

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



**T E S I S**

**Exploración geológica preliminar del proyecto La Toñi zona I; Paucar**

**- Provincia Daniel Alcides Carrión - Región Pasco**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

**Bach. David Eduardo DIAZ ARCE**

**Asesor:**

**Dr. Reynaldo MEJIA CACERES**

**Cerro de Pasco – Perú - 2024**

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



**T E S I S**

**Exploración geológica preliminar del proyecto La Toñi zona I; Paucar**  
**- Provincia Daniel Alcides Carrión - Región Pasco.**

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

---

**Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Luis Arturo LAZO PAGÁN**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

**Facultad de Ingeniería**

**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 179-2023-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Exploración geológica preliminar del proyecto La Toñi zona I; Paucar -  
Provincia Daniel Alcides Carrión - Región Pasco.**

Apellidos y nombres de los testistas:

**Bach. DIAZ ARCE, David Eduardo**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Dr. MEJIA CACERES, Reynaldo**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Geológica**

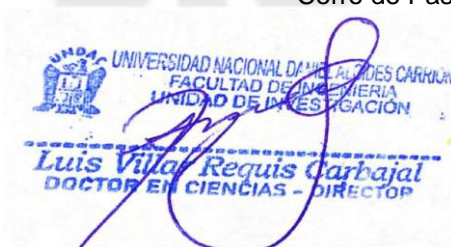
Índice de Similitud

**12%**

**APROBADO**

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 27 de diciembre del 2023

  
UNDA UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villar Requies Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

Para los que han encontrado la VERDAD, pónganla en práctica no se confíen y para los que están en la búsqueda interior de la misma, no desfallezcan. Porque el AMOR es el único propósito de la vida en este mundo. *AMOR=VERDAD* conoceréis la verdad, y la verdad os hará libres...

Te amo mucho Amanda Yobana ARCE ROJAS mí mamita linda...

## **AGRADECIMIENTO**

A la empresa **STELLAR MINIG** por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en el campo de la exploración...

## RESUMEN

La presente tiene como único y principal objetivo, analizar los resultados obtenidos en la exploración geológica preliminar del proyecto La Toñi zona I, con el fin de determinar su valor científico/técnico o su posible valor prospectivo.

SAM (Spectral Angle Mapper), para la obtención de las anomalías minerales presentes en el área fue la mejor opción, posteriormente la utilización del ANÁLISIS COMPOSICIONAL DE DATOS (Descritas por el M.Sc. Ricardo A. VALLS), fueron los métodos utilizados en este trabajo.

El proceso desarrollado fue una investigación aplicada empezando por el PDI (Procesamiento de Imágenes Satelitales) como primer paso en el proceso de tratamiento de datos crudos del sensor con el que se trabajó (ASTER L1T). Dando lugar al trabajo de campo en materia de muestreo, corroborar el tema litológico y lineamientos morfoestructurales. Continuando con el tratamiento de datos cerrados (obtenidos de laboratorio) para tener un panorama más realista del comportamiento geoquímico del área en mención.

Finalmente, con los datos abiertos, el tratamiento estadístico gráfico realizado en el CODAPAK arroja los elementos de interés presentes en el por ahora llamado Depósito Mineral. El nivel de estudio es correlacional debido a que EL SAM y EL ANÁLISIS COMPOSICIONAL DE DATOS ayudan a responder el cómo se relacionan las anomalías minerales con su distribución en el espacio.

Las leyes fluctúan: Cu ppm (0.05-46.30), Pb ppm (0.01-0.17), Ag ppm (0.01-0.47) y Zn ppm (0.08-32.79), por lo que sería considerada como OCURRENCIA MINERAL.

**Palabras clave:** Anomalías Minerales, Análisis Composicional de Datos, Spectral Angle Mapper, Ocurrencia Mineral, Fluctuación.

## ABSTRACT

The sole and main objective of this document is to analyze the results obtained in the preliminary geological exploration of the La Toñi zone I project, in order to determine its scientific/technical value or its possible prospective value.

SAM (Spectral Angle Mapper), to obtain the mineral anomalies present in the area was the best option, later the use of COMPOSITIONAL DATA ANALYSIS (Described by M.Sc. Ricardo A. VALLS), were the methods used in this work.

The process developed was an applied research starting with the PDI (Satellite Image Processing) as the first step in the raw data processing process of the sensor with which we worked (ASTER L1T). Giving rise to field work in terms of sampling, corroborate the lithological theme and morphostructural guidelines. Continuing with the treatment of closed data (obtained from the laboratory) to have a more realistic picture of the geochemical behavior of the area in question.

Finally, with the open data, the graphic statistical treatment carried out in CODAPAK revealed the elements of interest present in what is now called the Mineral Deposit. The level of study is correlational because SAM and COMPOSITIONAL ANALYSIS OF DATA help to answer how mineral anomalies are related to their distribution in space.

The grades fluctuate: Cu ppm (0.05-46.30), Pb ppm (0.01-0.17), Ag ppm (0.01-0.47) and Zn ppm (0.08-32.79), so it would be considered as MINERAL OCCURRENCE.

**Keywords:** *Mineral*: Anomalies, Compositional Data Analysis, Spectral Angle Mapper, Mineral Occurrence, Fluctuation.

## INTRODUCCIÓN

En un país donde el 60% de su economía está basada en la actividad minera, la superficie de nuestra rica y cotizada tierra, alberga en sus más recónditos y hermosos terrenos a los valerosos “geólogos”, que sin importarles el deterioro que la distancia y el tiempo generan en los lazos familiares; cumplen con los más altos estándares de su diaria tarea laboral.

Por muchos años nuestros predecesores “geólogos” que contribuyeron enormemente a la economía del País y por qué, dejar de lado a los que actualmente siguen estos pasos, el cual consiste en tener como primer y único fin, impulsar la grandeza del Perú; con sus pequeñas y a la vez grandes actuaciones científicas, geológicamente hablando, ya que solamente los entendidos darán validez a estas palabras.

El primero e indispensable de todas es la exploración preliminar y es lo que quiero compartir y desarrollar en este proyecto, enfocándonos no solo en esta parte sino también en las herramientas actuales de Teledetección brindada por los diferentes sensores que tenemos disponibles y que servirá de apoyo para esta investigación.

El proyecto de investigación que presento a continuación, garantizará el cumplimiento de los diversos aspectos de educación e investigación. Todas estas desarrollándose para el entendimiento del lector. Desde ya agradezco sus observaciones y sugerencias.



## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación:.....	2
1.3. Formulación del Problema .....	2
1.3.1. Problema general .....	2
1.3.2. Problemas Específicos.....	3
1.4. Formulación de Objetivos:.....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos Específicos .....	3
1.5. Justificación de la investigación .....	4
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	4

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	3
2.2. Bases Teóricas – Científicas .....	6
2.2.1. Exploración geológica.....	6
2.2.2. Prospección.....	6
2.2.3. Muestreo .....	8
2.2.4. Análisis químico - método ICO- MS.....	12

2.2.5.	Procesamiento digital de imágenes .....	13
2.2.6.	Principios de teledetección: .....	26
2.2.7.	Sensor Aster.....	32
2.3.	Definición de términos básicos .....	35
2.4.	Formulación de Hipótesis: .....	38
2.4.1.	Hipótesis general .....	38
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	38
2.5.	Identificación de variables: .....	38
2.5.1.	Variables Independientes.....	38
2.5.2.	Variables Dependientes .....	38
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores: .....	40

### **CAPITULO III**

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

3.1.	Tipo de Investigación.....	41
3.2.	Nivel de investigación.....	41
3.3.	Métodos de Investigación .....	41
3.4.	Diseño de Investigación .....	42
3.5.	Población y Muestra.....	43
3.5.1.	Población .....	43
3.5.2.	Muestra .....	43
3.6.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	44
3.6.1.	Técnicas .....	44
3.6.2.	Instrumentos .....	44
3.7.	Técnicas de Procesamiento y análisis de datos .....	44
3.8.	Tratamiento Estadístico.....	45
3.8.1.	Gráfico - Coordenadas UTM.....	45
3.8.2.	Imputación de datos.....	46

3.8.3.	Transformación de datos a ppm .....	46
3.8.4.	Normalización del peso .....	46
3.8.5.	Coda Resto.....	46
3.8.6.	Agrupación de Datos .....	46
3.8.7.	Amalgamiento de REE .....	47
3.8.8.	Normalización de Fe y Mn .....	48
3.8.9.	Codapack Datos.....	49
3.9.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación .....	53
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica .....	53

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Descripción del trabajo de campo .....	54
4.1.1.	Obtención remota de datos preliminares mediante PDI.....	54
4.1.2.	Levantamiento Topográfico .....	54
4.1.3.	Levantamiento Geológico .....	55
4.1.4.	Muestreo .....	66
4.1.5.	Geoquímica.....	68
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	71
4.3.	Prueba de Hipótesis.....	90
4.4.	Discusión de Resultados .....	91

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas UTM-WGS84, concesión ARKADEA-N°690000015.....	2
Tabla 2: Bandas del espectro electromagnético .....	17
Tabla 3: Bandas del sensor ASTER. ....	34
Tabla 4: Distribución de las muestras en la zona I del proyecto la Toñi.....	45
Tabla 5: Agrupación de elementos en los de Depósitos Minerales.....	47
Tabla 6: Leyes tratadas estadísticamente de elementos presentes en las muestras tomadas de la zona I del proyecto la Toñi, listas para ser tratadas en el software CODAPACK .....	49
Tabla 7: Columna Estratigráfica “La Toñi Zona I” .....	80
Tabla 8: Elementos de prueba .....	90

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del Espectro Electromagnético.....	8
Figura 2: Esquema de Espectrómetro de Masas con Plasma Inductivamente acoplado. .....	13
Figura 3: Naturaleza de la luz.....	15
Figura 4: Espectro Electromagnético .....	15
Figura 5: Descomposición de la luz blanca .....	16
Figura 6: Espectro visible por el ojo humano.....	18
Figura 7: Características de la Radiación Energética .....	20
Figura 8: Radiación vs. Atmosfera.....	20
Figura 9: Absorción.....	22
Figura 10: Dispersión .....	23
Figura 11: Emisión .....	25
Figura 12: ENVISAT es un satélite de observación de la tierra verdaderamente avanzado con una combinación única de sensores que mejoran enormemente el alcance y la precisión de las mediciones científicas de la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre y el hielo. Su gama total de capacidades supera con creces las de cualquier satélite de observación de la tierra.....	27
Figura 13: Resoluciones Espaciales en diferentes sensores .....	30
Figura 14: Resoluciones Espectrales .....	31
Figura 15: Resoluciones Radiométricas de una misma zona .....	32
Figura 16: Componentes Sensor ASTER.....	33
Figura 17: REDOX de los elementos frente al Fe y Mn .....	48
Figura 18: Puntos de control.....	55
Figura 19: Complejo Marañón – Esquistos micáceos .....	56

Figura 20: Esquistos con granos de Cz-metamorfismo regional de bajo grado .....	56
Figura 21: Estructuras mineralizadas – Encajonadas en rocas del Paleozoico .....	57
Figura 22: Trazas de Oxidación en rocas del Excélsior – Cuarzitas Del Excélsior .....	58
Figura 23: Rocas del Mesozoico – Grupo Goyllarisquizga.....	58
Figura 24: Areniscas Cuarcíticas – Grupo Goyllarisquizga.....	59
Figura 25: Flujos Andesíticos-Lado Oeste de la Zona I.....	60
Figura 26: Brecha Hidrotermal-Clastos angulosos Andesíticos en matriz Diorítica ....	60
Figura 27: Depósitos cuaternarios; Cantos englobados en material fluvio glaciario .....	61
Figura 28: Alteración Propilítica (calcita, epidota) .....	64
Figura 29: Alteración Fílica (superficie untuosa al tacto/Sericita).....	64
Figura 30: Estructura mineralizada encajonada en Lutitas del Grupo Goyllarisquizga	65
Figura 31: Sulfuros masivos– Muestra meteorizada .....	66
Figura 32: Conjunto de muestras y tarjeta de muestreo .....	67
Figura 33: Trincheras N° 3,4 y 5 Rumbo N15°E – UTM: 339179E 8854901N.....	68
Figura 34: CLR BILOT – Relación entre elementos de interés en el depósito.....	69
Figura 35: PATHFINDER ELEMENT – Encontrados en el Depósito.....	70
Figura 36: Imagen Plano 01 Anomalías Minerales .....	71
Figura 37: Firma Espectral (hematita_toñi vs hematita/goetita1) .....	72
Figura 38: Firma Espectral (calcita_toñi vs calcita3).....	72
Figura 39: Firma Espectral (clorita_toñi vs clorita3) .....	73
Figura 40: Firma Espectral (kaolinita_toñi vs kaolinita7 .....	73
Figura 41: Firma Espectral (alunita_toñi vs alunita1).....	73
Figura 42: Imagen Plano 02 Contactos Litológicos 1 .....	74
Figura 43: Imagen Plano 03 Contactos Litológicos 2 .....	75
Figura 44: Imagen Plano 04 Lineamientos Estructurales.....	76

Figura 45: Imagen Plano 05 Geología Regional .....	77
Figura 46: Imagen Plano 06 Topográfico.....	78
Figura 47: Imagen Plano 07 Geológico.....	79
Figura 48: Imagen Plano 08 Estructural.....	81
Figura 49: Imagen Plano 09 Distribución de leyes de Ag.....	82
Figura 50: Imagen Plano 10 Geoquímico de Ag.....	83
Figura 51: Imagen Plano 11 Distribución de Leyes de Cu.....	84
Figura 52: Imagen Plano 12 Geoquímico de Cu .....	85
Figura 53: Imagen Plano 13 Distribución de Leyes de Zn.....	86
Figura 54: Imagen Plano 14 Geoquímico de Zn .....	87
Figura 55: Imagen Plano 15 Distribución de Leyes de Pb .....	88
Figura 56: Imagen Plano 16 Geoquímico de Pb.....	89

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

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

La mayoría de los yacimientos minerales en el Perú, están dominadas por las grandes privadas, estas tienen carta libre por parte del gobierno para continuar con sus procesos de explotación y de exploración.

Las empresas dedicadas al rubro están priorizando aún más este último con el único y gran objetivo, descubrir nuevos y ambiciosos prospectos, esperando también no cometer errores como es el caso de Tía María y entre otros.

De los muchos depósitos minerales descubiertos hasta la fecha que arrojado un sin fin de resultados, algunos con aparente potencial de yacimiento económico y otros quedando tan solo como una ocurrencia mineral.

El proyecto la TOÑI zona I, no está ajena a este tipo de dilemas por lo que el problema principal radica en determinar su posible valor prospectivo. El análisis minucioso los resultados obtenidos serán determinantes a la hora de continuar con los procesos exploratorios.



## 1.2. Delimitación de la investigación:

### 1.2.1. Delimitación Espacial:

- **Anexo:** San Juan de Yacan
- **Distrito:** Paucar
- **Provincia:** Daniel Alcides Carrión
- **Región:** Pasco
- **Carta:** Ambo 21-k
- **Zona UTM:** 18
- **Coordenadas:**

**Tabla 1:**

Coordenadas UTM-WGS84, concesión ARKADEA-N°690000015.

N°	NORTE	ESTE
1	8, 855,633.66	339,774.05
2	8, 854,633.66	339,774.06
3	8, 854,633.66	339,774.06
4	8, 853,633.66	340,774.07
5	8, 853,633.65	337,774.08
6	8, 855,633.66	337,774.06
<b>Área: 500 hectáreas</b>		
<b>Concesión: ARKADEA-N°690000015</b>		

*Fuente. Elaboración Propia*

## 1.3. Formulación del Problema

### 1.3.1. Problema general

¿La exploración geológica preliminar, determinara la viabilidad del proyecto La Toñi zona I Paucar, provincia Daniel Alcides Carrión – región Pasco?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

- a. ¿La exploración geológica preliminar, nos permitirá obtener datos geológicos del proyecto La Toñi zona I Paucar, provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco?
- b. ¿Las leyes metálicas obtenidas determinaran la ocurrencia de mineral en el proyecto La Toñi zona I Paucar, provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco?
- c. ¿El modelamiento geoquímico nos permitirá determinar los posibles targes preliminares del proyecto La Toñi zona I Paucar, provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco?

## **1.4. Formulación de Objetivos:**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la viabilidad del proyecto La Toñi zona I, Paucar – Provincia Daniel Alcides Carrión – Región Pasco.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Obtener los datos geológicos mineralógicos del proyecto La Toñi zona I, Paucar-provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.
- b. Analizar las leyes metálicas obtenidas para determinar la ocurrencia mineral en el proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.
- c. Modelar los valores geoquímicos para obtener los posibles targes preliminares del proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.

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

El presente tiene como finalidad categorizar el valor del proyecto en mención, mediante las leyes obtenidas del muestreo realizado en el área de estudio. En el caso alentador se procedería con la PROSPECCIÓN para afianzar los datos previamente obtenidos y la adición de nuevos a la base de datos y si el proceso continúa de manera favorable las PERFORACIONES DIAMANTINAS serian el siguiente paso.

Por otro lado, si el caso fuera todo lo contrario, el proyecto La Toñi Zona I sería considerado como OCURRENCIA MINERAL y seria tomada como tema científico/técnico.

