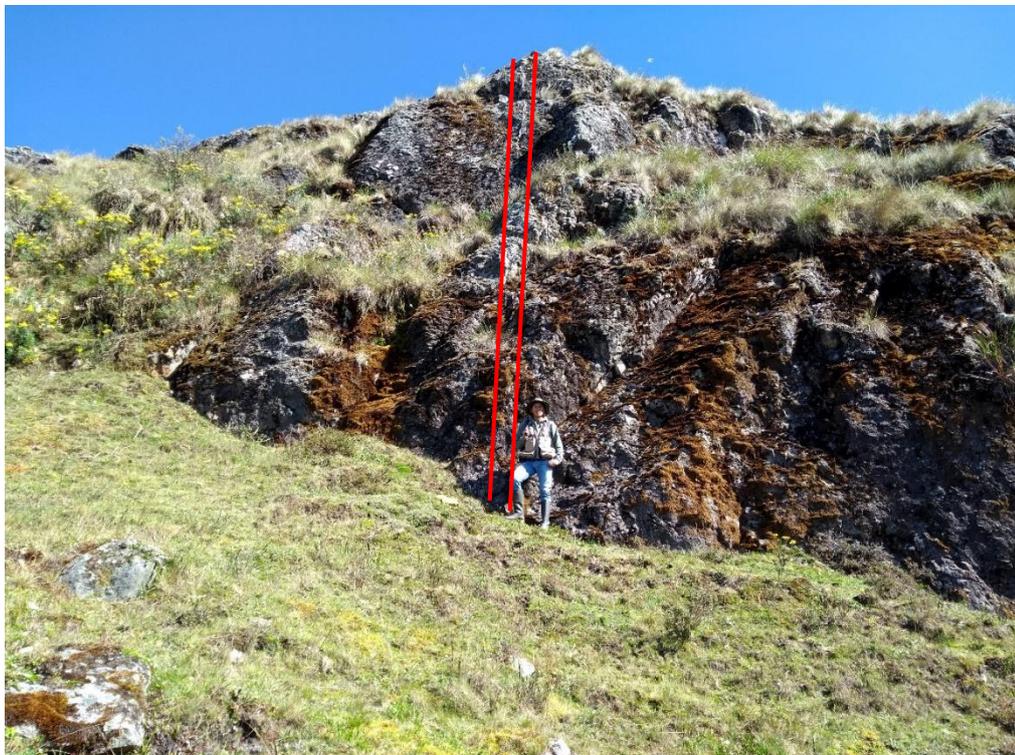
*Foto N° 12 Etapa de cartografiado Geológico.*