### **1.6. Limitaciones de la Investigación**

El análisis composicional se limita solo a datos abiertos, ya que laboratorio solo envía datos cerrados y al trabajar con estos tendríamos resultados espurios alejados de la realidad.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

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

##### **A nivel internacional**

- **Alvarado Martínez, Ezequiel Ernesto (2022) “Determinación del potencial minero para el desarrollo económico de la región autónoma de la costa caribe norte de Nicaragua”**

En la mencionada investigación el autor formula, entre otras, la siguiente conclusión:

*Se estima el potencial minero en un escenario conservador de 4.166 Moz de Au, 21.39 Moz de Ag, 239.292 Mlb de Cu y 512 Klb de Zn, siendo el beneficio económico para el estado de (US\$) 2,897,158,378 en una hipótesis conservadora el beneficio sería de (US\$) 2,584,273,734.*

- **Carrascal Miranda, Eitel Rolando-Rojas Muñoz, Joan Manuel (2021) “Geología del distrito minero de Coipa-Copiapó Chile”**

En la tesis el autor, llega a la siguiente:

*El Distrito Minero de La Coipa alberga en la franja Oeste depósitos epitermales de alta sulfuración, hospedados en el basamento sedimentario (lutitas y areniscas) y sobreimpuestos por unidades volcánicas, en función de lo expuesto se confirma que La Coipa es un clúster de yacimientos epitermales de Au - Ag.*

- **Del Real Contreras Irene (2011) “Geología del distrito minero El Espino comuna de Illapel Chile”**

En la tesis el autor, llega a la siguiente:

*La acumulación de los estratos sedimentarios marinos del miembro “El Espino” se interpreta como ocurrido en una sub cuenca extensional de geometría hemigraben, donde las fallas principales son de orientación NNW y sistemas secundarios de orientación NE. Esta sub cuenca podría corresponder a la franja de cuencas extensivas del Cretácico Inferior, correlacionándose con el Grupo Chañarcillo hacia el norte, y con la Cuenca Lo Prado hacia el sur.*

#### **A nivel nacional**

- **Chire Cerpa Juan Carlos (2016) “Geología y estimación de recursos y reservas de hierro, mina Morritos provincia de Tacna y departamento de Tacna”**

En la tesis el autor, llega a las siguientes:

*La geología local está dada por rocas intrusivas pertenecientes al Batolito de Ilo; de composición tonalítica, cristalinas, muy rígidas, con mucha resistencia a las fuerzas de compresión y tensión; haciendo en muchos casos que las fracturas tengan cambio brusco en su dirección e inclinación y*

*consecuentemente se observe que las vetas tengan comportamientos caprichosos.*

*El mineral de mena es la magnetita, que se presenta masiva y ha sufrido alteración a hematita, principalmente próxima a superficie; además ha sido reemplazada en profundidad por actinolita, de acuerdo a información de diamantina, donde la mineralización de magnetita en este yacimiento no va a más profundidad de los 700 msnm.*

*Sin embargo, existe un buen potencial de mineral de hierro, habiéndose calculado un total de 8 231 620 TMS de recursos con ley promedio de 54.99 % de Fe; incluidas las reservas probadas calculadas en 3 387 935 TMS con 58.35 % de Fe.*

- **Paullo Osco Juan (2014) “Estudio geológico y económico del depósito de hierro Huancabamba: prov. Andahuaylas-dpto. Apurímac”**

En la mencionada investigación el autor formula, entre otras, la siguiente conclusión:

*Se ha comprobado que muchos paquetes calco sedimentarios del Jurásico superior albergan la mayor cantidad de vetas con mayores leyes minerales en Fe.*

- **Espinel Cruz, Manuel Guillermo (2012) “Evaluación geológica del Proyecto Yungar departamento de Ancash”**

En la tesis el autor, llega a la siguiente:

*La mineralización es del tipo mesotermal, que se da en vetas-fallas y estructuras relacionadas a un intrusivo, se observa en el proyecto, sulfuros y óxidos de hierro, los óxidos presentes en el proyecto son la hematita,*

*goethita y limonitas que se observan principalmente en venillas de cuarzo y rellenando oquedades. Estos óxidos nos dan valores anómalos en oro.*

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

### **2.2.1. Exploración geológica**

*Según detalla el Dr. Rogelio Monreal de la Universidad de Sonora del Departamento de Geología (2022), la formación de depósitos minerales a escala geológica es compleja como también su ubicación.*

Los geólogos desempeñan un papel muy importante en el pilar minero de la economía.

Una anomalía en la superficie terrestre se utiliza como punto de partida en la exploración, actualmente los métodos indirectos están en su apogeo por ser de gran utilidad en anomalías enterradas.

Si los geólogos juzgan que el área es económicamente interesante, la investigación en superficie continúa mediante métodos directos. Al establecer la existencia de un yacimiento (económicamente rentable y viable para su extracción) termina la primera fase de exploración. La exploración en la segunda fase se lleva a cabo durante y después de la construcción y el 'ciclo de vida' de la mina. La minería requiere exploración geológica para encontrar nuevos recursos minerales que puedan ser explotados.

### **2.2.2. Prospección**

*La Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE-2021), lo define como el estudio geológico de investigación preliminar. Búsquedas visuales de anomalías geológicas superficiales, lo que puede dar indicios de mineralización.*

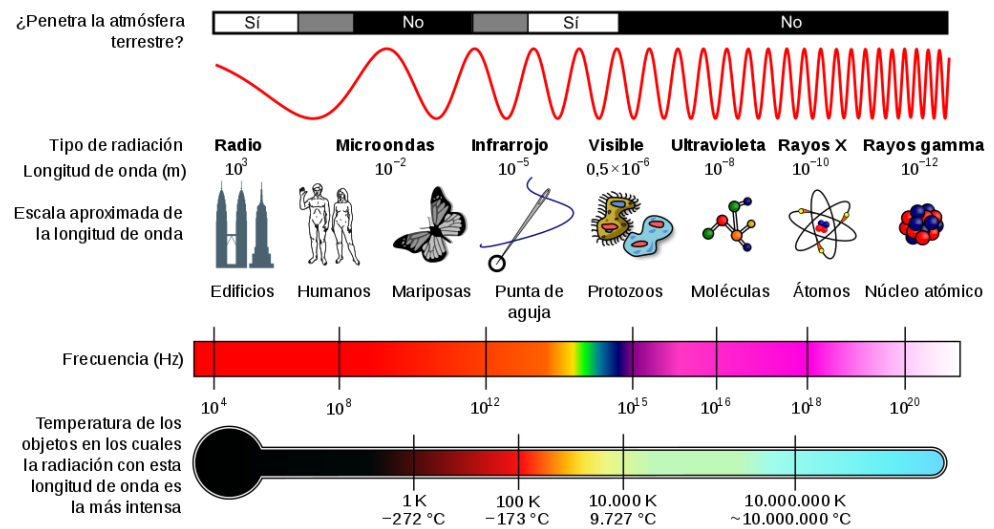
- *Pone en evidencia indicios de mineralización por labores mineras elementales o rudimentarias.*
- *No puede hacerse sobre otras concesiones, tampoco en terrenos cercados o cultivados, salvo autorización del propietario.*
- *Prohibido en áreas urbanas o extensión urbana, sitios arqueológicos o uso público, defensa nacional salvo autorización.*
- *Esto tampoco es posible en zonas de denuncia o petitorio.*

### **2.2.2.1. El espectro electromagnético**

La distribución de energía de todas las ondas electromagnéticas. En referencia a un objeto, el espectro electromagnético o simplemente espectro es el nombre que se le da a la radiación electromagnética que una sustancia emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción). Esta radiación se utiliza para identificar sustancias de manera similar a una huella dactilar. Los espectrofotómetros se pueden usar para observar el espectro y, además de ver el espectro, también se puede medir, como la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación. El espectro electromagnético se extiende desde longitudes de onda más cortas de radiación, como los rayos gamma y los rayos X, a través de la radiación ultravioleta, visible e infrarroja, hasta longitudes de onda más largas de ondas electromagnéticas, como las ondas de radio (**Ver figura 5**).



Figura 1:  
Diagrama del Espectro Electromagnético



Fuente: Frenzel, Louis L. (2003)

### 2.2.3. Muestreo

*Geología de Campo de Robert Compton (2018, pag.32)* es la etapa de evaluación es crucial ya que es la base para el argumento económico y técnico. De ahí el interés de que las muestras se tomen en las debidas condiciones, no solo en lo representativo del mineral recogido, sino también en lo que se refiere a su número, peso, lugar de la toma, proceso de reducción de peso, análisis, etc.

Una muestra se define como una porción representativa de una población, por lo que las proporciones y distribuciones de las características del estudio son iguales en ambos casos.

Ventajas del muestreo:

- El número de sujetos es pequeño, lo que reduce la inversión de tiempo y dinero.
- El muestreo es en realidad más preciso que estudiar a toda la población porque los investigadores tienen un mejor control sobre los sujetos.

Desventajas del muestreo:

- a) Puede haber sesgos en la elección de sujetos apropiados en la investigación. Esto puede deberse a que los investigadores seleccionaron sujetos que tenían más probabilidades de producir el resultado esperado, o porque los sujetos tendían a autoseleccionarse.
- b) Por ejemplo, los determinantes también incluyen un diseño experimental deficiente, variables de confusión y errores humanos.
- c) El muestreo requiere conocimientos estadísticos y todo el diseño experimental depende del método de muestreo deseado.

El tipo de muestra y su número dependen de diversos factores, como son:

- El tipo de depósito de mineral.
- La distribución del mineral y su tamaño de grano.
- La etapa de la investigación en la que se efectúa el muestreo.
- La accesibilidad a la mineralización.
- La facilidad para la toma de la muestra.
- El coste de la toma de la muestra.

Las tomas de muestras de los depósitos minerales se realizan obedeciendo a numerosas causas y en diversas etapas de su evaluación.

- Durante la fase de exploración, el muestreo se utiliza para conocer la ley del depósito probablemente explotable y la litología que está comprendida.
- En cambio, en la explotación se debe tener en cuenta no solo la zona mineralizada sino también su potencial dilución por incorporación de mineral de baja ley o de estéril durante el proceso de extracción.

En este caso, el muestreo es más intensivo y debe ser capaz de determinar la regularidad de los bloques, delinear áreas de contenido límite estéril,

mineralogía de minerales, descubrir minerales secundarios valiosos, etc. Una de las aplicaciones más importantes del muestreo en la fase de explotación, es el control de las leyes en los frentes de arranque de la minería subterránea, en los bancos de las minas a cielo abierto en las pilas de roca arrancada con objeto de llevarlas alternativamente al concentrador.

### **2.2.3.1. Tipos de muestreo**

*Geología de Campo de Robert Compton (2018, pag.48)*, existen tres tipos de muestreo:

- **Sistemático:** Muestras tomadas en el espacio o en el tiempo con regularidad.
- **Aleatorio:** Las muestras se distribuyen aleatoriamente en el espacio o el tiempo.
- **Estratificado:** Las muestras se dividen en diferentes grupos, que a su vez pueden considerarse homogéneos (capas, estratos). Cada tipo se muestrea de forma independiente.

Los rasgos más importantes producidos en la toma de las muestras se deben a las siguientes causas:

- **Alteración superficial de la roca muestreada** (cambios químicos o emigración de elementos).
- **Enriquecimiento** conduce a la pérdida de selectividad de los elementos móviles (elementos de granulometría más fina).
- **Contaminaciones** (frecuentes en los trabajos subterráneos).
- **Mala recuperación** (perdidas selectivas).
- **Fallo humano** (fatiga, selectividad por dureza, etc.).

### **2.2.3.2. Diseño de una campaña de muestreo**

En el diseño de una campaña de muestreo se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Método de muestreo.
- Sistema mecánico de extracción de las muestras.
- Tamaño de la muestra.
- Red de desmuestre o número de muestras a tomar.

### **2.2.3.3. Métodos de muestreo**

El muestreo es uno de los procedimientos más complejos del depósito mineral, ya que ella depende esencialmente la valoración que se haga del mismo. Por ellos existen diversos métodos estándar de toma de muestras a los que se pasa revista a continuación, conservando la denominación en inglés cuando no hay una equivalencia clara en castellano.

Los métodos de muestreo se dividen en:

#### *Muestreo por puntos*

- Punto o muestreo en bloque
- Puntual, pozo o muestreo de chips
- Grab sampling

#### *Muestreo lineal*

- Barrenos
- Sondeos: (testigo continuo o polvo)
- Ranurado

### *Muestreo volumétrico*

- Calicatas y pocillos
- Planar o muestreo en capas
- Muestreo Muck
- Muestreo a granel

## **2.2.4. Análisis químico - método ICO- MS**

### **2.2.4.1. Espectrometría de Masas de Plasma**

*El Dr. Santiago Aparicio del departamento de química en la Universidad de Burgos (2022)* puntualiza que los átomos en el estado fundamental se excitan a estados de mayor energía (estados superiores excitados). Estos átomos o iones excitados son inestables y tienden a volver al estado fundamental, devolviendo la energía absorbida como radiación electromagnética de longitudes de onda características. La frecuencia de la radiación emitida está directamente relacionada con la estructura electrónica y la energía proporcionada por la fuente de excitación. Así, cada elemento produce un conjunto de longitudes de onda fijas (líneas) de radiación que conforman un espectro atómico característico.

La concentración de cada elemento se obtiene recalculando la intensidad de radiación proporcional a la concentración elemental en la muestra utilizando la curva estándar.

### **2.2.4.2. Aplicaciones**

- Esta técnica es adecuada para el análisis de plantas, suelos, minerales, rocas, sedimentos, lodos, alimentos, bebidas,

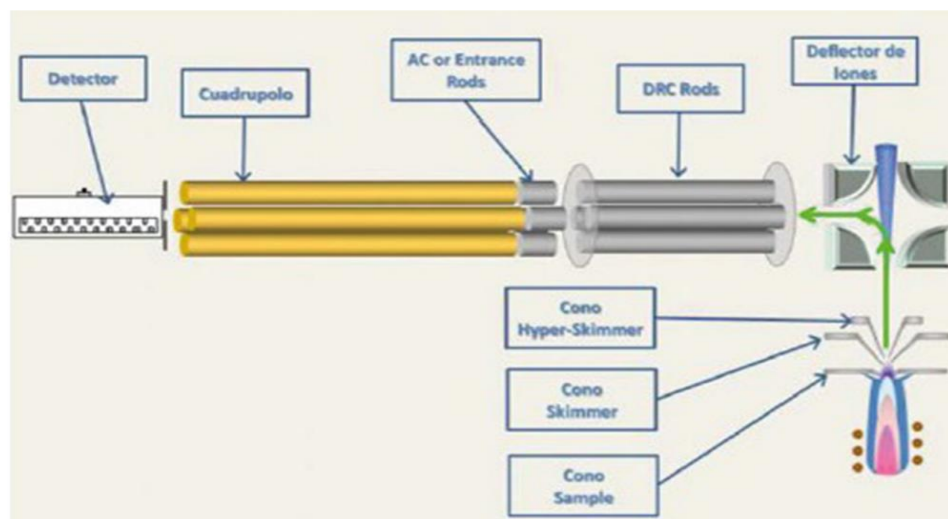
aguas residuales y potables, materiales cerámicos, metales, acero, etc. En muchos casos, se requiere preprocesamiento.

### 2.2.4.3. Determinación

- Paralelamente y con una gran precisión y exactitud grandes grupos de elementos como Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr; en concentraciones mayoritarias o minoritarias (trazas).

**Figura 2:**

Esquema de Espectrómetro de Masas con Plasma Inductivamente acoplado.



*Fuente: Perkin Elmer (2022)*

## 2.2.5. Procesamiento digital de imágenes

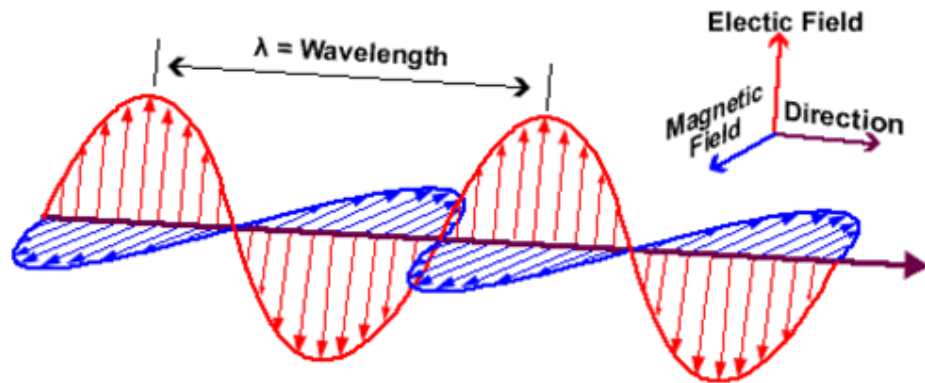
### 2.2.5.1. La luz

Las propiedades físicas de la luz son una de las grandes cuestiones de la ciencia. Dado que en la antigua Grecia se pensaba que la luz era una partícula, y que el conjunto de estas formaba el rayo luminoso, así explicaban fenómenos como la reflexión y la refracción de la luz. Newton en el siglo XVIII defendió este punto de vista, argumentando que

la luz está formada por partículas expulsadas a gran velocidad de los objetos luminosos. Escribió un tratado sobre óptica explicando los numerosos fenómenos que experimenta la luz. En 1678, Huygens defendió el modelo ondulatorio argumentando que la luz es una onda. El modelo explica fenómenos como la interferencia y la difracción que los modelos corpusculares no pueden explicar. Así que la luz es una onda longitudinal, pero una onda longitudinal necesita un medio para propagarse, y aparece el concepto de éter como un "medio". Esto plantea aún más preguntas, y la naturaleza del éter es un misterio para muchos científicos.