*Foto N° 13 Veta Juana. Cuarzo Oqueroso, con Óxidos y Pirita.*



*Foto N° 14 Afloramiento de Andesita Porfiritica*



*Foto N° 15 Afloramiento de Veta Alejandra (potencia 8 cm)*



*Foto N° 16 Afloramiento de Veta Areliz (potencia 5 cm).*



*Foto N° 17 Veta Victoria. Etapa de muestreo*



*Foto N° 18 Veta Juana. Etapa de muestreo*

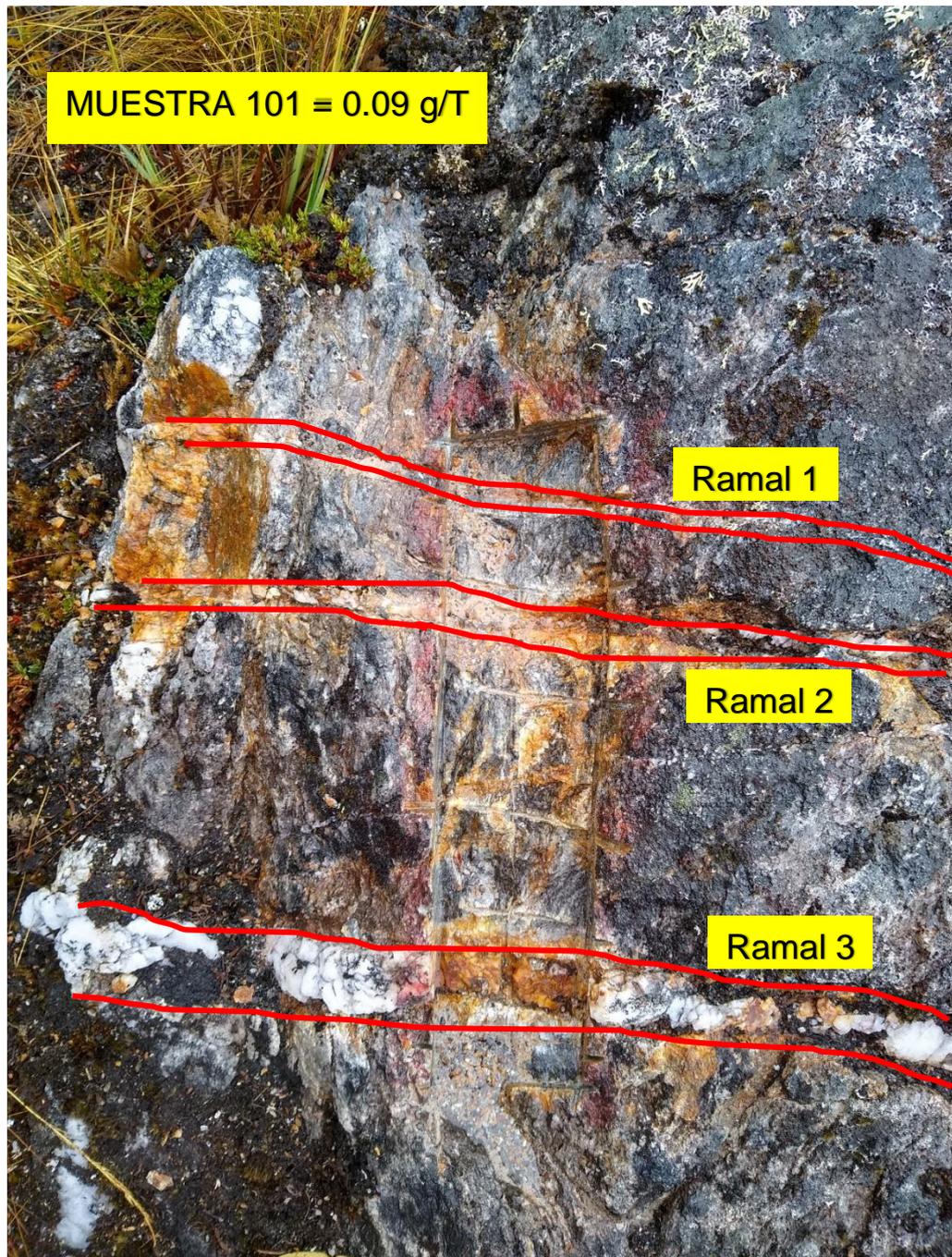


Foto N° 19 Veta Victoria. Etapa de muestreo

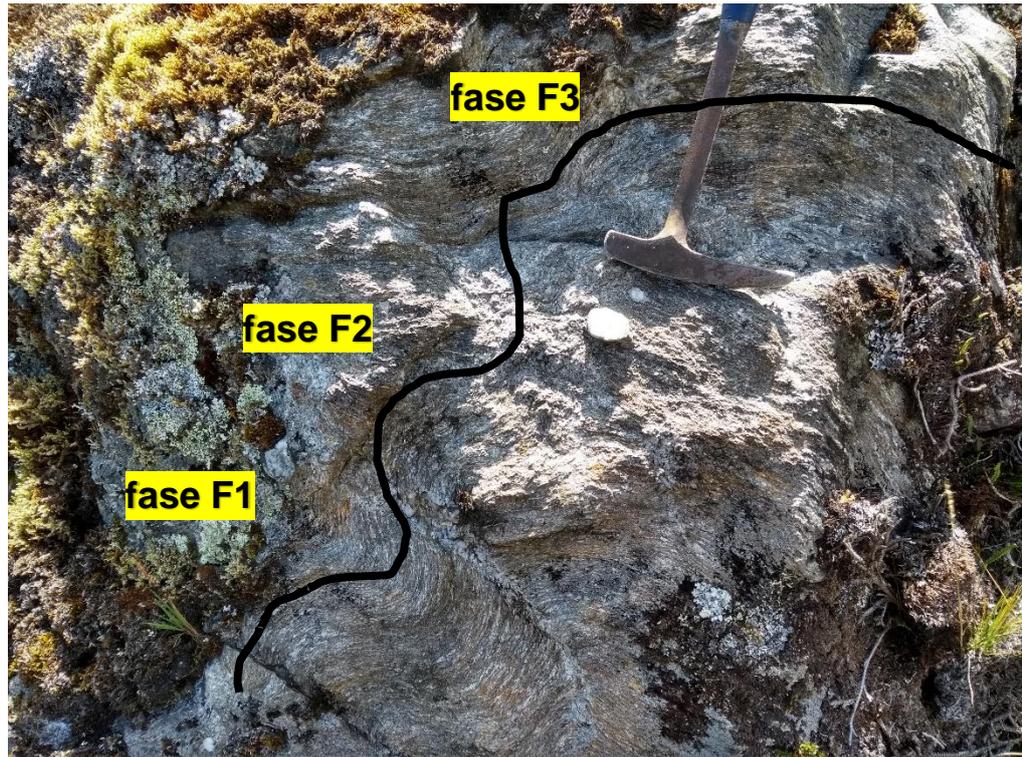


Foto N° 20 Eventos metamórficos



Foto N° 21 Esquisto de Textura Granoblástica



*Foto N° 22 Ortogneis de Textura Lepidoblástica*



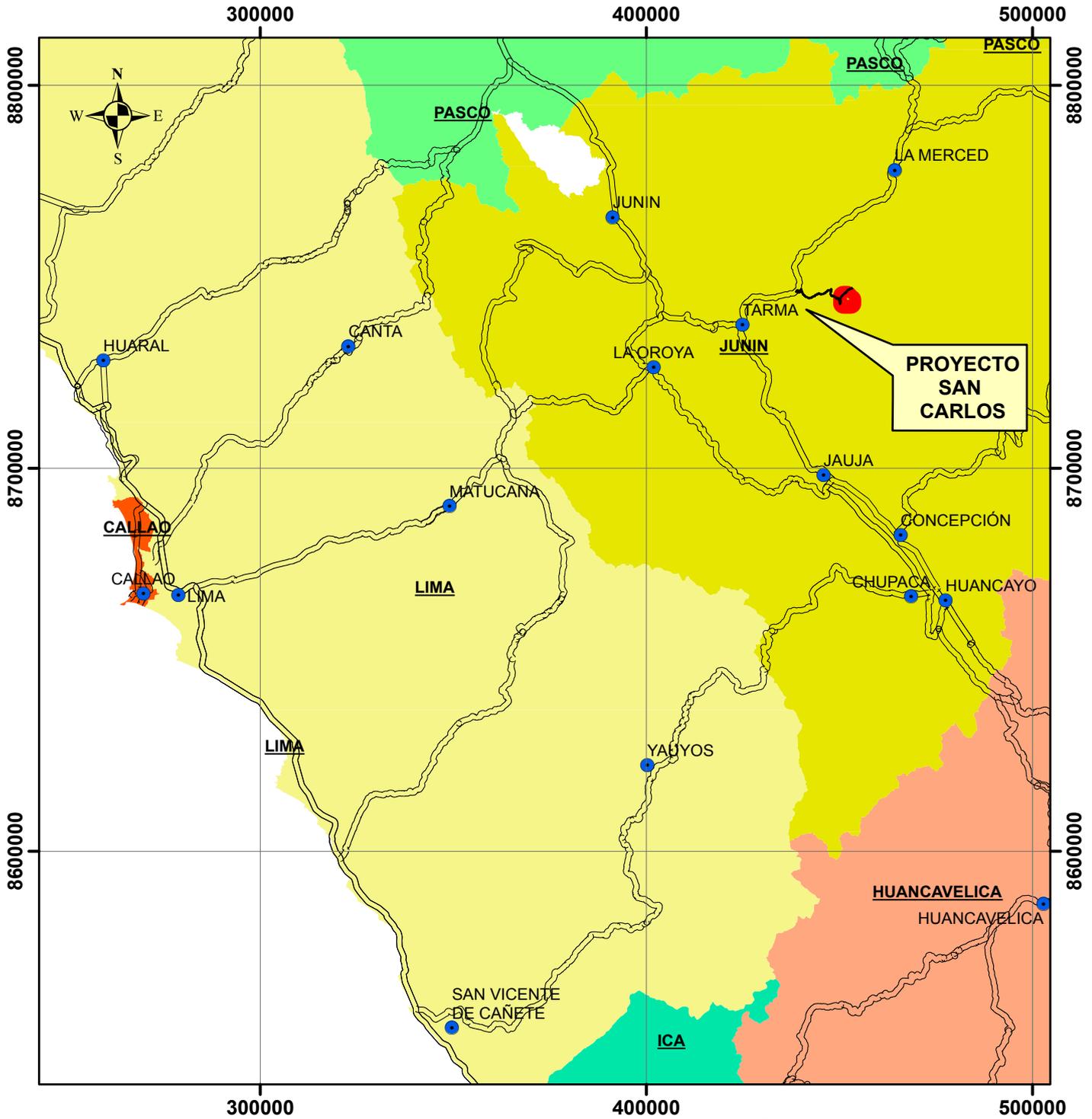
*Foto N° 23 Ortogneis de Textura Lepidoblástica*



*Foto N° 24 Vetilleo Tipo stockwork de Qz*



*Foto N° 25 Andesita con Piroxeno*



**UBICACION**



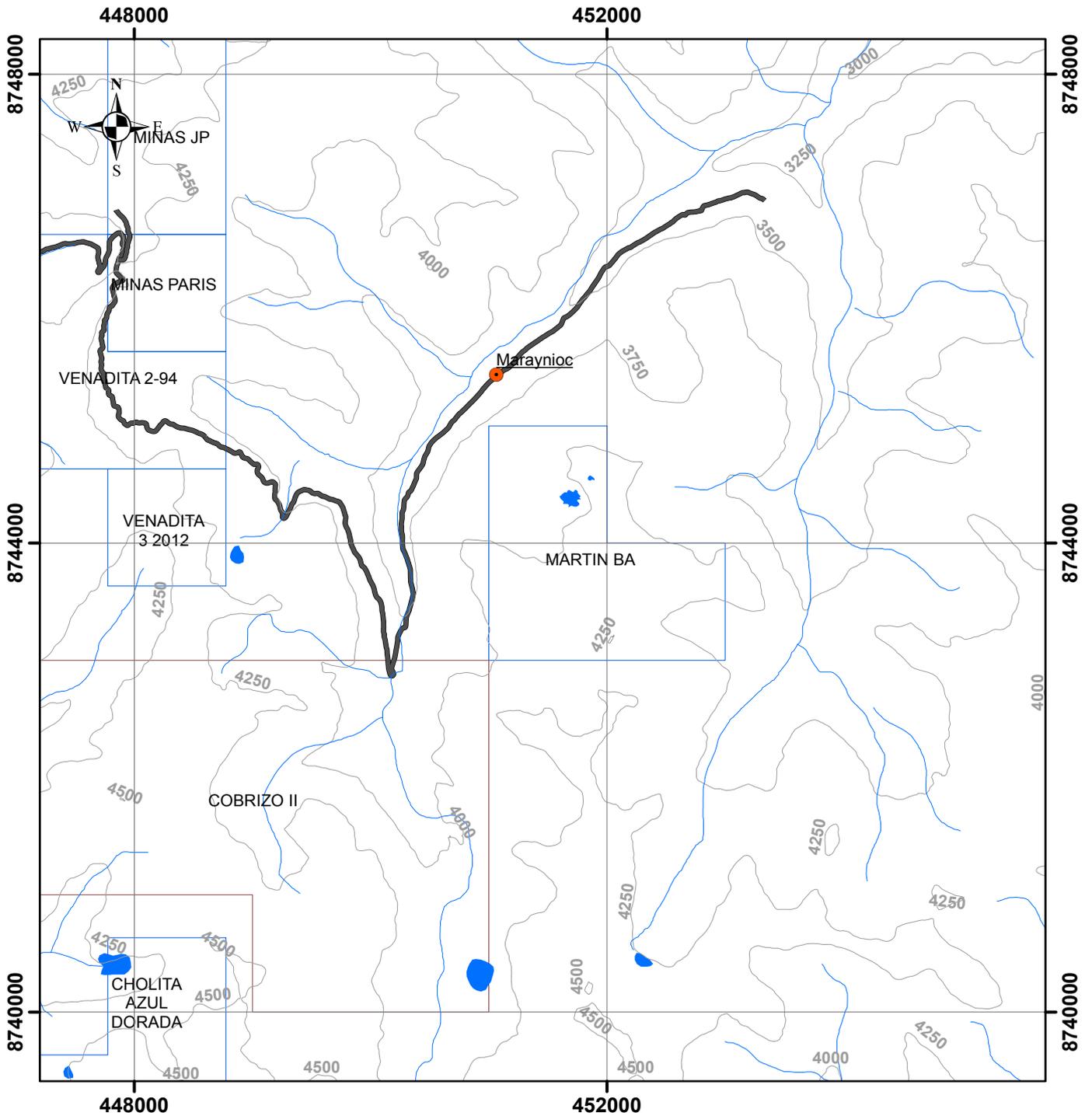
Escala  
1:1,500,000



LEYENDA	
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span>	HUANCVELICA
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span>	JUNIN
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span>	LIMA
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span>	PASCO

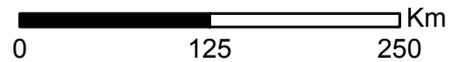
SIMBOLOGIA	
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:blue; border-radius:50%; border:1px solid black;"></span>	Capitales_Provincia
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:orange; border-radius:50%; border:1px solid black;"></span>	Centros Poblados
	Via Carrozable
	Via Asfaltada
	Ubicacion del Proyecto

PROYECTO: <b>SAN CARLOS</b>				
TITULO: <b>PLANO DE UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD</b>				
<b>ELABORADO:</b> Bach. Erick Baldeon Huaynates	<b>REVISADO:</b>	<b>APROVADO:</b>	<b>DIBUJADO:</b> Bach. Erick Baldeon Huaynates	<b>PLANO N°:</b> 01