La solución propuesta por Maxwell en 1865 fue que la luz era una onda electromagnética que se propagaba en el vacío. Entonces, el problema del éter quedó resuelto. Basado en la investigación de Faraday sobre electromagnetismo, Maxwell concluyó que las ondas de luz son esencialmente ondas electromagnéticas. Las ondas electromagnéticas se producen por cambios en las propiedades eléctricas y magnéticas de la materia en algún lugar del espacio (*Ver figura 2*). No necesita ningún medio para propagarse, es una onda transversal. Las cargas que oscilan a una frecuencia específica producen ondas electromagnéticas a la misma frecuencia.

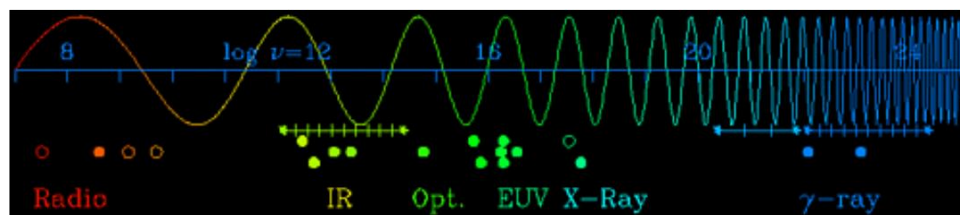
**Figura 3:**  
Naturaleza de la luz



*Fuente: Física Básica Centro Informativo Científico de Andalucía-CICA (2019).*

La luz visible es solo una pequeña parte del espectro electromagnético, que va desde los rayos gamma hasta las longitudes de onda de radio. Ambos extremos del espectro electromagnético se extienden de cero a infinito (*Ver figura 3*).

**Figura 4:**  
Espectro Electromagnético



*Fuente: astrofísica y física - Centro Informativo Científico de Andalucía-CICA (2019).*

La luz blanca es en realidad una mezcla de longitudes de onda (*Ver figura 4*). Cuando pasamos luz blanca a través de un prisma, se descompone en sus longitudes de onda o colores, formando un espectro.



La ciencia encargada de analizar el espectro de luz se llama espectroscopia. Las ondas electromagnéticas consisten en campos eléctricos y magnéticos oscilantes. Estos campos se propagan en el vacío con una velocidad constante  $c = 300\,000\text{ km/s}$ . Este valor es una constante fundamental de la naturaleza y uno de los pilares sobre los que descansa la física moderna, especialmente la teoría de la relatividad. Para la luz visible la unidad de medida usada es el Angstrom:  $1\text{ \AA} = 10^{-8}\text{ cm}$ ; y abarca el rango de  $4000\text{ \AA}$  a  $7000\text{ \AA}$ . Otras propiedades ondulatorias de la luz son su frecuencia y su energía:  $f = c/\lambda$ ;  $E = hc/\lambda$  donde:  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío,  $h$  es la constante de Planck, y  $\lambda$  es la longitud de onda.

**Figura 5:**

Descomposición de la luz blanca



*Fuente: Astronomía y Astrología básica (2018).*

## 2.2.5.2. Bandas del espectro electromagnético

**Tabla 2:**  
Bandas del espectro electromagnético

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	$< 10 \times 10^{-12} \text{m}$	$> 30,0 \times 10^{18} \text{Hz}$	$> 20 \cdot 10^{-15} \text{ J}$
Rayos X	$< 10 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 30,0 \times 10^{15} \text{Hz}$	$> 20 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
Ultravioleta extremo	$< 200 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 1,5 \times 10^{15} \text{Hz}$	$> 993 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Ultravioleta cercano	$< 380 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 7,89 \times 10^{14} \text{Hz}$	$> 523 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Espectro Visible	$< 780 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 384 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 255 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo cercano	$< 2,5 \times 10^{-6} \text{m}$	$> 120 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 79 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo medio	$< 50 \times 10^{-6} \text{m}$	$> 6,00 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 4 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo lejano/submilimétrico	$< 1 \times 10^{-3} \text{m}$	$> 300 \times 10^9 \text{Hz}$	$> 200 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
Microondas	$< 10^{-2} \text{m}$	$> 3 \times 10^8 \text{Hz}^{n.1}$	$> 2 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
Ultra Alta Frecuencia-Radio	$< 1 \text{ m}$	$> 300 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 19,8 \cdot 10^{-26} \text{ J}$
Muy Alta Frecuencia-Radio	$< 10 \text{ m}$	$> 30 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 19,8 \cdot 10^{-28} \text{ J}$
Onda Corta - Radio	$< 180 \text{ m}$	$> 1,7 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 11,22 \cdot 10^{-28} \text{ J}$
Onda Media - Radio	$< 650 \text{ m}$	$> 650 \times 10^3 \text{Hz}$	$> 42,9 \cdot 10^{-29} \text{ J}$
Onda Larga - Radio	$< 10 \times 10^3 \text{m}$	$> 30 \times 10^3 \text{Hz}$	$> 19,8 \cdot 10^{-30} \text{ J}$
Muy Baja Frecuencia - Radio	$> 10 \times 10^3 \text{m}$	$< 30 \times 10^3 \text{Hz}$	$< 19,8 \cdot 10^{-30} \text{ J}$

*Fuente: Elaboración propia*

Microondas. La región de microondas varía de 109 a aproximadamente  $3 \times 10^{11}$  Hz (longitudes de onda de 30 cm a 1 mm). Ondas de Radio. Heinrich Hertz (1857-1894), en el año de 1887, consiguió detectar ondas de radio que tenían una longitud del orden de un metro. Las ondas de radio tienen frecuencias que van desde unos pocos

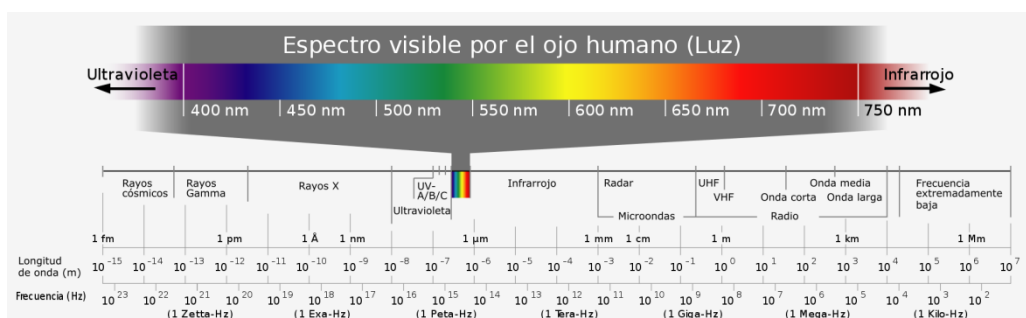
Hertz hasta 109 Hz y longitudes de onda que van desde unos pocos kilómetros hasta menos de 30 centímetros.

Rayos infrarrojos. La radiación infrarroja fue descubierta en 1800 por el astrónomo William Herschel (1738-1822) cuando midió regiones más cálidas fuera de la región roja del espectro visible. La radiación infrarroja tiene un rango espectral de  $3 \times 10^{11}$  Hz. Hasta aproximadamente  $4 \times 10^{14}$  Hz. La banda infrarroja se divide en tres partes según la distancia desde el área visible: cerca (780 - 2500 nm), media (2500 - 50000 nm) y lejos (50000 - 1 mm). Cualquier molécula con una temperatura superior al cero absoluto ( $-273^\circ$  K) emite luz infrarroja, y su cantidad está directamente relacionada con la temperatura del objeto.

Luz Visible. Isaac Newton fue el primero en utilizar un prisma para dividir la luz blanca visible del sol en sus partes constituyentes. La luz blanca consiste en combinaciones de ondas con energías similares. La radiación visible va desde  $384 \times 10^{12}$  hasta  $769 \times 10^{12}$  hz. Las frecuencias más bajas de la luz visible (longitud de onda larga) se perciben como rojas y las de más alta frecuencia (longitud corta) aparecen violetas (*Ver figura 6*).

**Figura 6:**

Espectro visible por el ojo humano



*Fuente: Skorupski, Peter; Chittka, Lars (10 de agosto de 2010)*

Rayos X. Wilhelm Röntgen (1895) creó una máquina para generar radiación electromagnética con longitudes de onda inferiores a 10 nm, y la bautizó X porque desconocía sus propiedades.

Radiación Ultravioleta. Sus longitudes se van extendiendo entre 10 y 400 nm más cortas que las de la luz visible.

Rayos Gamma. Localizándose en el espectro que tiene como longitud de onda entre 10 y 0.01 nm

### **2.2.5.3. La radiación electromagnética**

Las cargas estáticas generan campos eléctricos y las cargas en movimiento generan campos eléctricos y magnéticos. Los cambios periódicos en estos campos producen radiación electromagnética, que por lo tanto consiste en oscilaciones verticales de campos eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética, que transfiere energía de un punto a otro, viaja a la velocidad de la luz (la luz es un tipo de radiación electromagnética). La unidad de medida para expresar semejantes distancias tan pequeñas es el nanómetro (*Ver figura 7*).

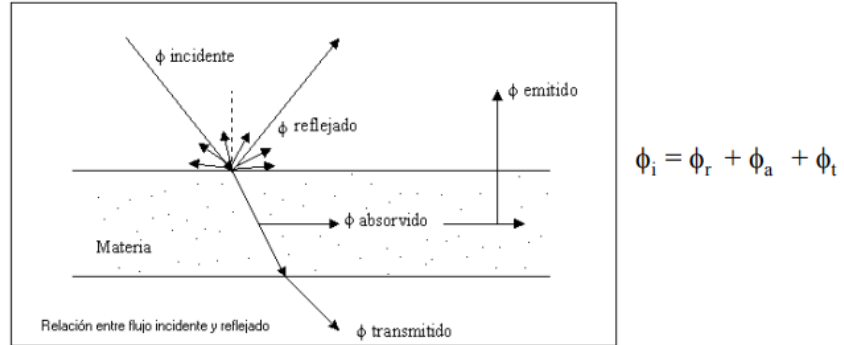
### Figura 7:

#### Características de la Radiación Energética

Principal fuente de energía radiante = SOL

$$6000^{\circ}\text{K} \xrightarrow{\text{Wien}} \lambda_{\text{max}} = 0.45 \mu\text{m}$$

#### Características:

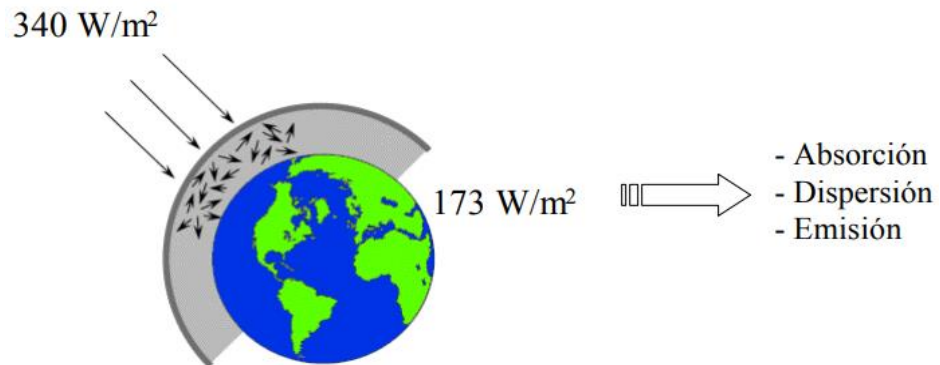


Fuente: Óptica física – Óptica geométrica.

### Interacción de la atmósfera con la radiación electromagnética

#### Figura 8:

Radiación vs. Atmosfera



Fuente: Tema principios-físicos de la teledetección

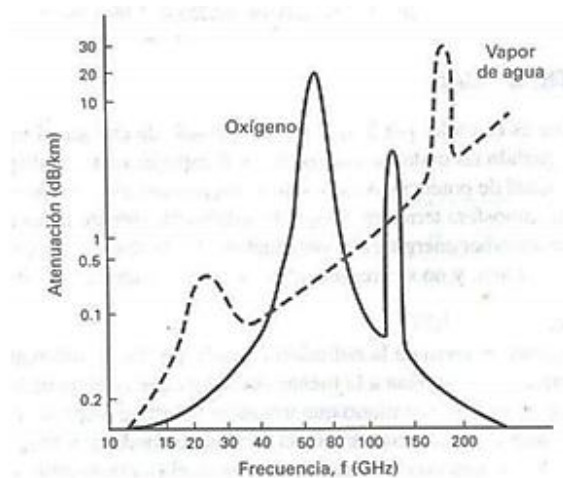
#### a. Absorción

La razón por la que las ondas electromagnéticas se absorben a medida que viajan por el aire es que el aire no es un vacío, sino que se compone de átomos y moléculas de diversas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas. Estos materiales pueden absorber ondas

electromagnéticas, provocando pérdidas por absorción. Cuando las ondas electromagnéticas viajan a través de la atmósfera de la Tierra, la energía de la onda llega a los átomos y moléculas de la atmósfera. La absorción de ondas por la atmósfera es similar a la pérdida de potencia. Una vez absorbida, la energía se pierde permanentemente, lo que da como resultado una caída en el voltaje y la fuerza del campo magnético, y una reducción correspondiente en la densidad de potencia. Las ondas se absorben en la atmósfera debido a sus diferentes partículas. Por lo tanto, la absorción de la onda depende de los medios de propagación. Aunque la pérdida de absorción no depende de la distancia a la fuente de radiación, sino de la distancia total donde la onda se extiende (en la atmósfera), ósea cuando la onda se extiende a través de un medio homogéneo con propiedades uniformes, la primera pérdida de absorción en el primer km es la misma que en el último km. Si hay lluvias intensas y nubes densas, las ondas electromagnéticas tienden a absorber a una velocidad mayor que la atmósfera normal. En la siguiente figura se tiene que la absorción en decibeles por kilómetro de una onda electromagnética en frecuencias de los 10 a 200 GHz cuando se propaga en oxígeno y vapor de agua (*Ver figura 9*).

**Figura 9:**

Absorción



*Fuente: Propagación de ondas – Principios físicos de teledetección (2012)*

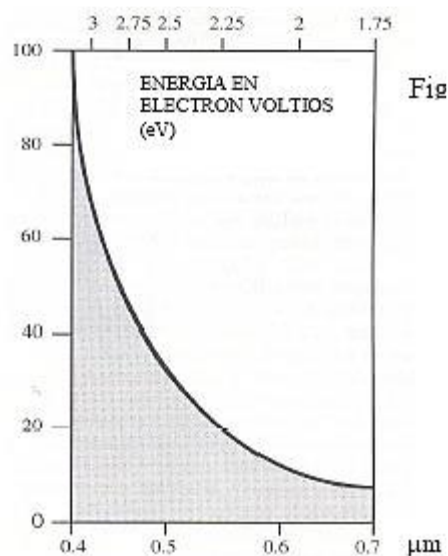
#### **b. Dispersión**

Es la dispersión de la radiación por partículas en la atmósfera, y se pueden considerar tres mecanismos principales: la dispersión de Rayleigh, la dispersión de Mie y la dispersión no selectiva. La dispersión de Rayleigh es el resultado de la interacción de la radiación con las moléculas de gas atmosférico y otras partículas pequeñas cuyos diámetros son mucho más pequeños que la longitud de onda de la radiación con la que interactúan.

Este efecto es inversamente proporcional a la 4ta potencia de la longitud de onda, tal como se representa en la siguiente figura (*Ver figura 10*).

Figura 10:

Dispersión



*Fuente: Principios físicos de teledetección (2012)*

Por lo tanto, habrá una mayor tendencia a dispersar longitudes de onda más cortas. El "azul" se debe a este efecto: sin él, el cielo sería negro, pero dado que la atmósfera dispersa la mayoría de las longitudes de onda cortas (como el azul en el espectro visible), el cielo nos parece azul. La dispersión de Rayleigh es una de las principales causas de la neblina en muchas imágenes, lo que reduce la nitidez o el contraste. La dispersión de Mie ocurre cuando el diámetro de las partículas en la atmósfera es sustancialmente igual a la longitud de onda de la radiación afectada por la dispersión de Rayleigh (vapor de agua, polvo fino, etc.). La dispersión no selectiva es un fenómeno más problemático que las descritas anteriormente y ocurre cuando las partículas que causan la dispersión tienen un diámetro mucho mayor que la longitud de onda en la que interactúan. Un buen ejemplo es una gota de agua con un diámetro de 5 a 100 μm, que dispersa uniformemente toda la radiación en las regiones del visible, del



infrarrojo cercano y del infrarrojo medio. Dado que su dispersión no es selectiva, entonces en las radiaciones (azul, verde y roja) se dispersará en proporciones iguales que en el espectro visible, lo que dará como resultado nubes y niebla de color blanco.