Escala  
1:50,000

### UBICACION

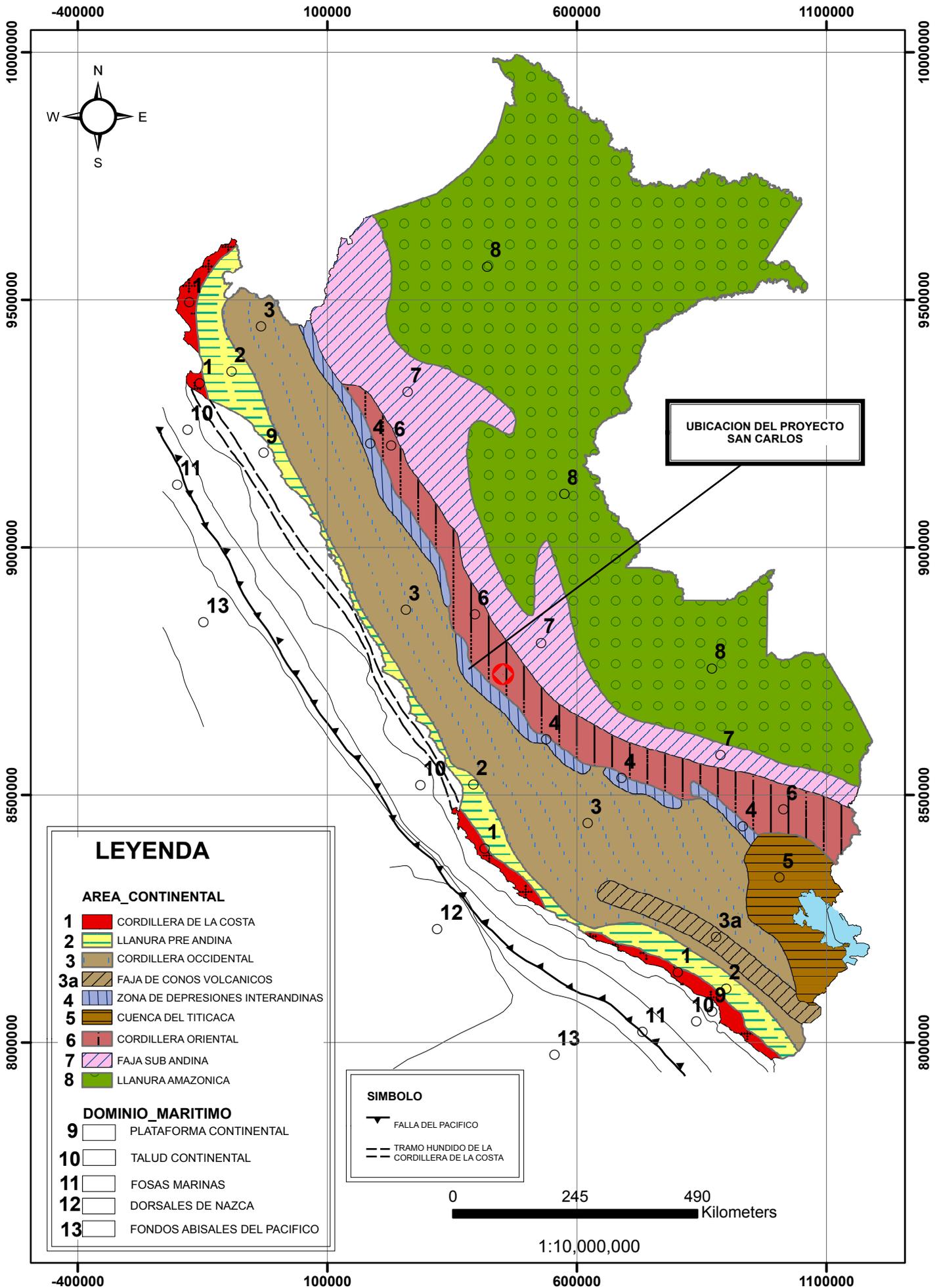


SIMBOLOGIA	
	Capital_Provincia
	Centro Poblado
	Drenaje
	Curvas Nivel
	VIAS_SANCARLOS
	Laguna

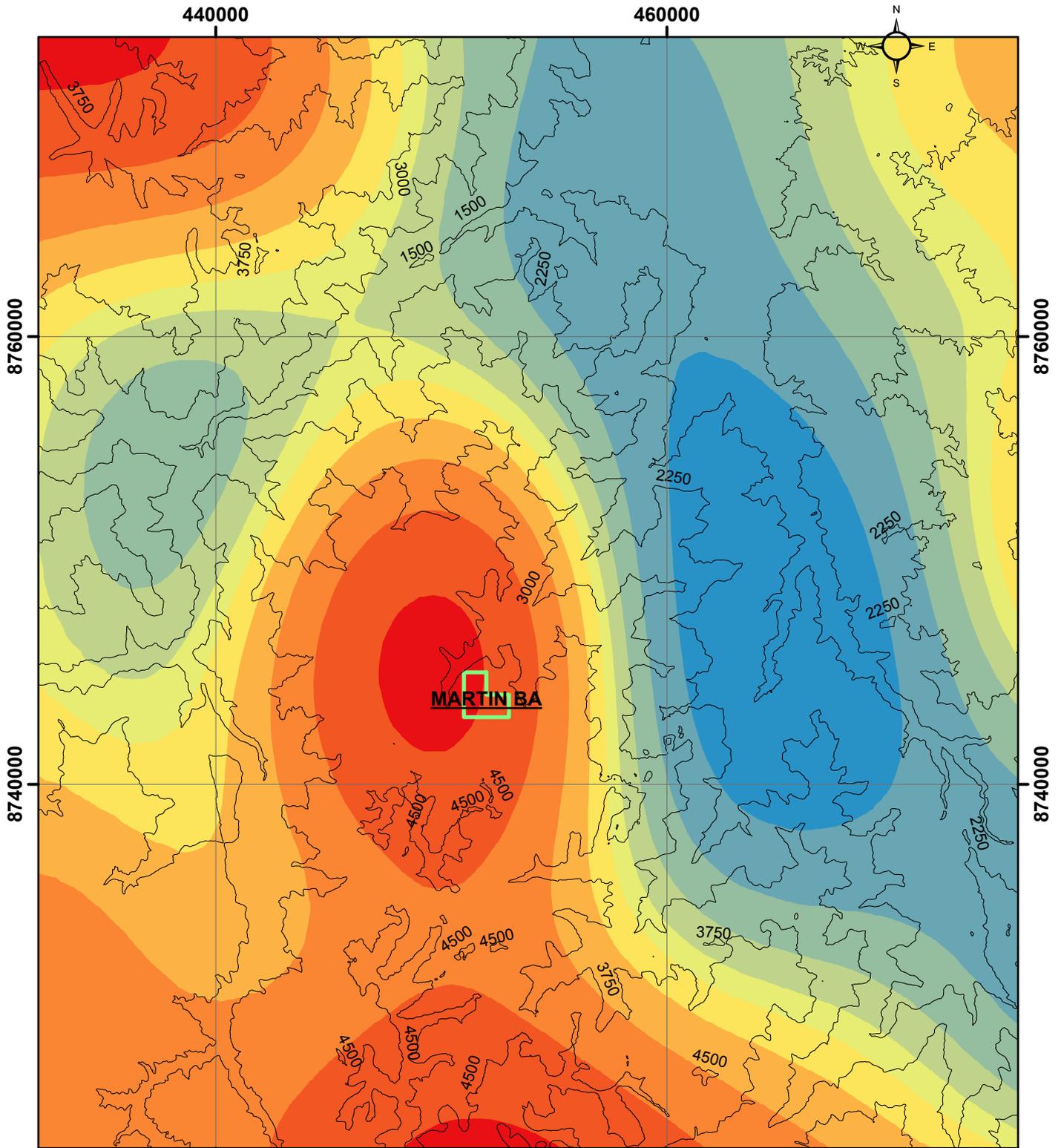
CatastroMinero WGS84_18S_060919	
	BLOQUEADO
	EXTINGUIDO
	OTROS
	TITULADO
	TRAMITE

PROYECTO:		SAN CARLOS		
TITULO:		PLANO DE UBICACIÓN DE CONCESIÓN MINERA		
ELABORADO:	REVISADO:	APROVADO:	DIBUJADO:	PLANO Nº:
Bach. Erick Baldeon Huaynates			Bach. Erick Baldeon Huaynates	02