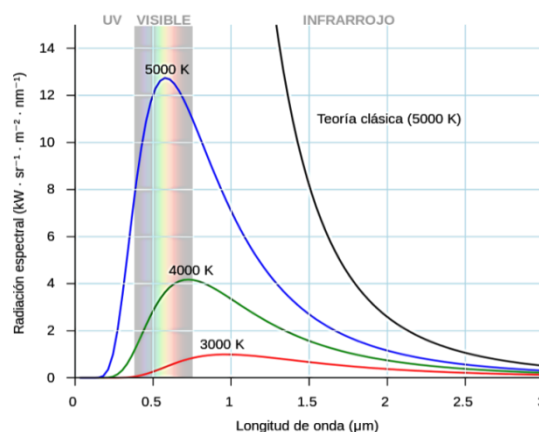
**c. Emisión**

Las radiaciones de calor están absolutamente compuestas de radiación de ondas electromagnéticas a través de todo a temperaturas superiores a 0. La energía térmica se transforma en energía electromagnética. La energía térmica es la misma que la energía cinética (en los átomos q conforman la materia) moviéndose e interactuando entre sí. Cuando un átomo está en movimiento genera campos electromagnéticos (debido a sus cargas) y fotones (en emisión) estos transportan energía a través de su superficie (fuera del objeto). Las características de la radiación de calor dependen del objeto (capacidad de absorber y emitir) tal como teóricamente lo dicta la ley Kirchhoff. La radiación no es monocromática, sino que contiene un rango continuo de energías conocidas como espectros característicos. La ley de Kirchoff conlleva que la absorción y emisión sean iguales a una misma longitud de onda. Es decir, aquellos objetos con una capacidad alta para absorber la radiación son también buenos emisores, y viceversa. Cuando el objeto a irradiar está en equilibrio termodinámico y la superficie tiene la máxima absorción en todas las longitudes de onda, se denomina cuerpo negro. Un cuerpo negro también es un radiador ideal. La radiación térmica emitida por un cuerpo negro se denomina radiación de cuerpo negro. La relación

emisión cuerpo y cuerpo negro se denomina emisividad. La distribución espectral de la radiación corporal varía con la temperatura. La dependencia está determinada por la ley de Planck. La longitud de onda a la que el cuerpo irradia la máxima potencia es inversamente proporcional a la temperatura de dicho cuerpo. Esta relación, conocida como ley de desplazamiento de Wien, es la responsable del color que los humanos percibimos como objetos a altas temperaturas, como el sol. A temperaturas relativamente bajas, los picos de emisión se desplazan a longitudes de onda más largas en los espectros de microondas e infrarrojos, que son imperceptibles a simple vista. Las lámparas incandescentes también se consideran fuentes de luz ineficientes porque tienen un pico en la región infrarroja y solo una parte de la energía emitida se encuentra en el espectro visible. La energía total de radiación emitida a todas las longitudes de onda aumenta con la temperatura  $T$  como  $T^4$ . Es decir, cuando un objeto dobla su temperatura, irradia con una potencia 16 veces mayor por unidad de superficie (*Ver figura 11*).

**Figura 11:**

Emisión



*Fuente: Principios físicos de teledetección (2012)*

## 2.2.6. Principios de teledetección:

### 2.2.6.1. Teledetección

Según *European Space Agency (2015)*, un método para obtener información sobre un objeto mediante la recopilación y el análisis de datos sin que las herramientas utilizadas para la recopilación de datos entren en contacto directo con el objeto. *Como ejemplo, si toma una foto de una casa y ve en la foto que la casa consta de un techo, paredes y ventanas de un color diferente, esto es detección remota.*

En teledetección encontramos 3 elementos:

- Plataforma: Sosténimiento del sensor
- Objeto: Lo que se va observar.
- Sensor: Para la observación del objeto.

Como ejemplo, cuando capturas una foto de tu casa, tú eres la plataforma, la cámara es el sensor y la casa es el objeto. Otro elemento importante es Información: obtenida de datos de imágenes.

Al tomar la foto de tu casa, los datos obtenidos son identificar todo lo que puedes (puede ser el color de las cortinas, un hueco en el techo, el macetero, etc.).

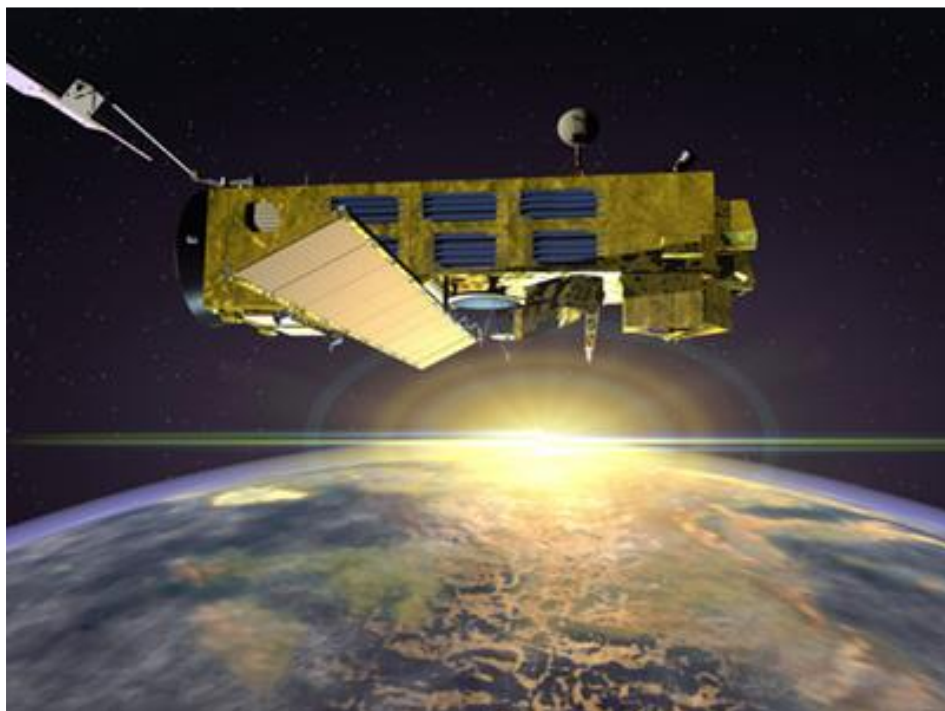
Cuando los científicos hablan de sensores remotos, el objeto de observación es la superficie de la Tierra o la atmósfera. Para ellos, la teledetección es un intento de medir las propiedades de los objetos en la superficie de la Tierra desde la distancia. Una plataforma para científicos es un medio para estar "lejos" de la superficie de la Tierra, *por ejemplo: aviones, satélites, etc (Ver figura 12)*. El objetivo es el propio planeta, los sensores son todas las herramientas que se utilizan para observar la Tierra

(cámaras, escáneres, radares, etc.) y la información resultante es cualquier cosa que mejore nuestro conocimiento del Planeta (nubes en Pasco, agujeros de ozono en Lima, deforestación en Pozuzo, etc.).

*La teledetección es una ciencia que principalmente pretende descubrir y observar qué pasa en la superficie de la Tierra.*

**Figura 12:**

ENVISAT es un satélite de observación de la tierra verdaderamente avanzado con una combinación única de sensores que mejoran enormemente el alcance y la precisión de las mediciones científicas de la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre y el hielo. Su gama total de capacidades supera con creces las de cualquier satélite de observación de la tierra



*Fuente: EUROPEAN SPACE AGENCY (2012)*

La vista está en modo de teledetección remota. Cuando el ojo ve un objeto, registra la radiación electromagnética (luz reflejada) de la superficie del objeto. La radiación contiene información sobre la

superficie y puede ver el color y la forma. El escáner del satélite también registra la radiación electromagnética. Una superficie blanca refleja la misma cantidad de radiación en todas las longitudes de onda de la luz visible, mientras que una hoja verde refleja menos radiación en las partes roja y azul del espectro que la parte verde. Ello ofrece un exceso de luz verde (en comparación con la azul y la roja), por lo que la hoja parece verde. La composición de la reflexión electromagnética, la firma espectral, nos ofrece información sobre la superficie que emite o refleja la radiación. La capacidad de los satélites de distinguir entre varias firmas espectrales es vital para su uso en cartografía, donde es esencial la distinción entre los distintos tipos de superficie y de área. El ojo humano sólo puede percibir radiaciones de una gama limitada del espectro electromagnético. Por eso, los instrumentos para teledetección fuera de las longitudes de onda visibles representan realmente una extensión de nuestro campo visual y proporcionan acceso a información adicional sobre el mundo físico que nos rodea.

La radiación electromagnética de una superficie es reflexión (luz reflejada) o emisiones (radiación emitida por la misma superficie). Obviamente, la luz solar reflejada solo se puede medir durante el día, mientras que la radiación se puede medir en cualquier momento.

La temperatura de la superficie es un factor clave en la emisión. La temperatura de la superficie del sol es de 6.000 grados Kelvin (K) y su calor radiante máximo se irradia en el rango visible. Las superficies con una temperatura de alrededor de 1000°K, como el incendio del Amazonas (septiembre del 2016), muestran una emisión máxima en el espectro

infrarrojo medio. La temperatura de la superficie de la Tierra es de unos 290°K y la radiación máxima es de unos 14 micrómetros, también conocida como rango térmico infrarrojo. Existe una relación directa entre la temperatura superficial y el grado de radiación de una determinada longitud de onda.

#### **2.2.6.2. Sistema Satelital**

Es la unión de un sensor y satélite determinado, cuyas características generales determinan la resolución de un sistema.

#### **Resolución**

El número de píxeles que componen un sensor de cámara digital o satélite determina su resolución. En otras palabras, la capacidad de distinguir objetos o detalles de cierto tamaño en una imagen capturada. Cuanto mayor sea el número de píxeles por unidad de superficie, mayor será la resolución del fotosensor, pero también aumenta el volumen de archivos informáticos generados (se denomina resolución espacial).

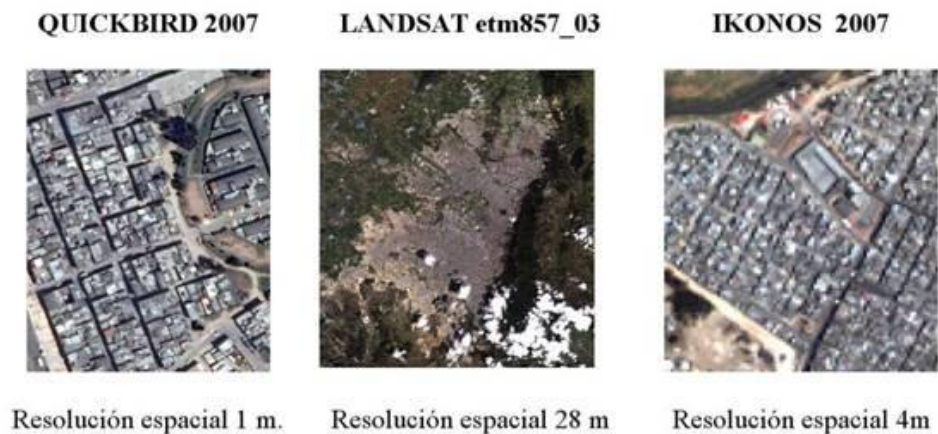
Una imagen de satélite se caracteriza por sus modalidades:

- Resolución espacial.
  - Resolución espectral.
  - Resolución radiométrica.
  - Resolución temporal.
- a) Resolución espacial

Este concepto representa el objeto distinguible más pequeño en una imagen. Está determinado por el tamaño del píxel, medido en metros desde el suelo, y depende de la altura del sensor en relación con la Tierra, su campo de visión, su velocidad de exploración y las

características ópticas del sensor. Por ejemplo, una imagen Landsat TM tiene una resolución espacial de 30x30m en las bandas 1,2,3,4, 5 y 7, de 120x120 m en la banda 6 (térmica). La resolución del sensor SPOT HRV es de 10x10 m, mientras que los satélites meteorológicos como NOAA tienen un tamaño de píxel lateral de 500 - 1100 m. (*European Space Agency*). Algunos ejemplos a continuación (*Ver imagen 13*).

Figura 13:  
Resoluciones Espaciales en diferentes sensores

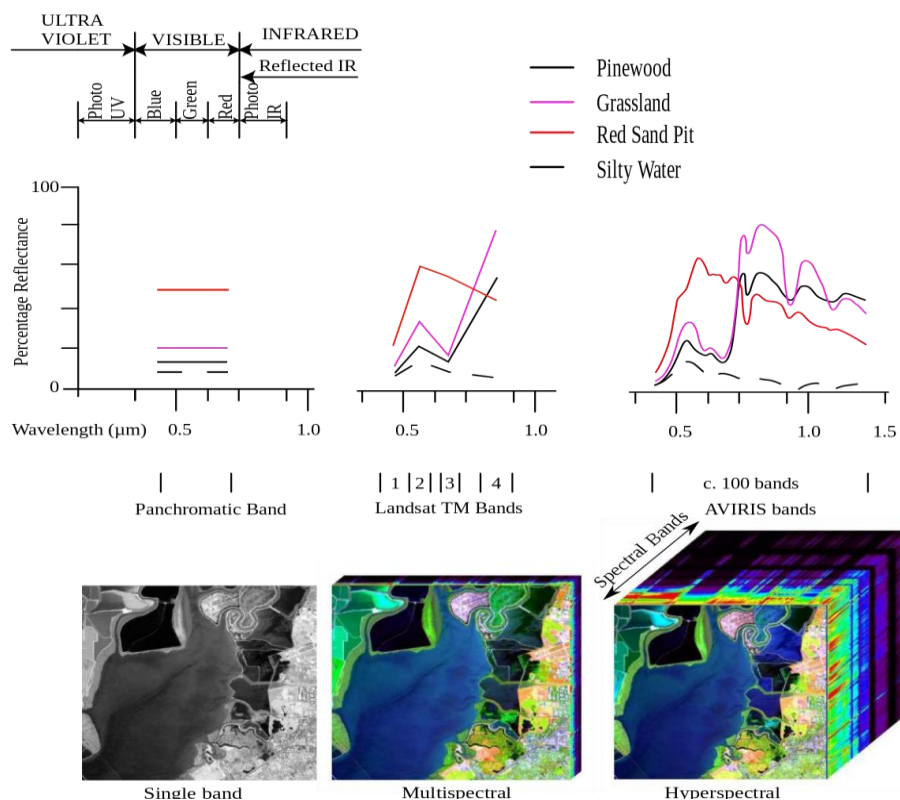


*Fuente: cursosteledeteccion.com*

b) Resolución Espectral

Consiste en la cantidad de canales espectrales (y su ancho de banda) que el sensor puede capturar. Por ejemplo, la resolución espectral de SPOT es 3, Landsat tiene 7. Los nuevos sensores, también conocidos como espectrómetros o sensores hiperespectrales, cuentan con hasta 256 canales con anchos de banda muy estrechos (varios nm) para separar con precisión distintos objetos en función de su comportamiento espectral (*Ver imagen 14*).

**Figura 14:**  
Resoluciones Espectrales



*Fuente: Hiperespectral.org*

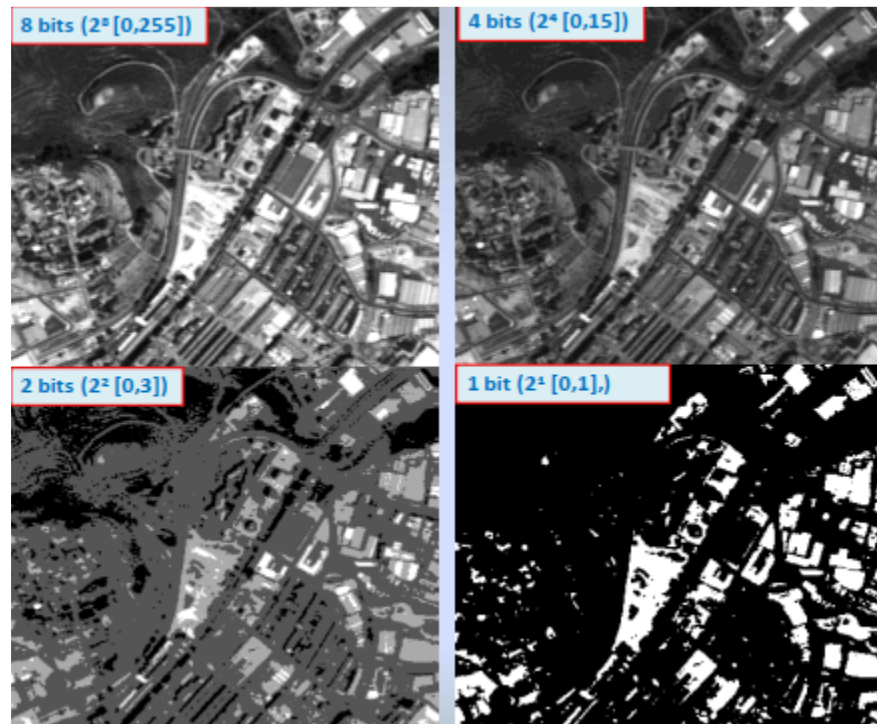
### c) Resolución Radiométrica

Se la llama a veces también resolución dinámica, y se refiere a la cantidad de niveles de gris en que se divide la radiación recibida para ser almacenada y procesada posteriormente (Ver imagen 15). Esto depende del convertidor D/A utilizado.

Por ejemplo, la resolución espectral del Landsat MSS es  $2^6 = 64$  niveles de gris en el canal 6, Landsat MSS en los canales 4-7 tiene  $2^7 = 128$  niveles de gris, mientras que Landsat TM tiene  $2^8 = 256$  niveles de gris. La resolución dinámica más alta en TM es mejor y puede distinguir las pequeñas diferencias en la radiación.



**Figura 15:**  
Resoluciones Radiométricas de una misma zona



*Fuente: alfageomatics.com*

d) Resolución Temporal

Esta es la frecuencia de los satélites que pasan por el mismo punto en la superficie de la Tierra. Es decir, la frecuencia con la que los satélites pasan por una misma zona de la Tierra. La resolución de este tipo depende principalmente de la naturaleza de la órbita. El ciclo de iteración de Landsat 1 a Landsat 3 fue de 17 días. Comenzando con Landsat 4 en 1984, el ciclo de iteración se redujo a 15 días. SPOT te permite repetir ciclos entre 3 y 26 días.