# MAPA DE UNIDADES MORFOESTRUCTURALES DEL PERU







**UBICACION**



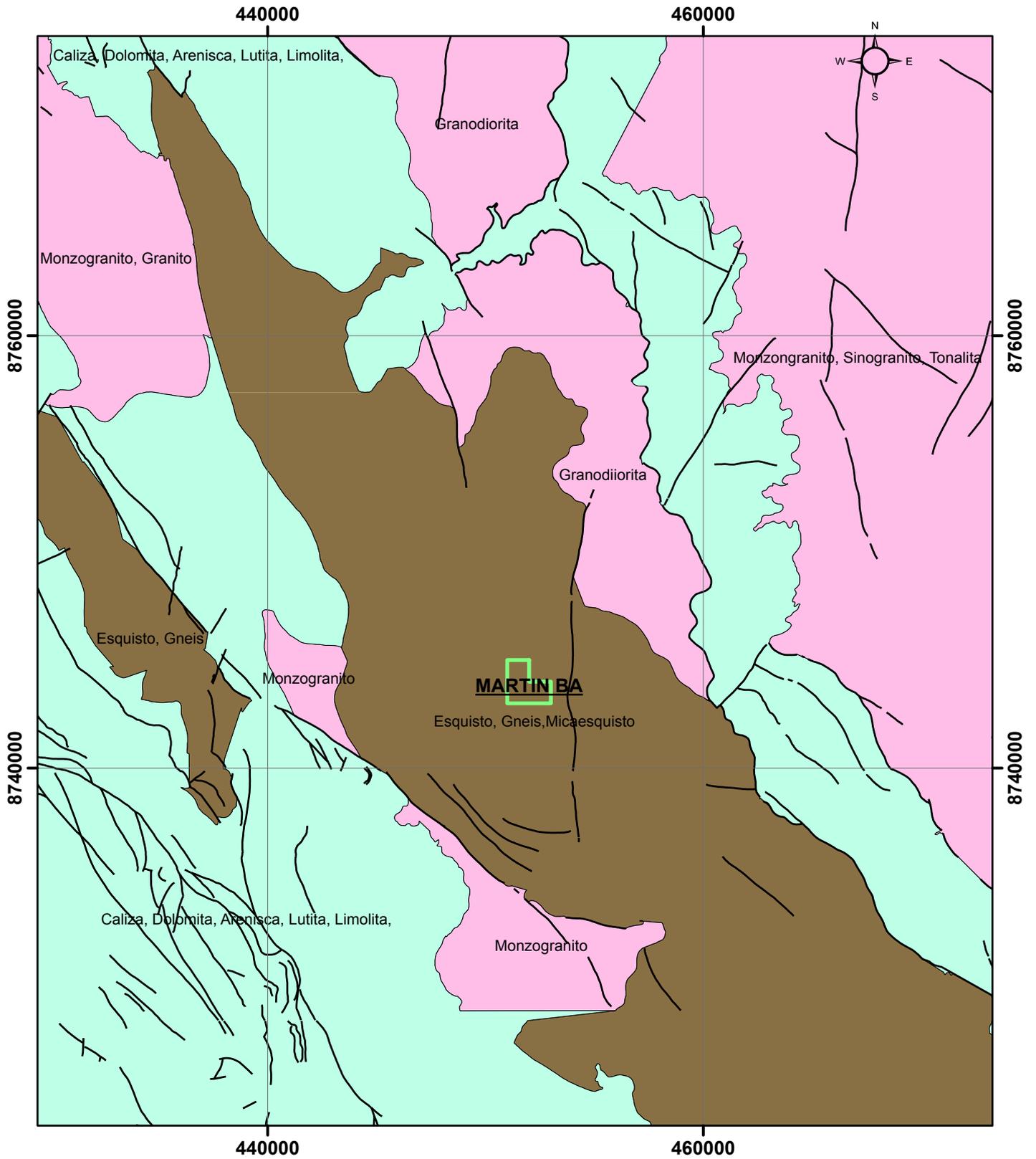
Escala  
1:250,000



Escala Gravimetrica	
	-200.4983521 - -131.7969832
	-131.7969831 - -80.89237994
	-80.89237993 - -43.17437409
	-43.17437408 - -15.22703976
	-15.22703975 - 5.480669414
	5.480669415 - 33.42800374
	33.42800375 - 71.1460096
	71.14600961 - 122.0506129
	122.050613 - 190.7519817
	190.7519818 - 283.4720459

SIMBOLOGIA	
	curvas de nivel
	CONSECCION "MARTIN_BA"

PROYECTO: <b>SAN CARLOS</b>				
TITULO: <b>PLANO GEOFISICO-Anomalia de Bouguer</b>				
ELABORADO: Bach. Erick Baldeon Huaynates	REVISADO:	APROVADO:	DIBUJADO: Bach. Erick Baldeon Huaynates	PLANO N°: 05



**UBICACION**



Escala  
1:250,000



**LEYENDA**

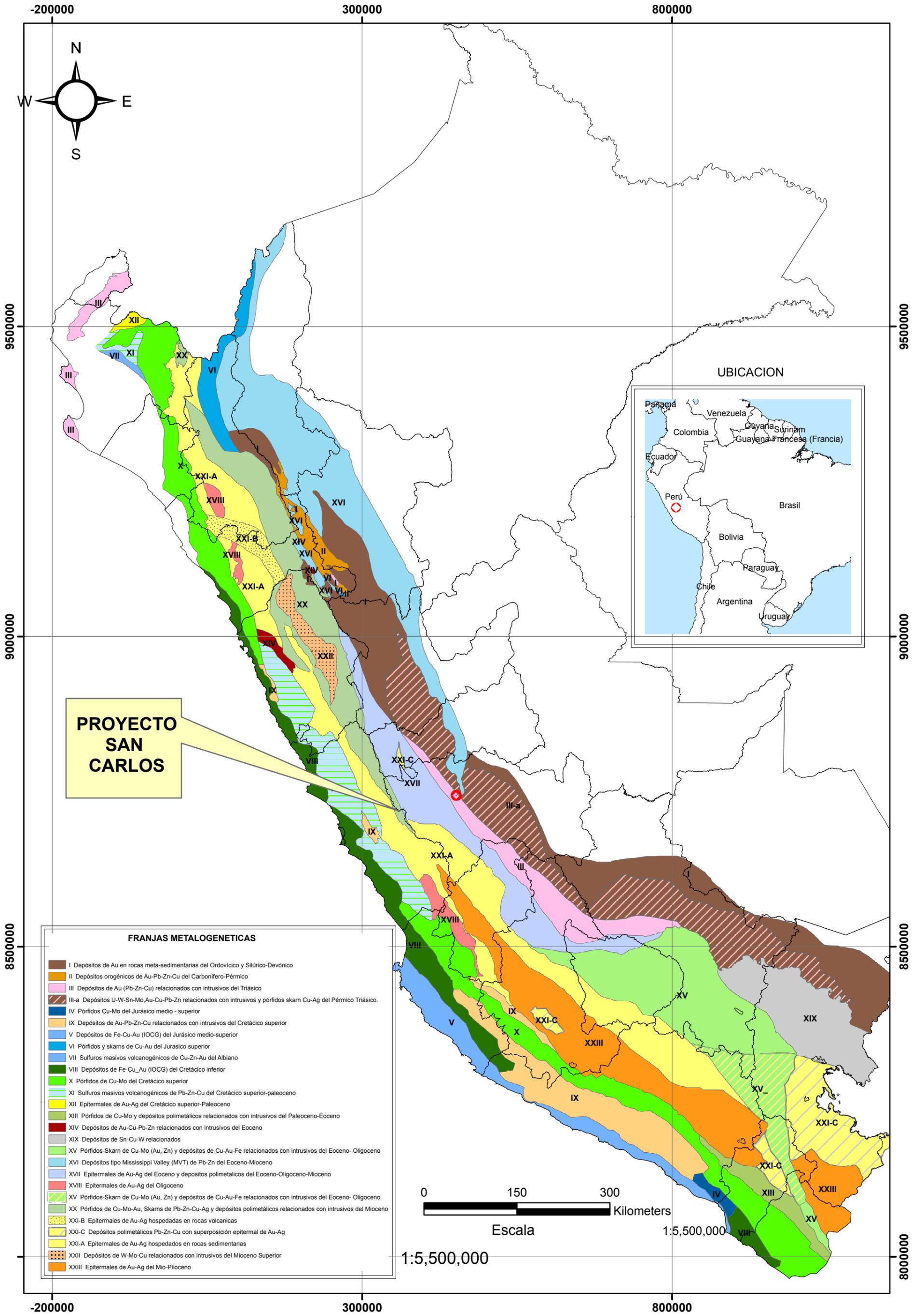
- Monzogranito, Sinogranito, Granito, Tonalita
- Caliza, Dolomita, Arenisca, Lutita, Limolita
- Esquisto, Gneiss, Micaesquisto,

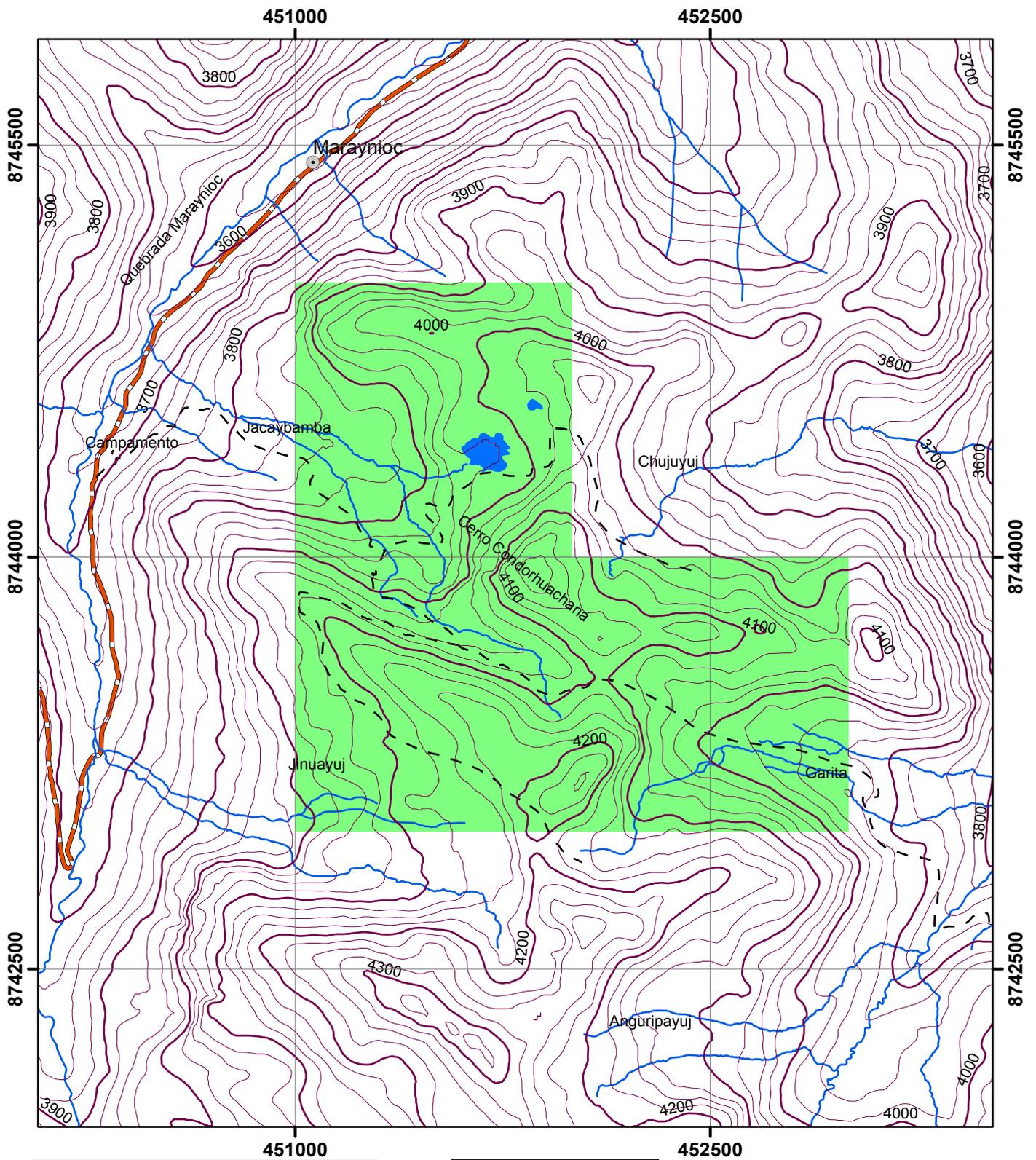
**SIMBOLOGIA**

- curvas de nivel
- CONCESION "MARTIN BA"
- Falla Geologica

<b>PROYECTO:</b> SAN CARLOS				
<b>TITULO:</b> PLANO LITOLOGICO POR ZONAS				
<b>CONCESIÓN MINERA MARTIN BA</b>				
<b>ELABORADO:</b> Bach. Erick Baldeon Huaynates	<b>REVISADO:</b>	<b>APROVADO:</b>	<b>DIBUJADO:</b> Bach. Erick Baldeon Huaynates	<b>PLANO N°:</b> 15

# MAPA METALOGENÉTICO

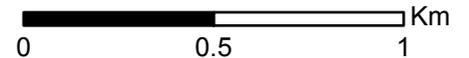




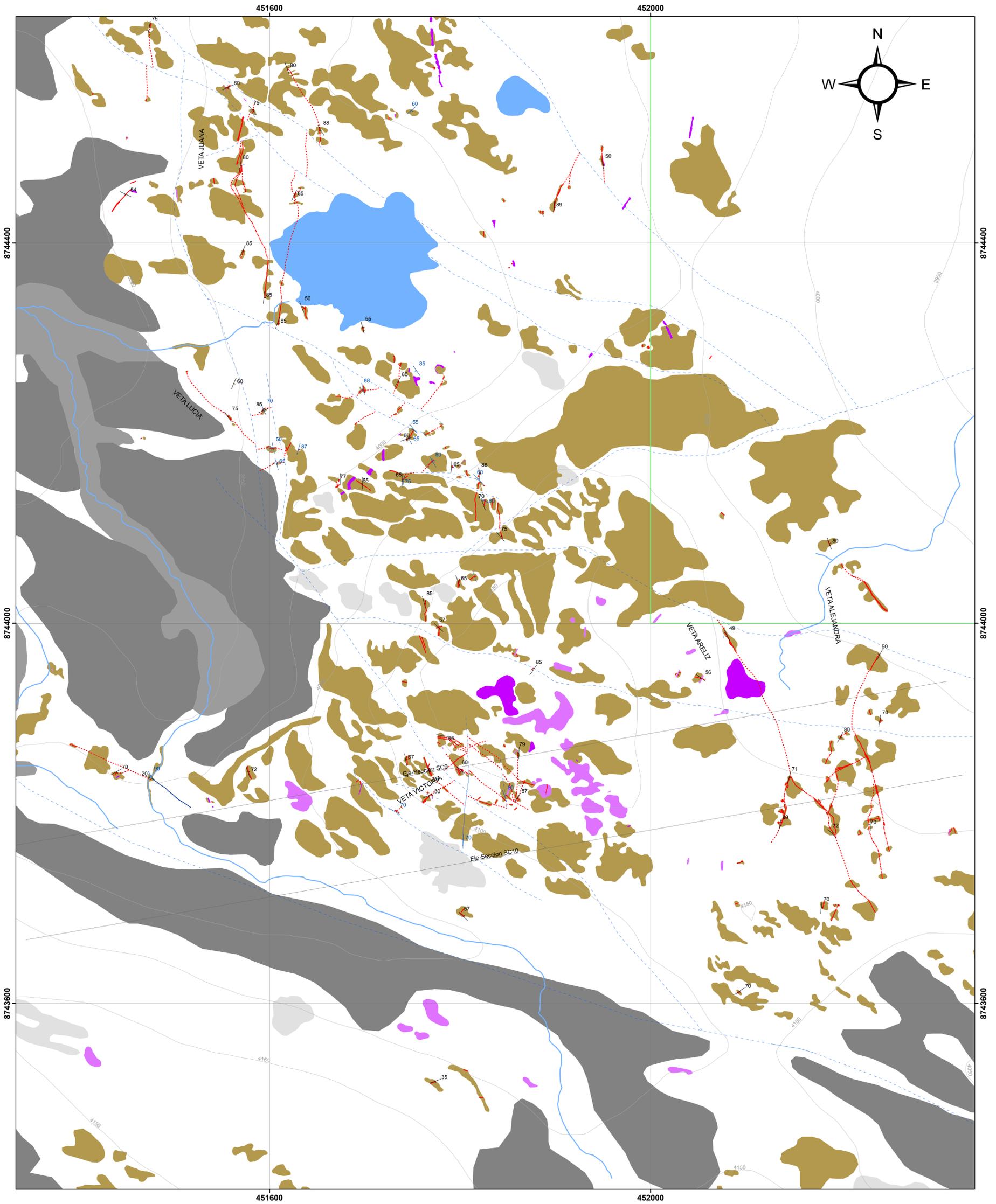
**SIMBOLOGIA**

- Anexo
- Prospecto MARTIN\_BA
- Curvas de Nivel Mayor
- Curvas de Nivel Menor
- Camino Herradura
- Drenaje
- Una sola via
- Campamento
- Laguna

**ESCALA**  
1:20,000



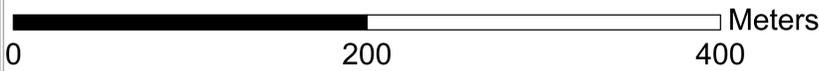
PROYECTO:		<b>SAN CARLOS</b>		
TITULO:		<b>PLANO TOPOGRAFICO</b>		
ELABORADO:	REVISADO:	APROVADO:	DIBUJADO:	PLANO Nº:
Bach. Erick Baldeon Huaynates			Bach. Erick Baldeon Huaynates	07



**UBICACION**



**Escala**  
1:2,000



**LEYENDA**

UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS VOLCANICAS	
Qh-co	Deposito Coluvial	Ki-M	Andesita con fenocristales de Piroxeno
Qh-al	Deposito Aluvial	Ki-AnP	Andesita Porfiritica
Qh-fg	Deposito Fluvioglacial	Ki-An	Andesita
Qh-mo	Deposito Morrena		
PE-elgn-ma	Complejo Maraynioc		

**SIMBOLOGIA**

Eje de Sección Geologica	Drenaje
Limite Concesion Minera	Laguna
Punto Topografico	Trocha Carrozable
Rumbo y Buzamiento de Fallas	Curva de Nivel
Rumbo y Buzamiento de vetas	Vegetacion
FOLIACION	<b>Mineralizacion en VETAS</b>
FALLA	VETA
FALLA INFERIDA	VETAS_INTERPRETADAS

**PROYECTO:**

**SAN CARLOS**

**TITULO:**

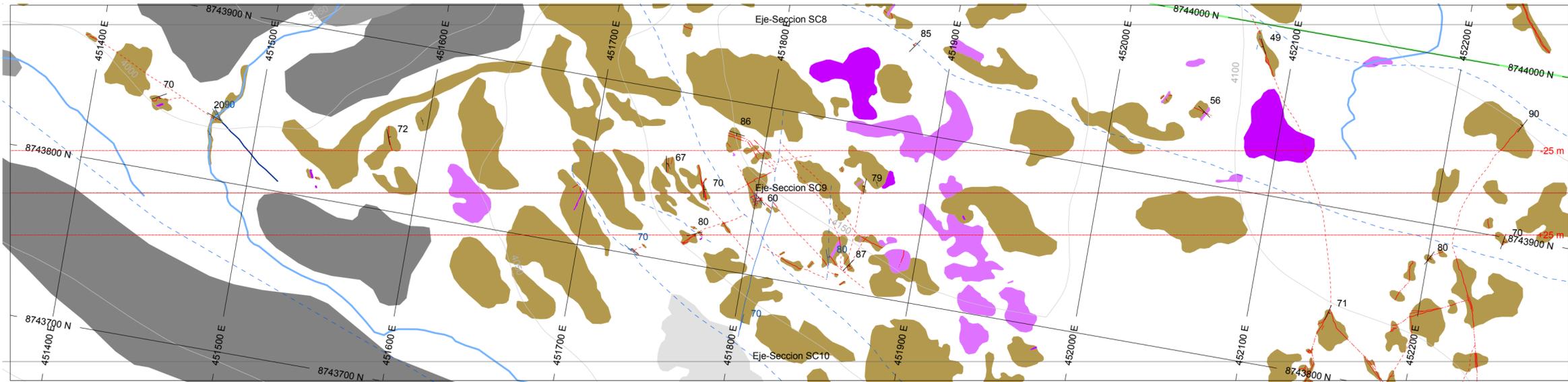
**PLANO GEOLOGICO**

**AREA:**

**CONCESIÓN MINERA MARTIN BA**

ELABORADO:	REVISADO:	APROVADO:	DIBUJADO:	PLANO Nº:
Bach. Erick Baldeon Huaynates			Bach. Erick Baldeon Huaynates	08





## SIMBOLOGIA

- Eje de Sección Geologica
- Limite Consecion Minera
- Punto Topografico
- Rumbo y Buzamiento de Fallas
- Rumbo y Buzamiento de vetas
- FOLIACION
- FALLA
- FALLA INFERIDA
- Drenaje
- Laguna
- Trocha Carrozable
- Curva de Nivel
- Vegetacion

### Mineralizacion en VETAS

- VETA
- VETAS\_INTERPRETADAS

### LEYENDA

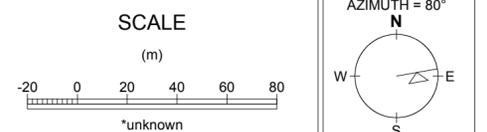
UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS VOLCANICAS	
Qh-co	Deposito Coluvial	Ki-M	Andesita con fenocristales de Piroxeno
Qh-al	Deposito Aluvial	Ki-AnP	Andesita Porfiritica
Qh-fg	Deposito Fluvio-glaciario	Ki-An	Andesita
Qh-mo	Deposito Morena		
PE-el/gn-ma	Complejo Maraynioc		