**2.2.7. Sensor Aster**

Es un sensor de imágenes ópticas, geométrica y radiométricamente de buena resolución, transportado por el TERRA de la NASA, lanzado en diciembre

del 1999 (*Ver imagen 16*). El sensor ASTER como ancho de barrido tiene de 60 km y tiene 2 características principales:

- **Alta resolución espacial Bandas:**

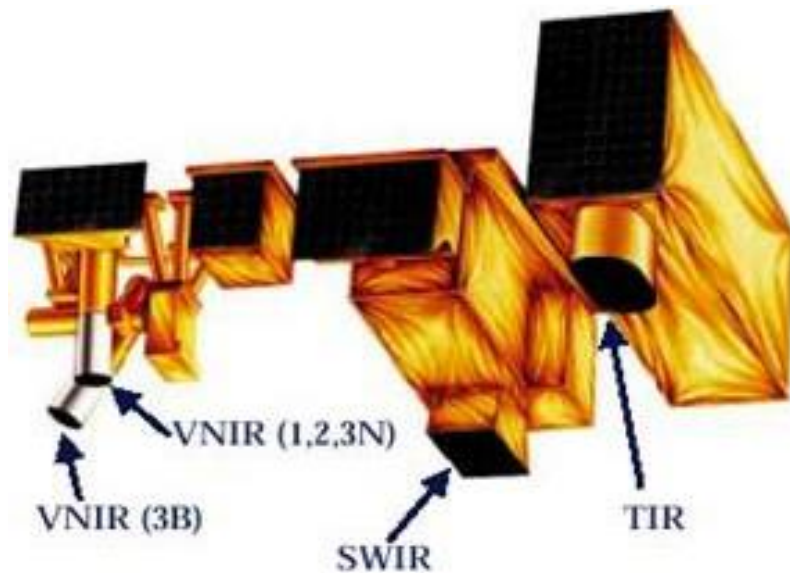
VNIR 15m, SWIR 30m y TIR 90m

- **Amplio rango espectral:**

1 bandas en VNIR (0.52 – 0.86  $\mu\text{m}$ ), 6 bandas en SWIR (1.6 – 2.43  $\mu\text{m}$ ) y

5 bandas en TIR (8.125 – 11.65  $\mu\text{m}$ )

**Figura 16:**  
Componentes Sensor ASTER



*Fuente: [geoimage.com.au/satellite/aster](http://geoimage.com.au/satellite/aster)*

El sistema multispectral ASTER consta de 14 bandas desde el visible hasta el infrarrojo térmico. Este amplio rango espectral está cubierto por tres telescopios para los subsistemas VNIR, SWIR y TIR. Se utiliza un cuarto telescopio en el visible/infrarrojo cercano, VNIR, para crear una visión estereoscópica desde una posición de visión trasera. (Aster User's Guide).

**El subsistema VNIR** capta imágenes visibles /infrarrojo cercano que van desde 0,52 $\mu$ m a 0.86  $\mu$ m con una resolución espacial de 15 metros. Adicionalmente una banda que brinda visión estereoscópica y creación de modelos digitales de terreno de cada escena. El VNIR tiene 2 telescopios: con vista atrás (backward) y con visión nadir.

Una vez que se adquieren las imágenes y DEM, el procesamiento continúa con programas de uso comercial. La cartografía generada a partir de datos ASTER es de buena calidad y aceptable en una escala de 1:250.000. Escala 1:100,000.

**El subsistema SWIR** registra datos en el infrarrojo de onda corta obteniendo seis bandas (1.600-2.430  $\mu$ m) la resolución espacial 30 m.

**El subsistema TIR** obteniendo datos en la región del infrarrojo térmico cinco bandas (8.125-11.65  $\mu$ m) la resolución espacial es de 90 m.

El siguiente cuadro representa las 14 bandas:

**Tabla 3:**  
Bandas del sensor ASTER.

Subsistema	No de Banda	Rango Espectral $\mu$ m	Resolución Espacial
VNIR	1	0,52-0,60	15m
	2	0,63-0,69	
	3N	0,76-0,86	
	3B	0,76-0,86	
SWIR	4	1,60-1,70	30m
	5	2,145-2,185	
	6	2,185-2,225	
	7	2,235-2,285	
	8	2,295-2,365	
	9	2,360-2,430	
TIR	10	8,125-8,475	90m
	11	8,475-8,825	
	12	8,925-9,275	
	13	10,25-10,95	
	14	10,95-11,65	

*Fuente: Elaboración propia*

Hay dos tipos de datos en el sistema ASTER: 1A y 1B. El nivel 1A se define como la reconstrucción de máxima resolución de datos sin procesar.

Los datos de nivel 1A van acompañados de un archivo adicional que contiene las efemérides del satélite y un archivo auxiliar que contiene tablas de factores de corrección radiactiva, correcciones geométricas y otros datos no aplicados a la imagen. El nivel 1B se genera aplicando estos coeficientes en el archivo auxiliar y no en el archivo adicional.

El NIVEL 1A es datos de origen para generar modelos digitales de elevación (DEM) porque hay un parámetro geométrico necesario para la elaboración de la misma sin el punto o puntos de control. La imagen de los DEM verifica la precisión geométrica de los datos de ASTER con una curva de circuito relativo para una medida de 1: 100,000 o 1 píxel de desplazamiento. Necesitas ajustar la imagen y DEM.

En una amplia gama de tiras de espectro, especialmente en datos de infrarrojos térmicos, estas imágenes son ideales para vegetación, estudios geológicos y ambientales.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Absorción de luz.** - Parte de la luminosidad incidente que es absorbida por ciertos cuerpos.
- **Alteración supergena.** - Alteración de los minerales y rocas en la superficie terrestre.
- **Andesita.** - Contiene un máximo de 10% a 12% de cuarzo, plagioclasas y minerales ferromagnesianos. Es de tipo volcánica, su textura puede variar de afanítica a porfirítica.

- **Barrido.** - El sensor registra una determinada área de la superficie terrestre, mediante teledetección.
- **Cateo.** -Es la acción conducente a poner en evidencias indicios de mineralización por medio de labores mineras elementales.
- **Columna estratigráfica.** - Representación gráfica de la geología a través del tiempo en sus diferentes edades desde el más antiguo al más reciente.
- **Corte geológico.** - Es la representación del comportamiento de las estructuras geológicas y litoestratigráficas, a nivel transversal o longitudinal del subsuelo.
- **Cuaternario.** -Conocida porque se dio las glaciaciones más importantes en el mundo.
- **Diorita.** - Una roca ígnea plutónica granular compuesta de plagioclasas y ferromagnesianos, que contiene hasta un 5% de cuarzo. A veces contienen de 5 a 10 % de cuarzo y se denominan diorita de cuarzo.
- **Desarrollo sostenible.** - Significa un proceso dinámico y equilibrado de cambio global entre económico, social y ambiental, con el objetivo de asegurar el bienestar general de las personas en armonía con la protección y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.
- **Endógeno.** - Proceso que se da al interior de la corteza terrestre.
- **Escena.** - Área del terreno que es cubierta por una fotografía aérea o imagen de satélite.
- **Espectrometría.** - Técnica de medir la radiación como una función de las longitudes de onda del espectro electromagnético.
- **Falla.** - Producto de fuerzas tectónicas, forma desplazamiento de partes de la corteza terrestre.

- **Foliación.** - Propiedad de las rocas metamórficas de presentarse dando la apariencia de hojas, láminas o lamelas.
- **Formación.** - Es una serie de rocas, a menudo con características similares en petrología, fósiles y edad. Por lo tanto, tienen poblaciones similares, cuencas sedimentarias similares y cercanas, y fuentes de entrada similares.
- **Galena.** - Sulfuro de plomo (PbS) mineral de plomo que se relaciona con la plata.
- **Geología estructural o tectónica.** - Es la ciencia que estudia las deformaciones de la corteza terrestre relacionadas con el tiempo geológico.
- **Geoquímica.** - Ciencia que se encarga de estudiar la distribución de los elementos químicos en la tierra teniendo en cuenta las reglas que gobiernan dicha distribución.
- **Ígnea (roca).** - Roca formada desde la solidificación del magma en su ascensión a la superficie terrestre.
- **Ley promedio.** - Contenido puro de metal en relación con el mineral trabajado, generalmente dado en porcentaje u onzas/tonelada.
- **Máfica (roca).** - Roca ígnea básica que contiene de 52 a 44% de sílice.
- **Marañón.** - Serie metamórfica precámbrica. Está formado por filitas, esquistos grises, metavolcánicos, esquistos micáceos, cloritas.
- **Metasomatismo de contacto.** - Cambios en la composición de la roca debido a la exposición del magma intrusivo. Este proceso tiene lugar por intercambio iónico, dando lugar a nuevos minerales en el country rock (rocas preexistentes).

- **Muestra.** - Roca o mineral, del tamaño y peso adecuado, puede actuar como elemento del que se puede obtener toda la información que representa un todo.
- **Segregación magmática.** - Selección química sólida de magmas en orden de cristalización por tiempo, temperatura, presión y otras afecciones químicas.

## **2.4. Formulación de Hipótesis:**

### **2.4.1. Hipótesis general**

- a. La exploración geológica preliminar si determinara la viabilidad del proyecto La Toñi zona I, Paucar – provincia Daniel Alcides Carrión – región Pasco.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a. La exploración preliminar si nos permitirá obtener datos geológicos del proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.
- b. Las leyes metálicas obtenidas si determinaran la ocurrencia de mineral del proyecto La Toñi zona I Paucar; - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.
- c. El modelamiento geoquímico si nos permitirá determinar los posibles targets preliminares del proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.

## **2.5. Identificación de variables:**

### **2.5.1. Variables Independientes**

- La exploración geológica preliminar

### **2.5.2. Variables Dependientes**

- Viabilidad del proyecto La Toñi zona I, Paucar – provincia Daniel Alcides Carrión – región Pasco.



**2.6. Definición operacional de variables e indicadores:**

- Medición en magnitudes de %, ppm, ppb, etc. De las muestras, respecto a los elementos encontrados en ella.

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTOS
La exploración geológica preliminar.	Leyes de elementos de interés y su distribución en el área de estudio.	Leyes de Elementos de interés.	Leyes de Cu, Ag, Zn y Pb.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrómetro.</li> <li>• Software CODA PACK.</li> <li>• Software EXCEL.</li> </ul>
		Distribución en el área.	Curvas Isovalóricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software OASIS MONTAJ.</li> <li>• Software EXCEL.</li> </ul>
Viabilidad del proyecto La Toñi zona I.	Interés GEOLÓGICO, pero no de interés económico.	Interés Geológico	Modelo del Depósito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeos geológicos.</li> <li>• Columna estratigráfica.</li> </ul>
		Sin potencial Económico	PPM bajos en Cu, Ag, Zn y Pb.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrómetro.</li> <li>• Software EXCEL.</li> </ul>

## **CAPITULO III**

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

#### **3.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se realizará en la exploración geológica preliminar del proyecto La Toñi zona I; Paucar – Provincia Daniel Alcides Carrión – Región Pasco. De acuerdo al problema planteado, es de carácter descriptivo, correlacional y explicativo. Todo ello mediante la recopilación, procesamiento, interpretación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa por parte **STELLAR MINIG.**

#### **3.2. Nivel de investigación**

Descriptivo

#### **3.3. Métodos de Investigación**

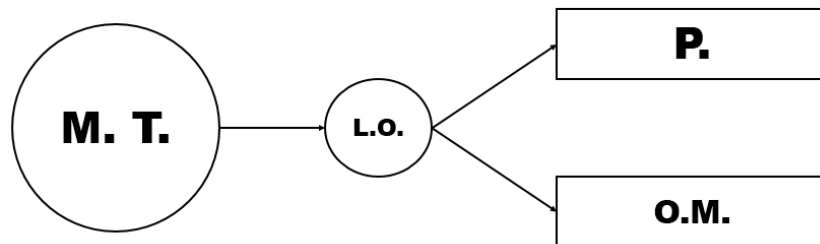
##### **Método científico:**

1. Hacer una pregunta basada en la observación
2. Investigación
3. Formulación de hipótesis

4. Análisis de datos
5. Conclusiones. Interpretar los datos y aceptar o rechazar la hipótesis

### 3.4. Diseño de Investigación

Los datos obtenidos; en la exploración geológica preliminar del proyecto La Toñi zona I; Paucar – Provincia Daniel Alcides Carrión – Región Pasco. Serán tratadas e interpretadas por los especialistas **STELLAR MINIG** *el* cual determinarán si el depósito se convierte en un Prospecto que será ejecutada o será tomada como Ocurrencia mineral (aspecto científico/técnico) para esta”.



MT=Muestras Tomadas

LO=Leyes obtenidas

P=Prospecto

OM=Ocurrencia Mineral

➤ Por lo tanto, el diseño en esta investigación es de tipo TRANSVERSAL.

### 3.5. Población y Muestra

#### 3.5.1. Población

En el presente trabajo de investigación la población está conformada por 255 muestras tomadas de las **ESTRUCTURAS MINERALIZADAS**, encontradas en la Zona I del Proyecto La Toñi; Paucar - Provincia Daniel Alcides Carrión - Región Pasco.

#### 3.5.2. Muestra

De la población total en la Zona I del Proyecto La Toñi; Paucar - Provincia Daniel Alcides Carrión - Región Pasco, se calculó el tamaño de muestra, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5 % con la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

**n** = Tamaño de muestra buscado

**N** = Tamaño de la Población o Universo

**z** = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)

**e** = Error de estimación máximo aceptado

**p** = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

**q** = (1 - p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Obteniendo así un tamaño de 155 muestras, listas para ser analizadas y tratadas.

### 3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Técnicas

- **Observación y acción directa**, que consiste en obtener datos en el mismo lugar de la aplicación de la investigación mediante la observación de los objetos o fenómenos que se estudian y recolectando información.

#### 3.6.2. Instrumentos

- **Diario de Campo**, instrumento que permite hacer relatos cotidianos de las experiencias vividas y observadas por parte del investigador.
- **Cuaderno de Notas**, permite recoger todos los datos de interés.
- **Mapas**, instrumento de ubicación en el caso nuestro: tanto satelitales, litológicas, estructurales, ambientes tectónicos, curvas de nivel, etc.
- **Dispositivos electrónicos/mecánicos**, instrumentos de registro (GPS, Brújula, Cámaras, etc.)
- **Ordenador o Pc**, facilita la digitalización de toda la información obtenida.

### 3.7. Técnicas de Procesamiento y análisis de datos

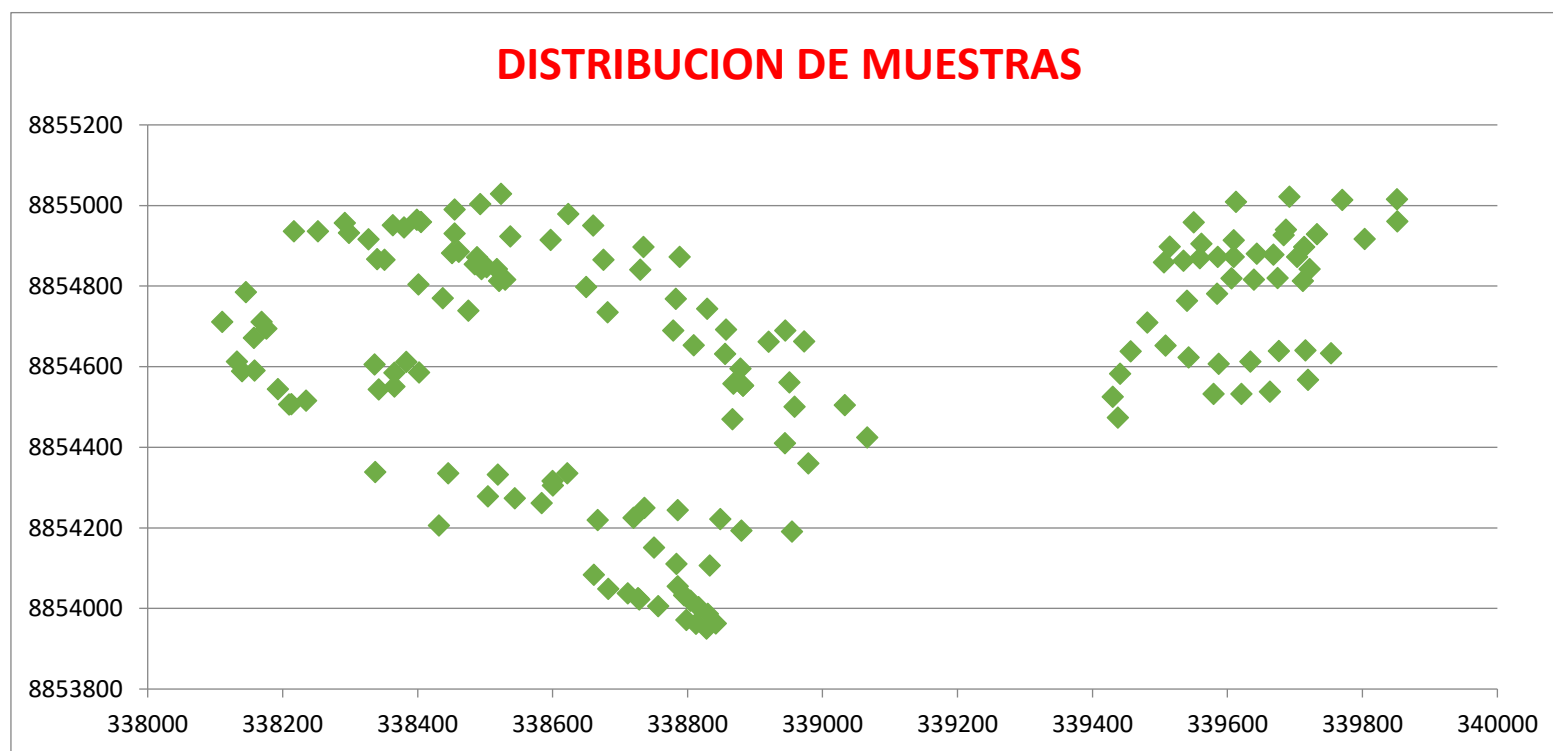
- La Técnica estadística a usar es la de Análisis Composicional de Datos en este caso, en leyes geoquímicas abiertas.