## Seccion Geologica 09

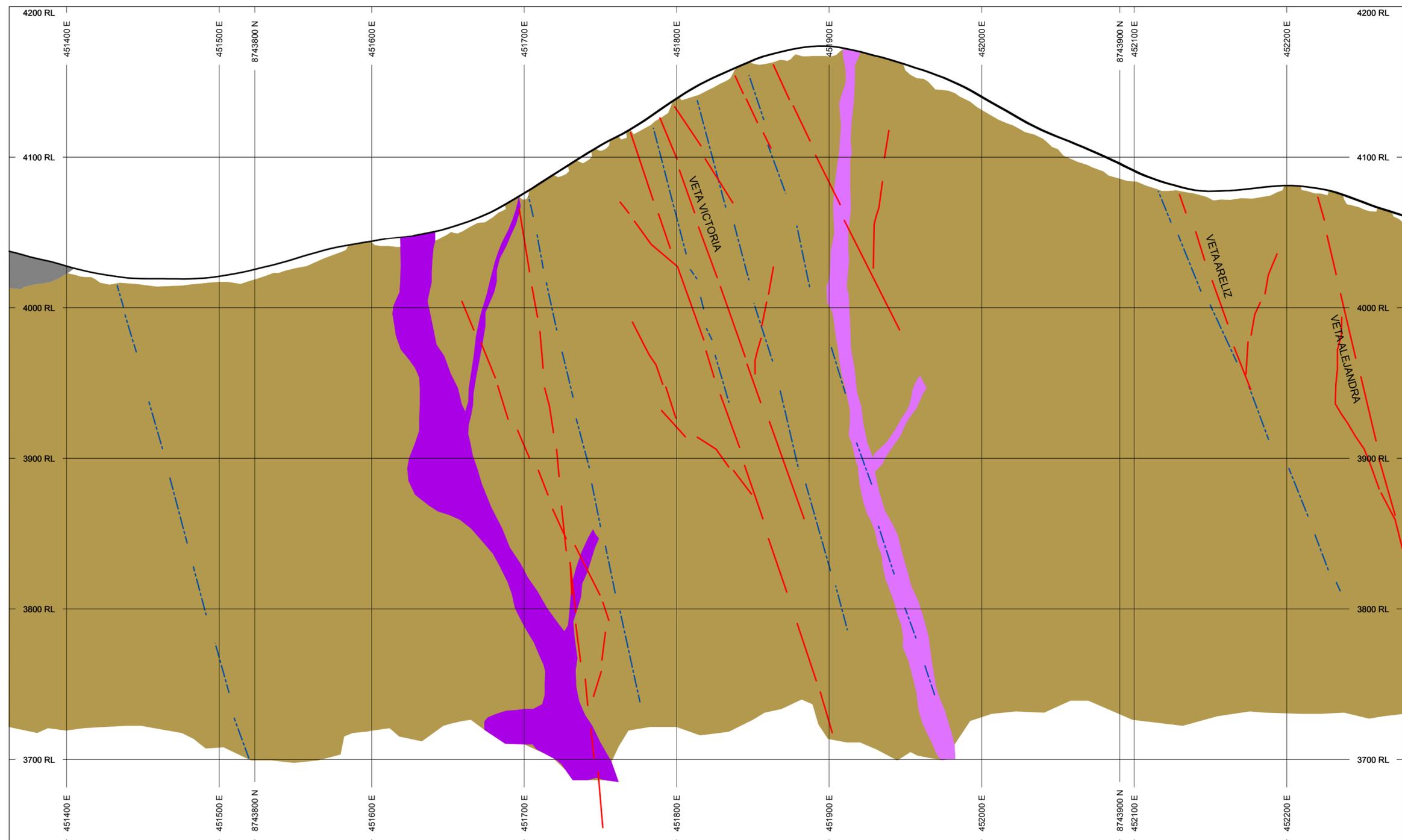
TOPOGRAPHY  
— GRD\_SC\_5\_GRD

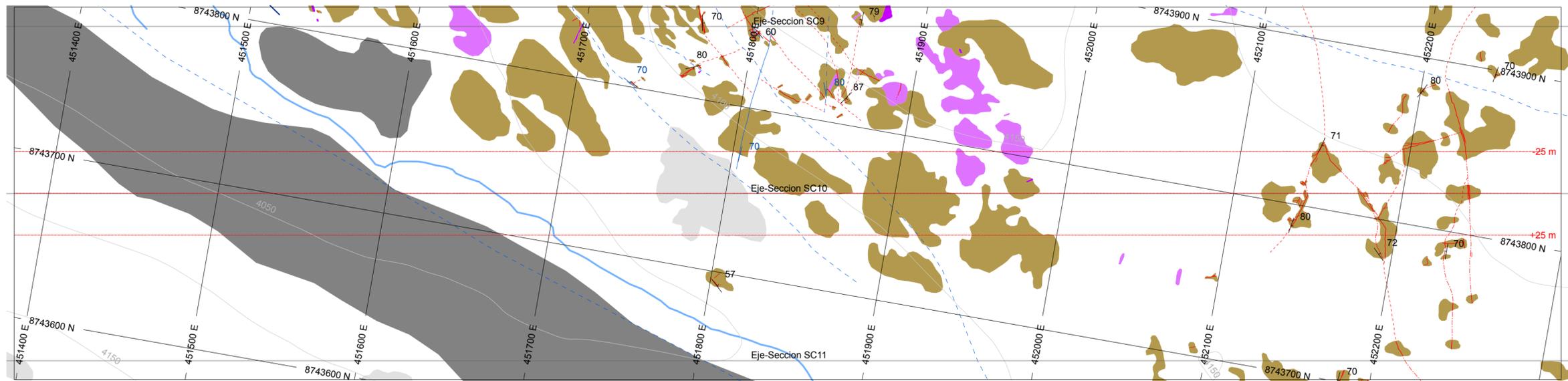
SECTION SPECS:  
REF. PT. E, N 451819 m 8743852 m  
EXTENTS 928 m 557.1 m  
SECTION TOP, BOT 4200 m 3643 m  
TOLERANCE +/- 25 m

**Escala**  
**1:2,000**



8743852N SECTION





# SIMBOLOGIA

- Eje de Sección Geologica
- Limite Consecion Minera
- Punto Topografico
- Rumbo y Buzamiento de Fallas
- Rumbo y Buzamiento de vetas
- FOLIACION
- FALLA
- FALLA INFERIDA
- Drenaje
- Laguna
- Trocha Carrozable
- Curva de Nivel
- Vegetacion

## Mineralizacion en VETAS

- VETA
- VETAS\_INTERPRETADAS

## LEYENDA

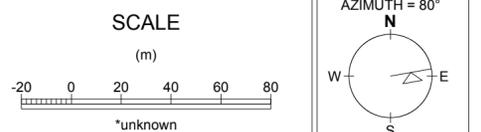
UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS VOLCANICAS	
Qh-co	Deposito Coluvial	Ki-M	Andesita con fenocristales de Piroxeno
Qh-al	Deposito Aluvial	Ki-AnP	Andesita Porfiritica
Qh-fg	Deposito Fluvio-glaciario	Ki-An	Andesita
Qh-mo	Deposito Morena		
PE-el/gn-ma	Complejo Maraynioc		

## Seccion Geologica 10

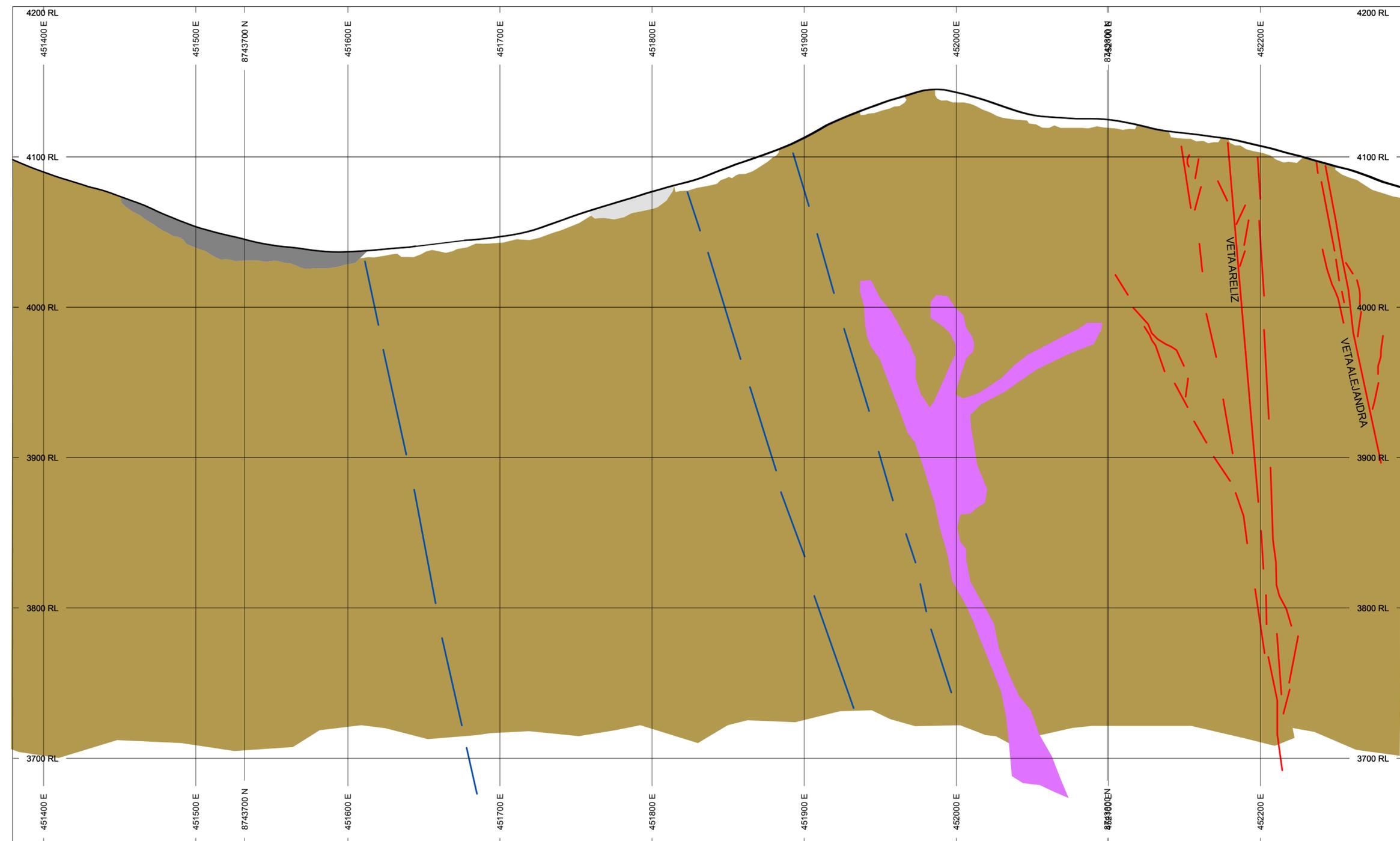
TOPOGRAPHY  
— GRD\_SC\_5.GRD

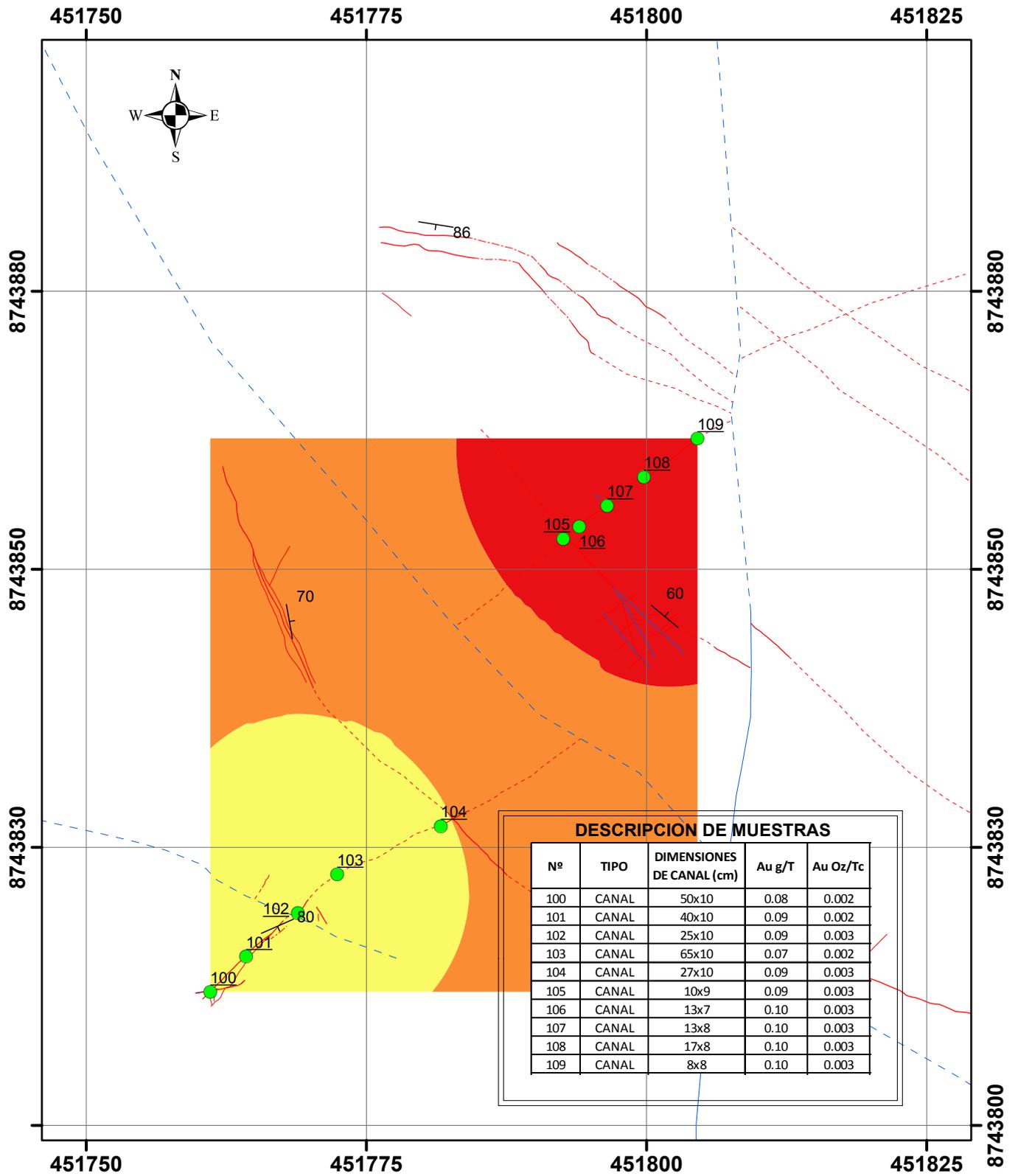
SECTION SPECS:  
REF. PT. E, N 451837 m 8743754 m  
EXTENTS 928 m 557.1 m  
SECTION TOP, BOT 4200 m 3643 m  
TOLERANCE +/- 25 m

**Escala**  
**1:2,000**



8743754N SECTION





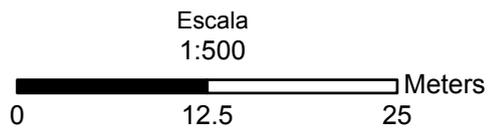
**DESCRIPCION DE MUESTRAS**

Nº	TIPO	DIMENSIONES DE CANAL (cm)	Au g/T	Au Oz/Tc
100	CANAL	50x10	0.08	0.002
101	CANAL	40x10	0.09	0.002
102	CANAL	25x10	0.09	0.003
103	CANAL	65x10	0.07	0.002
104	CANAL	27x10	0.09	0.003
105	CANAL	10x9	0.09	0.003
106	CANAL	13x7	0.10	0.003
107	CANAL	13x8	0.10	0.003
108	CANAL	17x8	0.10	0.003
109	CANAL	8x8	0.10	0.003

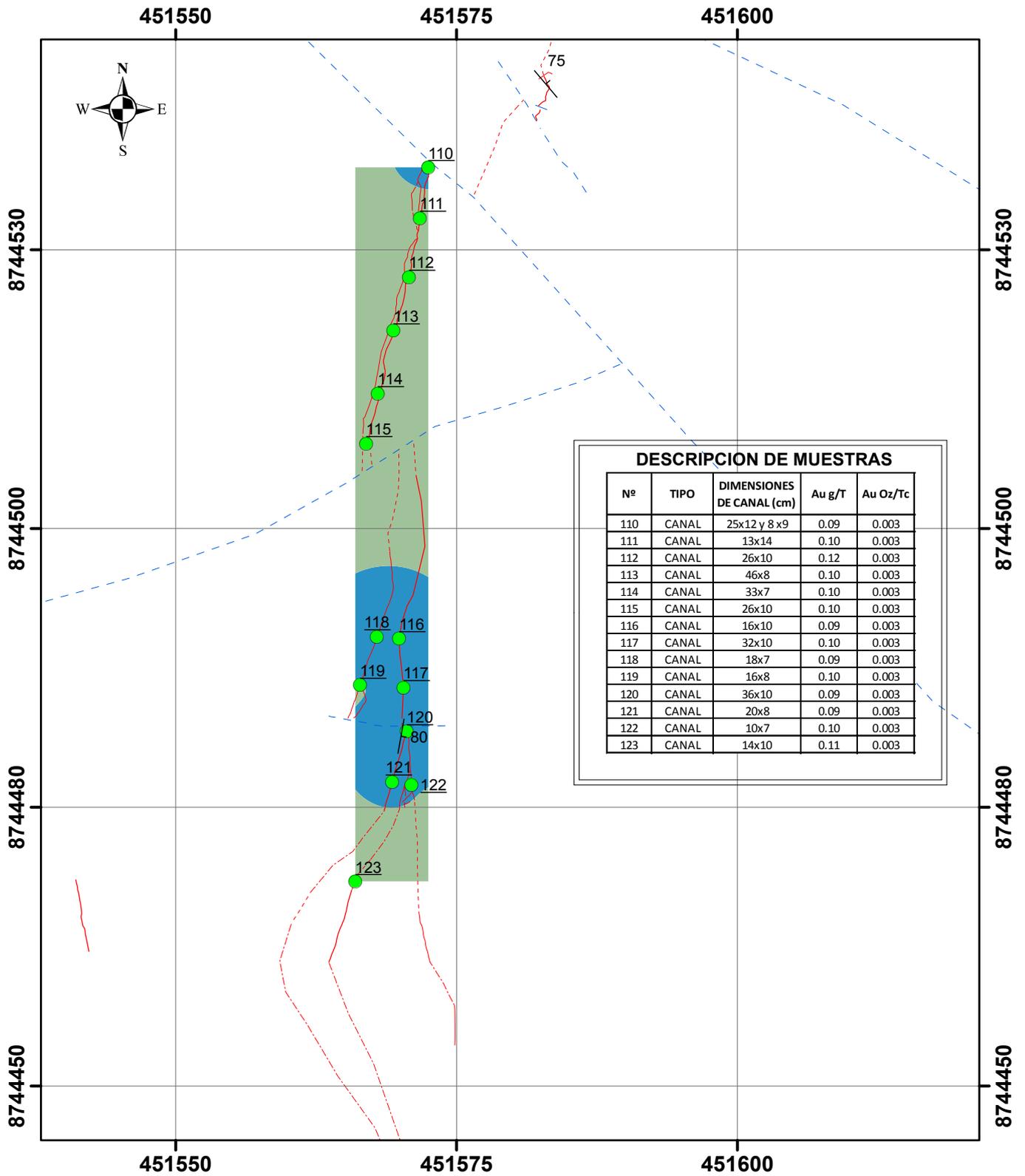
**SIMBOLOGIA**

- Muestras Veta Victoria
- Muestras de Cateo
- Laguna
- - - Rumbo\_Buzamiento\_Falla
- - - Rumbo\_Buzamiento\_Vetas
- Orientacion de Rocas Metamorficas
- VETA
- - - VETAS\_INTERPRETADAS
- FALLA
- - - FALLA INFERIDA