### 3.8. Tratamiento Estadístico

#### 3.8.1. Gráfico - Coordenadas UTM

**Tabla 4:**

Distribución de las muestras en la zona I del proyecto la Toñi.



*Fuente: Elaboración Propia*

### **3.8.2. Imputación de datos**

- En este campo se eliminan los valores del límite de detección tanto por la derecha y por la izquierda. Los métodos a usar están a criterio del Prospector; En este caso se usó el método de correlación.

### **3.8.3. Transformación de datos a ppm**

- Los valores de % se multiplican por 10000 para obtener ppm.
- Si hay valores en ppb se divide entre 1000 para obtener ppm.
- Para trabajar con una sola unidad.

### **3.8.4. Normalización del peso**

- Se divide el valor de cada elemento con el peso de la muestra tomada en el laboratorio.

### **3.8.5. Coda Resto**

- Proceso exclusivo para trabajar en el software CODAPACK, en el cual se suma todos los elementos traza de cada muestra y se divide entre 10000; seguidamente a 100 se le resta el resultado obtenido anteriormente.
- El resto siempre serán valores que se acerquen a 100 ya que se trabaja con elementos traza (ppm).

### **3.8.6. Agrupación de Datos**

- Proceso por el cual se ordenan los valores para su posterior análisis por el método ILR en CODAPACK, este método ayuda a trabajar valores

estadísticos conjuntamente con la información geológica (litología, estructuras, alteración, etc.) obtenida en el campo.

- El orden es la siguiente:

Suite de oxidación, Metales base, Metales base calcofilicos, Elementos de alta intensidad de campo, Tierras raras, Grupo del Platino, Elementos litofilicos y Óxidos principales.

**Tabla 5:**

Agrupación de elementos en los de Depósitos Minerales

Oxidation suite	Base Metals	BM: Chalcophile associated indicators	High Field Strength Elements	Rare Earth Elements	Platinum Group Elements	Lithophile Elements	Major oxides
As	Co	Ag	Cr	Ce	Os	Ba	Al
Au	Cu	Bi	Hf	Dy	Pd	Be	Ca
Br	Ni	Cd	Nb	Er	Pt	Cs	Fe
Cl	Pb	Ga	Ta	Eu	Ru	Li	K
Hg	Zn	Ge	Ti	Gd		Mn	Mg
I		In	Y	Ho		Rb	Na
Mo		Sn	Zr	La		Sc	P
Re		Tl		Lu		Sr	S
Sb				Nd			
Se				Pr			
Te				Sm			
Th				Tb			
U				Tm			
V				Yb			
W							

*Fuente: GEOQUIMICA DEL Dr. Ricardo Valls.*

### 3.8.7. Amalgamiento de REE

- Debido a que los REE (RAE EARTH ELEMENTS) tienen la misma información geoquímica se hace la sumatoria de todos ellos y se trabaja como si fueran uno solo.



### 3.8.8. Normalización de Fe y Mn

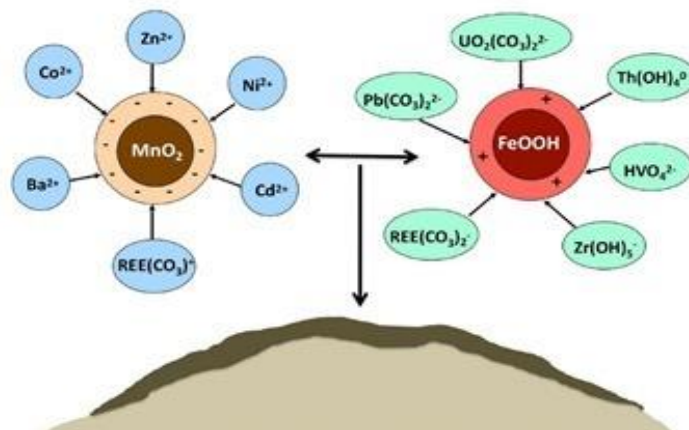
- Los cationes presentes en la zona precipitan por el REDOX que genera el Fe y Mn. Por tanto, forman anomalías que no están relacionadas con el deposito (anomalías químicas REDOX).

Eliminación del efecto REDOX de los datos:

- Proceso por el cual los valores de los elementos como el Ba, Co, Zn, Ni y Cd son divididos por el valor del Mn. Reemplazando este resultado a los datos anteriores.
- Proceso por el cual los valores de los elementos como el Pb, U, Th, V y Zr son divididos por el valor del Fe. Reemplazando este resultado a los datos anteriores.
- En caso de los REE, se divide el REE entre la suma de los valores del Mn y Fe. Reemplazando este resultado a los datos anteriores.

**Figura 17:**

REDOX de los elementos frente al Fe y Mn



*Fuente: GEOQUIMICA DEL Dr. Ricardo Valls.*









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

- **Fase de exploración:**

ITEM	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO/SERIE	AÑO	ACTUALIZACIÓN / CALIBRACIÓN	% DE CONFIABILIDAD/ERROR
1	GPS	GARMIN	GPSMAP 64SX	2019	SOFTWARE Y MAPAS 2021	ERROR +/- 0.3m
2	BRÚJULA	BRUNTON	BR420SP0 Y3Z3ULPE	2019	2021	ERROR +/- 0°00'09''

- **Fase de laboratorio:**

ITEM	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	AÑO	ACTUALIZACIÓN / CALIBRACIÓN	% DE CONFIABILIDAD/ERROR
1	ESPECTROMETRO DE MASAS	THERMO	TSQ QUANTUM	2015	ACCESS MAX 2021	ERROR +/- 0.9nm

### 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

- El uso de la Axiología en nuestra vida diaria estuvo volcado de principio a fin en la investigación de este proyecto, todas las personas involucradas estuvieron sujetas al Qa/Qc; ampliando así nuestras fortalezas y lucha contra la falsedad de datos y entre otras más.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción del trabajo de campo

##### 4.1.1. Obtención remota de datos preliminares mediante PDI

Los datos crudos del sensor ASTER L1T, calibrados y tratados en el software ENVI en su versión actual; arrojó datos de anomalías minerales, probables contactos litológicos y lineamientos morfo-estructurales presentes en la zona de estudio. Este trabajo fue desarrollado minuciosamente en Gabinete.

El método SAM (Spectral Angle Mapper) para la obtención de las anomalías minerales fue la mejor opción en este proyecto.

*(Ver figura de plano 01, 02, 03, 04 y 05)*

##### 4.1.2. Levantamiento Topográfico

Después de tomar como punto de partida planos referenciales obtenidos del DEM (MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL), del cuadrángulo de PASCO 21K, se procedió con el levantamiento topográfico, tomando como puntos de control **PP1** (E338739.157- N8854780.085) y **PP2** (E339704.010- N8854188.115).

Los puntos obtenidos fueron necesarios a la hora de generar las **CURVAS DE NIVEL**, estas a su vez nos ayudaron a comprender las características geomorfológicas de la superficie del área en mención, zonas de acceso y sobre todo el tema tridimensional de la superficie del proyecto.

**Figura 18:**  
Puntos de control



*Fuente: Personal*

De esa manera se obtuvo la base topográfica en el cual se empezó a rellenar la geología del lugar. *(Ver figura de plano de plano 06)*

#### **4.1.3. Levantamiento Geológico**

Al mapear la zona de estudio se encontró los siguientes:

##### **4.1.3.1. Litoestratigrafía**

*Esquistos del COMPLEJO MARAÑÓN asignadas al Neoproterozoico*, contienen cuarzo-muscovita, de textura granoblástica, siendo las micas entre 50 y 70%, y el cuarzo 20-30%. Los accesorios se presentan como cloritas, feldespatos, anfíboles subhedrales – anhedrales. Por



intemperismo presenta colores rojizos, presentando una morfología ondulada a agreste e irregular; se le clasifica como esquisto de cuarzo-mica (**ver Imagen 19 y 20**).

**Figura 19:**

Complejo Marañón – Esquistos micáceos



*Fuente: Personal*

**Figura 20:**

Esquistos con granos de Cz-metamorfismo regional de bajo grado



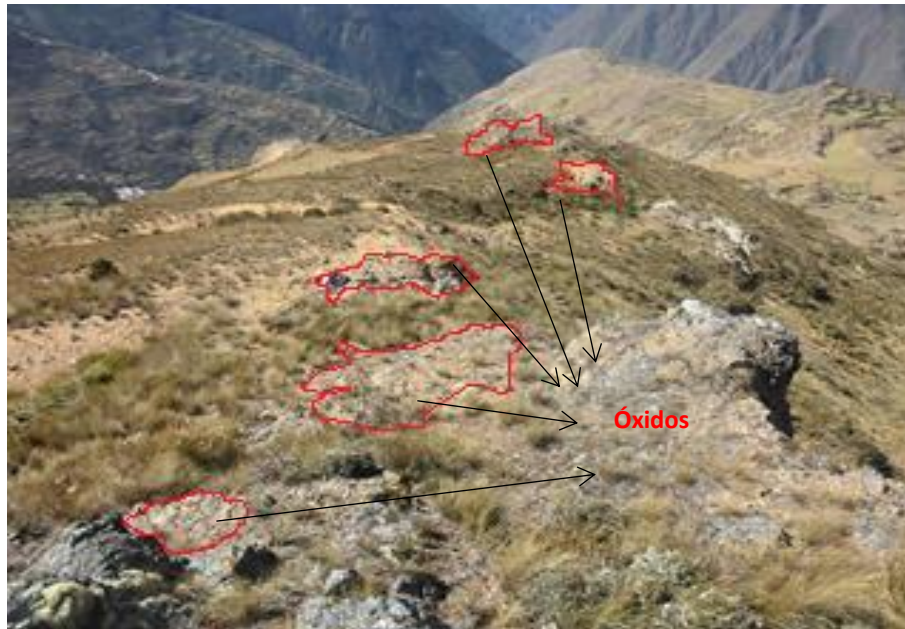
*Fuente: Personal*

También rocas del *Devónico areniscas cuarzosas* amarillentas en capas de 30 cm de espesor, a veces varía de 50cm de espesor, pertenecientes al *GRUPO EXCELSIOR* (ver imagen 21 y 22). Descansa sobre esquistos del Complejo del Marañón.

A continuación, encontramos paquetes del *Cretáceo* constituida por *areniscas cuarcíticas*, de grano medio a grueso, compactadas en bancos medianos, bastante resistentes a la erosión, se presentan como crestas conspicuas y abruptas; en partes se observa estratificación cruzada a veces, muy fracturada (ver imagen 23 y 24). Descansa directamente en discordancia sobre los grupos infrayacentes Excélsior.

**Figura 21:**

Estructuras mineralizadas – Encajonadas en rocas del Paleozoico



*Fuente: Personal*

**Figura 22:**

Trazas de Oxidación en rocas del Excélsior – Cuarcitas Del Excélsior



*Fuente: Personal*

**Figura 23:**

Rocas del Mesozoico – Grupo Goyllarisquizga



*Fuente: Personal*

### Figura 24:

Areniscas Cuarcíticas – Grupo Goyllarisquizga



*Fuente: Personal*

#### 4.1.3.2. Rocas Ígneas

Se encontraron ANDESITAS los minerales más grandes como la plagioclasa suelen ser visibles a simple vista mientras que la matriz suele estar compuesta de granos minerales finos piroxenos (ver imagen 25).

Las **DIORITAS** encontradas son de grano fino a medio, homogéneas y de color gris. La diorita en la zona de estudio contiene numerosos xenolitos y cristales euhedrales de hornblenda prismática de color marrón verdoso dispuesto sin ninguna orientación. La plagioclasa comúnmente en fenocristales tanto de forma cuadrangular como de bastoncitos. El cuarzo sólo se presente raramente y en muy pequeña cantidad (*ver imagen 26*).

Figura 25:  
Flujos Andesíticos-Lado Oeste de la Zona I



*Fuente: Personal*

Figura 26:  
Brecha Hidrotermal-Clastos angulosos Andesíticos en matriz Diorítica



*Fuente: Personal*

#### 4.1.3.3. Geología del Cuaternario

- **Depositos Glaciares**

Compuestas principalmente por cantos que varían entre los 20 a 35 centímetros de diámetro, englobados por sedimentos fluvioglaciares.

*(Ver imagen 27)*

**Figura 27:**

Depósitos cuaternarios; Cantos englobados en material fluvioglacial



*Fuente: Personal*

*(Ver figura de plano de plano 07)*

Todo lo anterior ayudaron a levantar la columna estratigráfica de la zona, apoyados en los TRAVELS fijados previamente en gabinete (ver cuadro 07).

#### **4.1.3.4. Geología Estructural**

##### **Episodios de la deformación durante el Cretáceo y Paleogeno**

Todos los ejes de pliegues que afectaron las formaciones cretáceas y paleógenas siguen la tendencia andina, siendo los episodios de plegamiento coaxiales, por esta razón son completamente difíciles de identificar; el plegamiento en los sedimentos dentro del Miogeosinclinal tomó lugar antes y después de la depositación de la Formación Casapalca y del Grupo Calipuy (Eoceno). Este plegamiento probablemente se llevó a cabo durante el Paleógeno mediante la Orogenia Incaica, subsecuentemente a la depositación del Calipuy, ocurrió una deformación adicional que fue la Fase Quechua, estos períodos de plegamiento son coaxiales, lo que significa que los esfuerzos corticales que los produjeron mantuvieron una misma orientación de la cuenca, la orientación del resto del campo permaneció constante estando alternado por períodos de compresión y tensión.

##### **Tectónica Hercínica**

Tectónica Hercínica se denomina al conjunto de deformaciones que han afectado al basamento paleozoico, entre fines del Devónico superior y la transgresión del Triásico medio marcando los inicios del ciclo andino (MEGARD, F. 1971), constituye la Cadena Hercínica en dos fases tectónicas. La primera fase Eohercínica datada como Devónico superior; marca la discordancia general del Misisipiano sobre los terrenos plegados del Paleozoico Inferior.

La segunda fase Tardihercínica datada como Pérmico Medio en el sur y en el centro solamente como una epirogénesis.

*(Ver figura de plano de plano 08)*

#### **4.1.3.5. Geología Económica**

##### **Alteraciones**

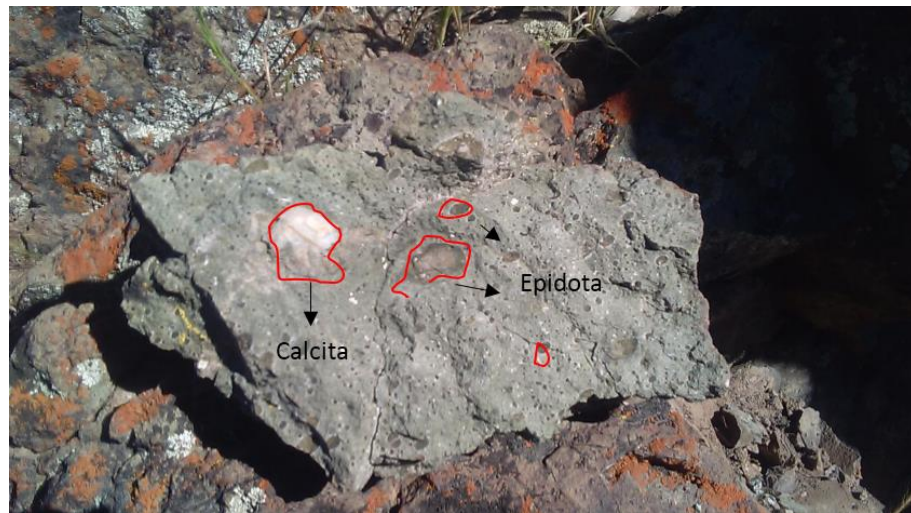
En el área se encontraron 2 tipos de alteraciones:

**PROPILÍTICA:** Caracterizada por la presencia de clorita, albita (plagioclasa albitizada), epidota, carbonatos y otros minerales incluidos sulfuros. La Biotita y la Hornblenda se cambiaron parciales o totales a clorita y carbonatos (*ver imagen 28*).

**FILICA:** Ambos feldspatos (plagioclasas y feldespato potásico) transformados a sericita y cuarzos secundarios, con cantidades menores de caolinita. Normalmente los minerales máficos también están completamente destruidos en este tipo de alteración. Es el resultado de una hidrólisis moderada a fuerte de los feldspatos, en un rango de temperatura de 300°-400°C y en un rango de pH 5 a 6 (*ver imagen 29*).