KRIGING Ln Au gr/T		KRIGING Au gr/T	
Filled Contours		Filled Contours	
	-2.65926004 -- -2.58792505		0.07 - 0.076
	-2.58792505 -- -2.51659006		0.076 - 0.082
	-2.51659006 -- -2.44525507		0.082 - 0.088
	-2.44525507 -- -2.37392008		0.088 - 0.094
	-2.37392008 -- -2.30258509		0.094 - 0.1



PROYECTO: <b>SAN CARLOS</b>				
TITULO: <b>PLANO GEOQUIMICO - VETA VICTORIA</b>				
ELABORADO: Bach. Erick Baldeon Huaynates	REVISADO:	APROVADO:	DIBUJADO: Bach. Erick Baldeon Huaynates	PLANO Nº: 12



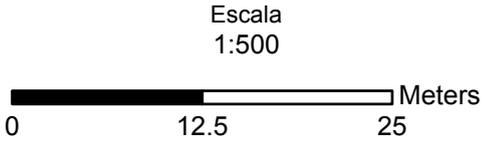
**DESCRIPCION DE MUESTRAS**

Nº	TIPO	DIMENSIONES DE CANAL (cm)	Au g/T	Au Oz/Tc
110	CANAL	25x12 y 8x9	0.09	0.003
111	CANAL	13x14	0.10	0.003
112	CANAL	26x10	0.12	0.003
113	CANAL	46x8	0.10	0.003
114	CANAL	33x7	0.10	0.003
115	CANAL	26x10	0.10	0.003
116	CANAL	16x10	0.09	0.003
117	CANAL	32x10	0.10	0.003
118	CANAL	18x7	0.09	0.003
119	CANAL	16x8	0.10	0.003
120	CANAL	36x10	0.09	0.003
121	CANAL	20x8	0.09	0.003
122	CANAL	10x7	0.10	0.003
123	CANAL	14x10	0.11	0.003

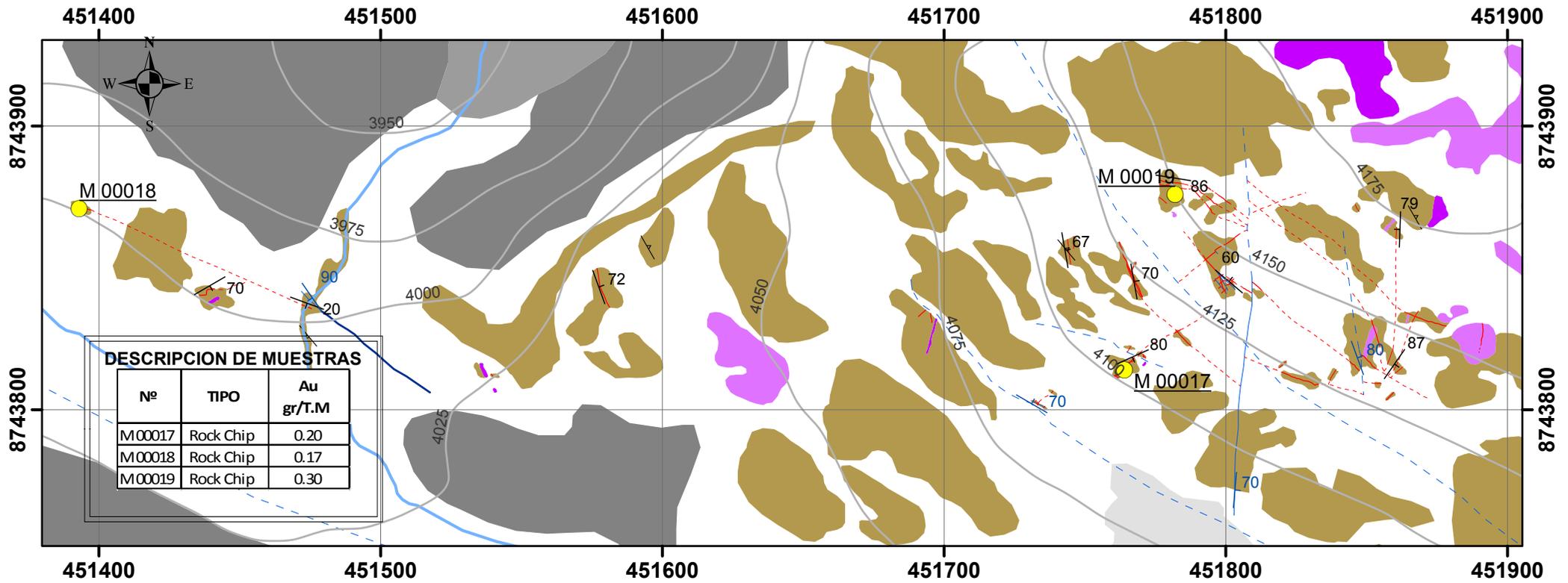
**SIMBOLOGIA**

- Muestras Veta Juana
- Muestras de Cateo
- Laguna
- Rumbo\_Buzamiento\_Falla
- Rumbo\_Buzamiento\_Vetas
- Orientacion de Rocas Metamorficas
- - - VETAS\_INTERPRETADAS
- - - FALLA
- - - FALLA INFERIDA

KRIGING Ln Au gr/T		KRIGING Au gr/T	
<span style="background-color: #008080; width: 15px; height: 10px;"></span>	-2.40794561 – -2.32810272	<span style="background-color: #008080; width: 15px; height: 10px;"></span>	0.09 – 0.097717283
<span style="background-color: #90EE90; width: 15px; height: 10px;"></span>	-2.32810272 – -2.26140497	<span style="background-color: #90EE90; width: 15px; height: 10px;"></span>	0.097717283 – 0.104460554
<span style="background-color: #FFFF00; width: 15px; height: 10px;"></span>	-2.26140497 – -2.20568816	<span style="background-color: #FFFF00; width: 15px; height: 10px;"></span>	0.104460554 – 0.110352747
<span style="background-color: #FFA500; width: 15px; height: 10px;"></span>	-2.20568816 – -2.15914443	<span style="background-color: #FFA500; width: 15px; height: 10px;"></span>	0.110352747 – 0.115501275
<span style="background-color: #FF0000; width: 15px; height: 10px;"></span>	-2.15914443 – -2.12026354	<span style="background-color: #FF0000; width: 15px; height: 10px;"></span>	0.115501275 – 0.12



<b>PROYECTO: SAN CARLOS</b>				
<b>TITULO: PLANO GEOQUIMICO - VETA JUANA</b>				
<b>ELABORADO:</b> Bach. Erick Baldeon Huaynates	<b>REVISADO:</b>	<b>APROVADO:</b>	<b>DIBUJADO:</b> Bach. Erick Baldeon Huaynates	<b>PLANO Nº:</b> 13



**RESULTADO DE MUESTRA - ICP**

Nº	Al ppm (*)	As ppm	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	Ca ppm	Cd ppm	Ce ppm	Co ppm	Cr ppm (*)	Cu ppm	Fe ppm	Ga ppm	Ge ppm	Hg ppm	In ppm	K ppm	Mg ppm	Mn ppm	Mo ppm	Na ppm	Ni ppm	P ppm	Pb ppm	S ppm	Sb ppm	Sc ppm	Se ppm	Sn ppm	Sr ppm	Te ppm	Ti ppm	Tl ppm	V ppm	W ppm	Zn ppm	Ag ppm
M 00019	6986	<4	83	0.4	<2	387	<1	19	5	220	<2	21442	<10	<5	<1	<10	5253	3810	387	951	374	28	251	69	4832	2	2	<5	<10	6	<5	445	<5	19	<10	41	0.7

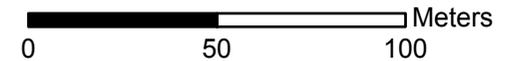
**SIMBOLOGIA**

- Muestras Veta Juana
- Muestras de Cateo
- Laguna
- ┆ Rumbo\_Buzamiento\_Falla
- ┆ Rumbo\_Buzamiento\_Vetas
- ┆ Orientacion de Rocas Metamorficas
- VETA
- - - VETA INFERIDA
- - - VETAS\_INTERPRETADAS
- FALLA
- - - FALLA INFERIDA

**LEYENDA**

UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS VOLCANICAS	
■ Qh-co	Deposito Coluvial	■ Ki-M	Andesita con fenocristales de Piroxeno
■ Qh-al	Deposito Aluvial	■ Ki-AnP	Andesita Porfiritica
■ Qh-fg	Deposito Fluvioglacial	■ Ki-An	Andesita
■ Qh-mo	Deposito Morrena		
■ PE-e/gn-ma	Complejo Maraynioc		

Escala  
1:2,000



<b>PROYECTO:</b> SAN CARLOS				
<b>TITULO:</b> PLANO DE UBICACIÓN MUESTRAS - ROCK CHIP				
<b>ELABORADO:</b> Bach. Erick Baldeon Huaynates	<b>REVISADO:</b>	<b>APROVADO:</b>	<b>DIBUJADO:</b> Bach. Erick Baldeon Huaynates	<b>PLANO Nº:</b> 14