Figura 28:  
Alteración Propilítica (calcita, epidota)



*Fuente: Personal*

Figura 29:  
Alteración Fílica (superficie untuosa al tacto/Sericita)



*Fuente: Personal*

## **Mineralización**

Se manifiesta en los afloramientos de las Andesitas y en poco grado en el Goyllarisquizga, el emplazamiento hidrotermal, originó cuerpos alargados de

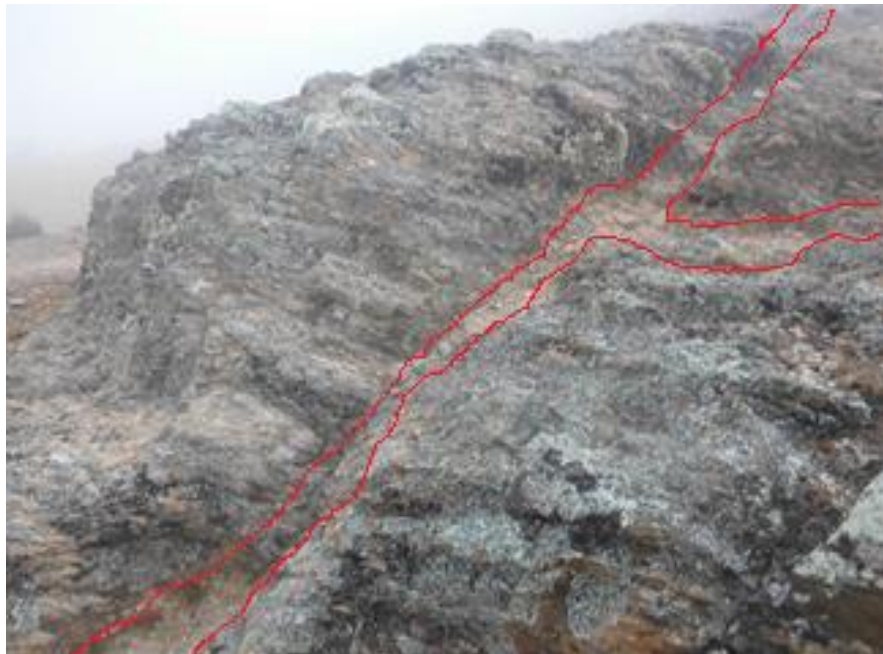
0.50m de potencia de sulfuros masivos cortando a las andesitas y como vetillas cortando a la misma con potencias que varían de 0.10- 0.15cm

En el área de estudio los Sulfuros masivos; tienen como principales minerales de Ganga la Pirita y el Cuarzo, las leyes (ppm) de Cu, Pb, Zn y Ag fluctúan entre 9.28-46.30, 14.06-32.79, 0.083-0.16 y 0.18-0.46 respectivamente.

*(Ver imagen 30 y 31).*

**Figura 30:**

Estructura mineralizada encajonada en Lutitas del Grupo Goyllarisquizga



*Fuente: Personal*

**Figura 31:**  
Sulfuros masivos– Muestra meteorizada



*Fuente: Personal*

#### **4.1.4. Muestreo**

Las estructuras mineralizadas encontradas en la Zona I del proyecto la Toñi. Fueron muestreadas de manera que los protocolos utilizados para medir y asegurar que todas las muestras cumplan con los estándares de calidad (QA/QC), se cumplan estrictamente.

*(Ver imagen 32)*

Se realizaron las siguientes labores para el muestreo:

- Canales

En las vetas y vetillas se usaron está, perpendicularmente al rumbo de las mismas de más o menos un espesor que varían de entre 20cm a 30cm.

- Trincheras

Zanjas excavadas en el terreno para muestrear la zona rocosa y/o mineralizada, están en forma paralela con rumbo N15°E, espaciadas una de la otra por 10 metros. Sirve también para ver la extensión de la alteración y/o de la mineralización.

- Calicata

Empleadas para facilitar el reconocimiento geo-estratigráfico a del terreno. En la ZONA I se utilizaron en algunos puntos y no precisamente con medidas unificadas debido a que el requerimiento era distinto en dichos puntos.

*(Ver imagen 33)*

*(Ver figura de plano de plano 09, 11, 13 y 15)*

### **Figura 32:**

Conjunto de muestras y tarjeta de muestreo



*Fuente: Personal*

### Figura 33:

Trincheras N° 3,4 y 5 Rumbo N15°E – UTM: 339179E 8854901N



*Fuente: Personal*

#### 4.1.5. Geoquímica

Después de obtener las muestras de la exploración preliminar geológica del Proyecto la Toñi Zona I, se procedió a su análisis, enviándolas a laboratorio para ser analizadas por el método (ICP MASAS).

Posteriormente se trató los datos cerrados en el software Excel, para luego en el software CODAPACK hacer el tratamiento estadístico gráfico, obteniendo así los elementos de interés (*ver imagen 34*).

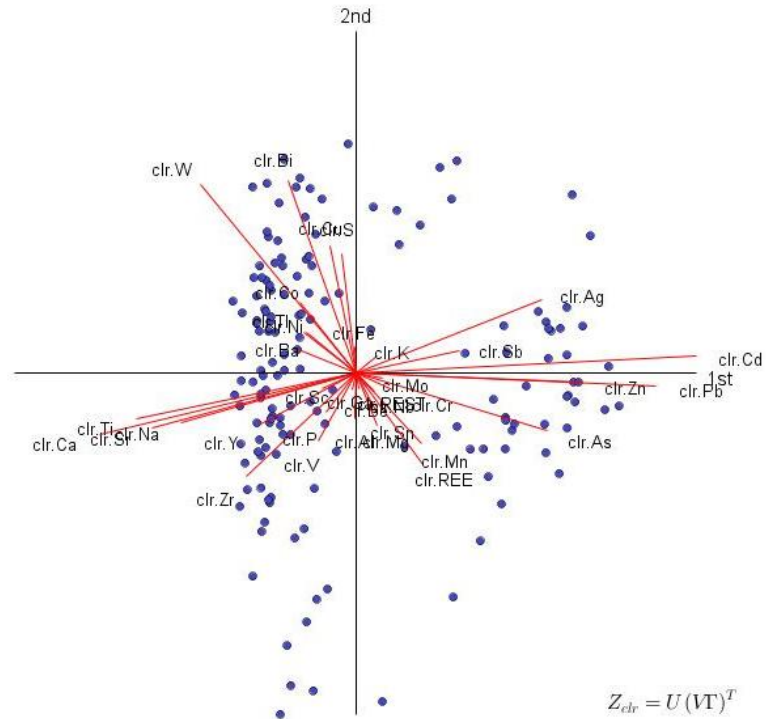
Se obtuvo también los **pathfinder element** correspondientes a los elementos de interés (*ver imagen 35*).

En este caso se trabajó con algunos elementos como ejemplo de tratamiento en el OASIS MONTAJ.

(Ver figura de plano de plano 10, 12, 14 y 16)

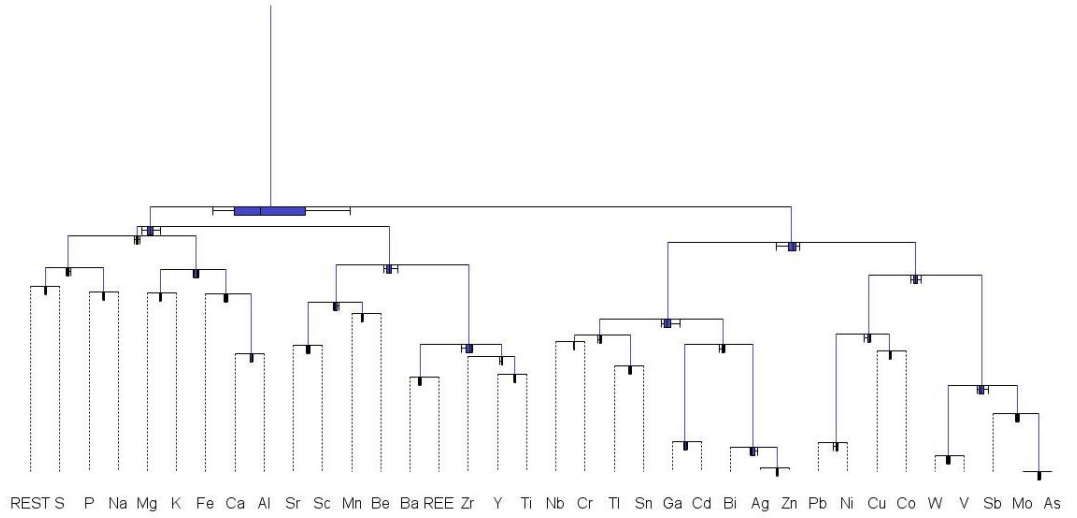
**Figura 34:**

CLR BILOT – Relación entre elementos de interés en el depósito



*Fuente: Personal*

**Figura 35:**  
PATHFINDER ELEMENT – Encontrados en el Depósito

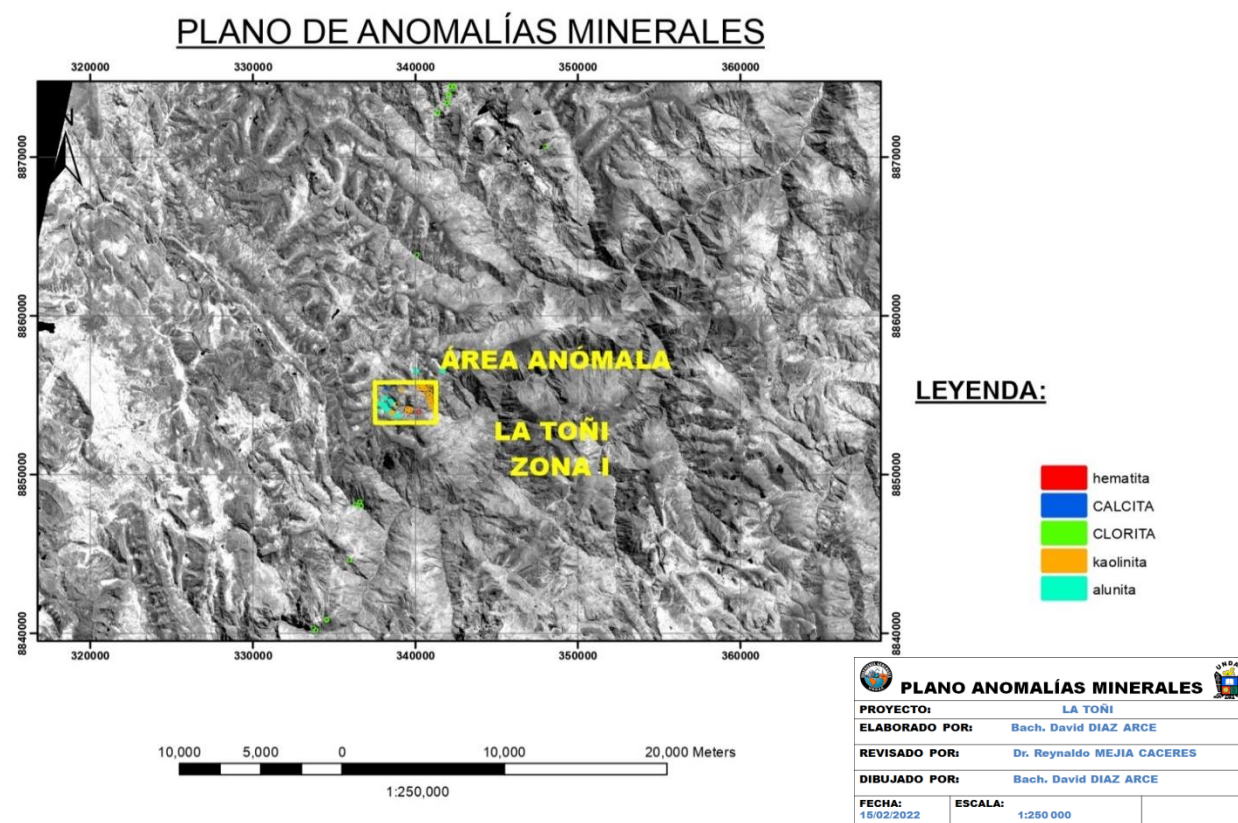


*Fuente: Personal*

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

**Figura 36:**

Imagen Plano 01 Anomalías Minerales



Por PDI:

\*Arcillas obtenidas por método de banth ratios:

KAOLINITA (B4+B7)/B6

ALUNITA (B4+B7)/B5

\*HEMATITA por el método SAM utilizando librería espectral en el VNIR.

\*CALCITA y CLORITA por el método SAM utilizando librería espectral en el TIR.

Todas las anomalías están sobre la BANDA 3.

Las arcillas como la kaolinita y la alunita presentes en el área de estudio representan un tipo de mineralización. Se presentan también la hematita como representante de los óxidos y en mínimo grado la calcita,

respecto a la clorita encontrada en los alrededores de la concesión ayudaría a comprender los episodios geológicos ocurridos en la zona de estudio.

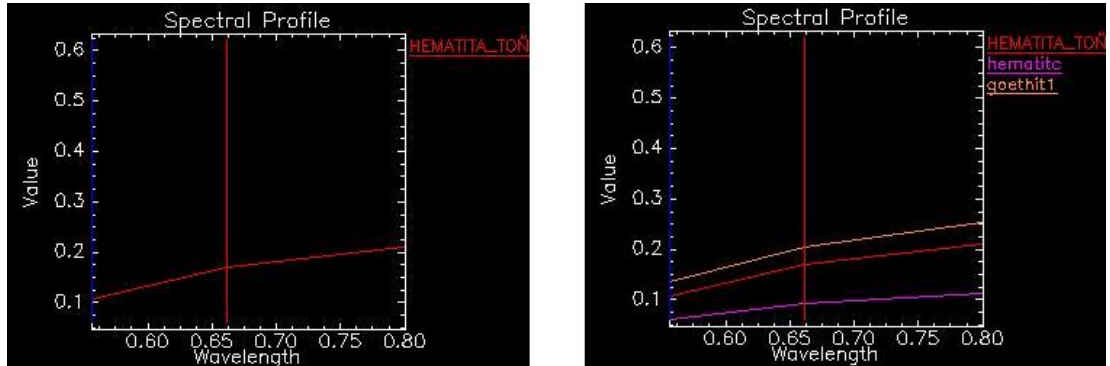
*Fuente personal*



Firmas espectrales de minerales encontrados en el área de estudio VS librería:

**Figura 37:**

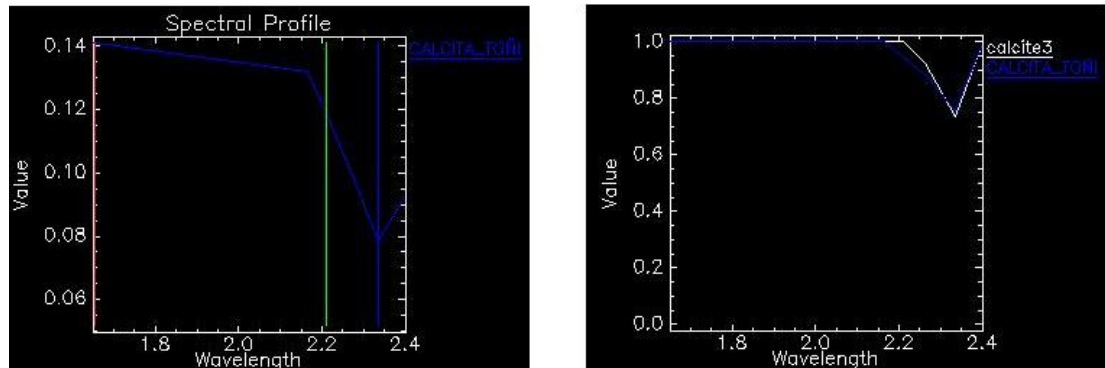
Firma Espectral (hematita\_toñi vs hematita/goetita1)



*Fuente personal*

**Figura 38:**

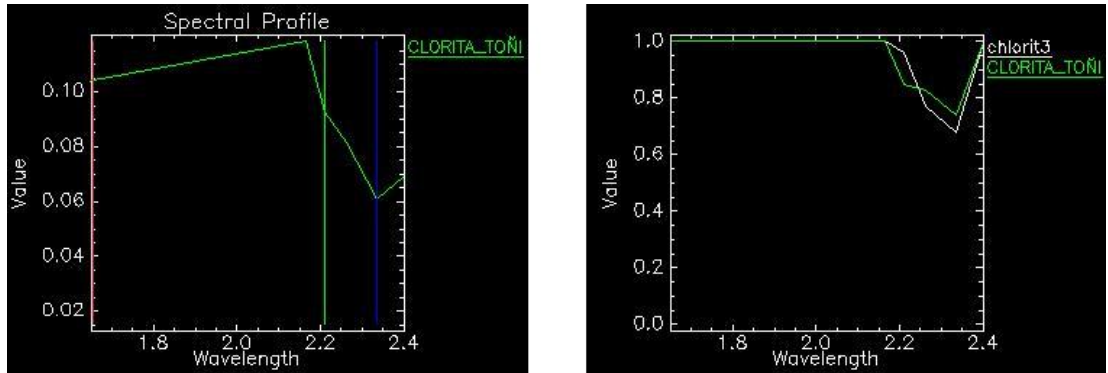
Firma Espectral (calcita\_toñi vs calcita3)



*Fuente personal*

**Figura 39:**

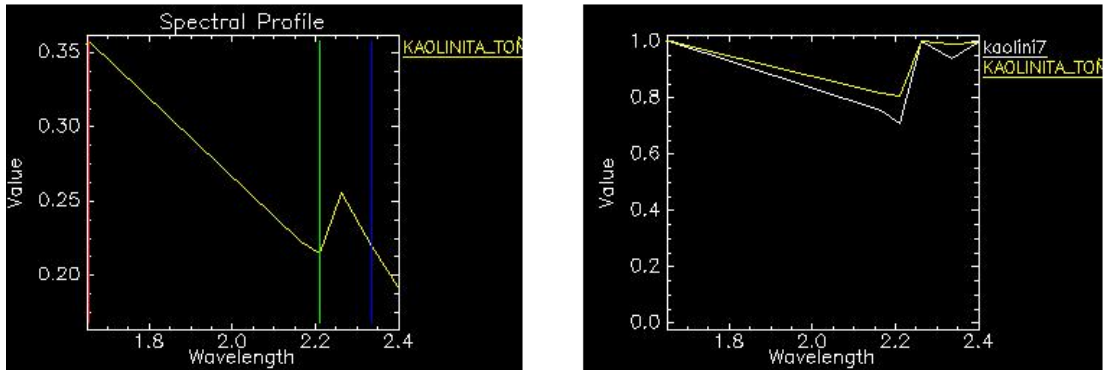
Firma Espectral (clorita\_toñi vs clorita3)



*Fuente personal*

**Figura 40:**

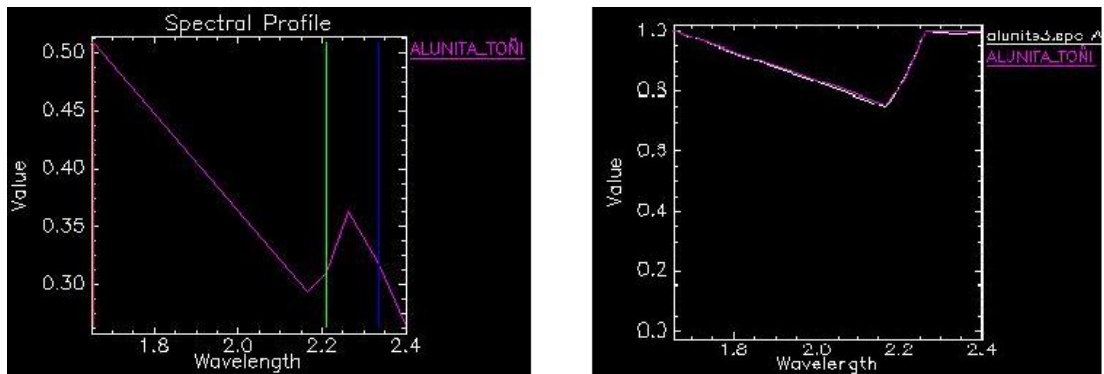
Firma Espectral (kaolinita\_toñi vs kaolinita7)



*Fuente personal*

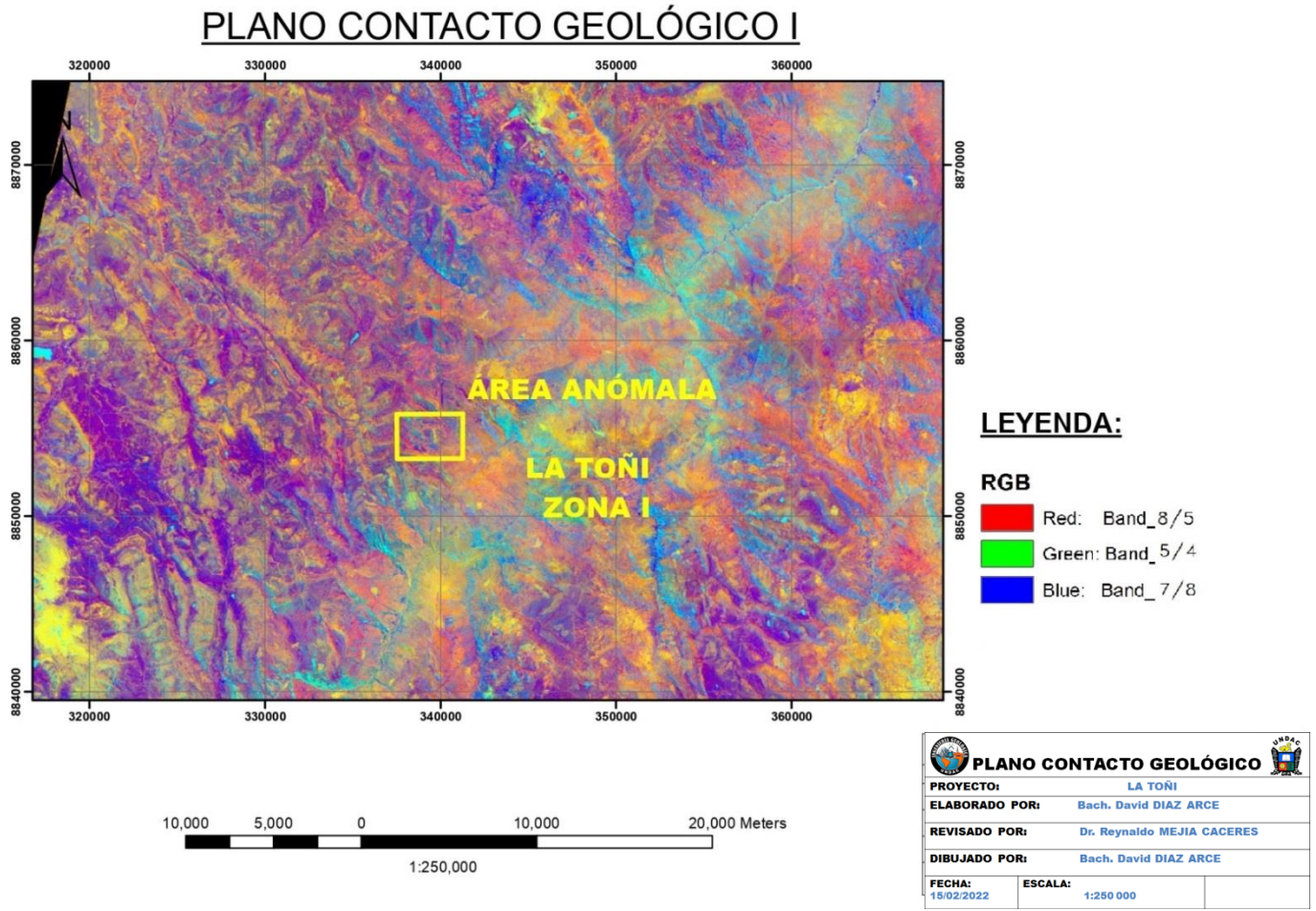
**Figura 41:**

Firma Espectral (alunita\_toñi vs alunita1)



*Fuente personal*

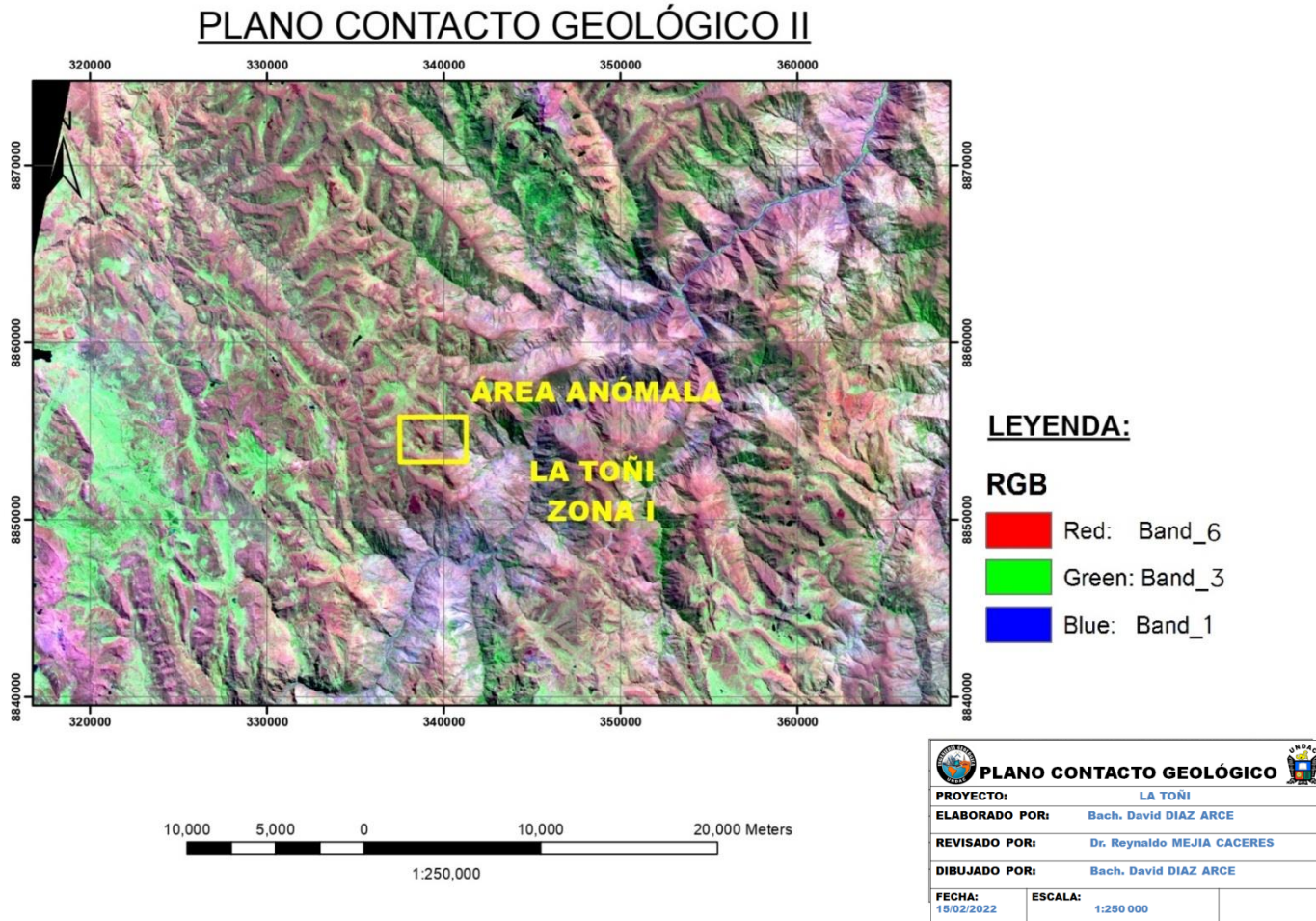
**Figura 42:**  
 Imagen Plano 02 Contactos Litológicos 1



Por PDI:  
 Para este caso se aplicó la combinación R: 8/5, V: 5/4 y A: 7/8, esta combinación de bandas genera un tipo discriminatorio de litología de la escena en la que se está trabajando, los colores las diferencian.

*Fuente personal*

**Figura 43:**  
 Imagen Plano 03 Contactos Litológicos 2

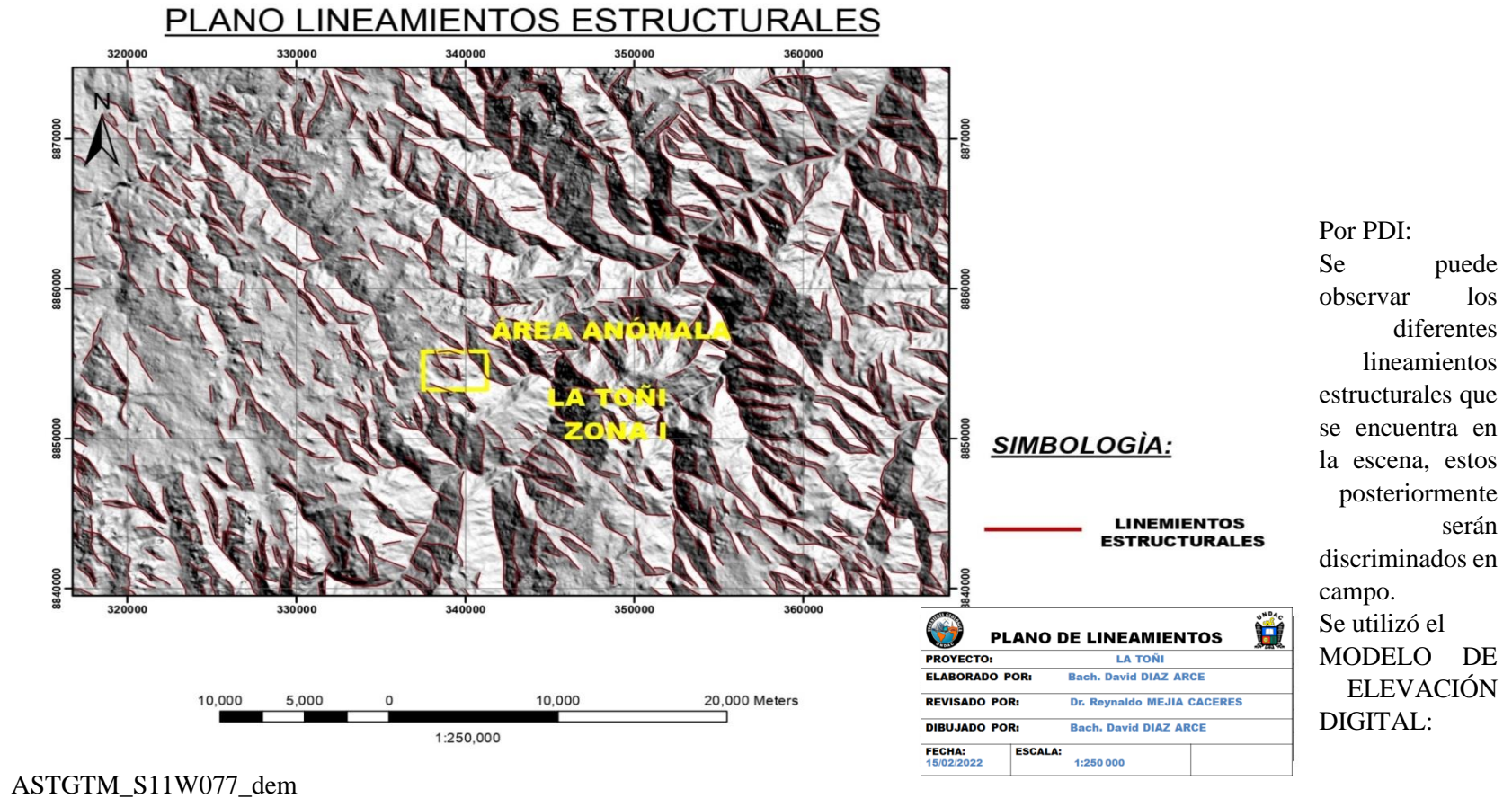


Por PDI:  
 Para este caso se aplicó la combinación R: 6, V: 3 y A: 1, esta combinación de bandas genera otro tipo discriminatorio de litología de la escena en la que se está trabajando, los colores las diferencian.

*Fuente personal*

**Figura 44:**

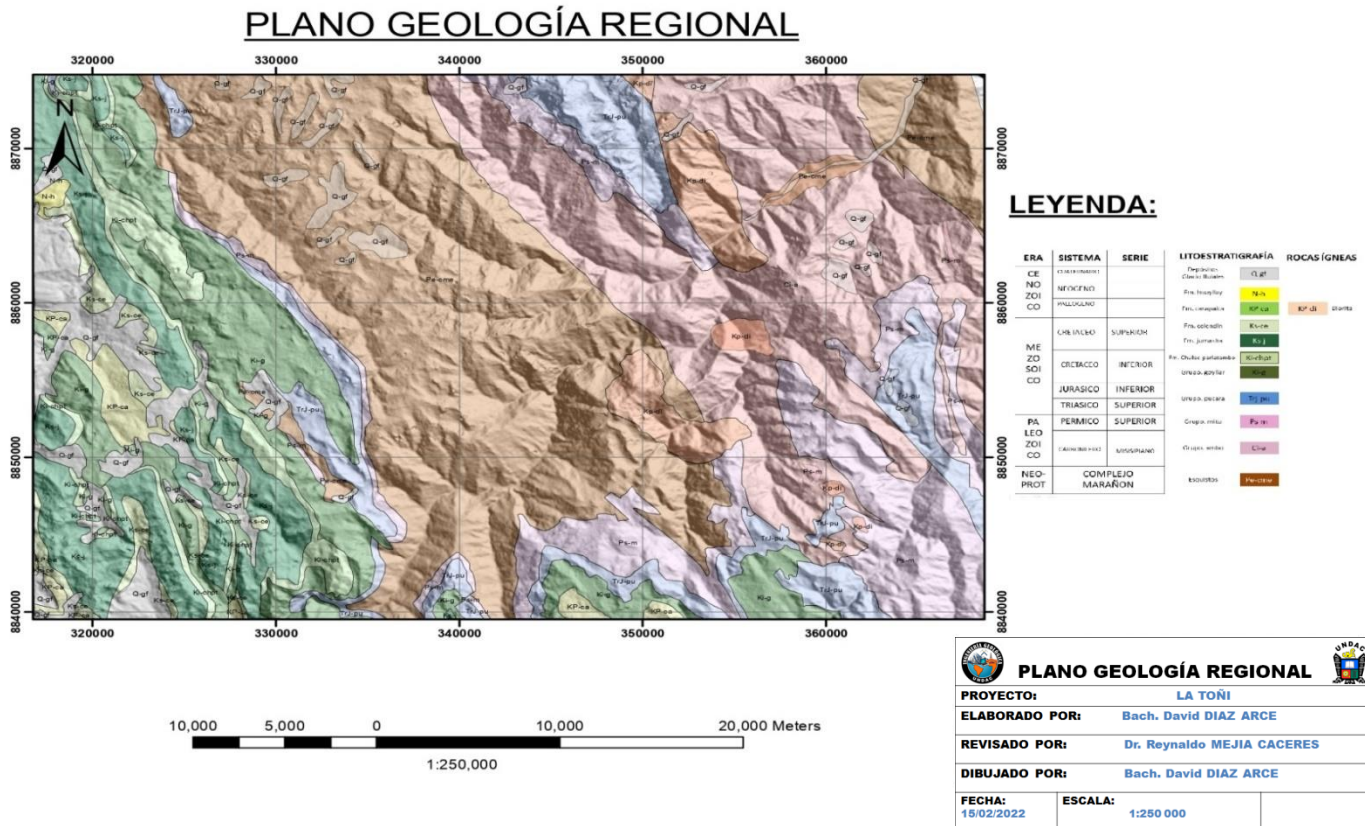
Imagen Plano 04 Lineamientos Estructurales



Por PDI:  
Se puede observar los diferentes lineamientos estructurales que se encuentra en la escena, estos posteriormente serán discriminados en campo. Se utilizó el MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL:

*Fuente personal*

**Figura 45:**  
Imagen Plano 05 Geología Regional



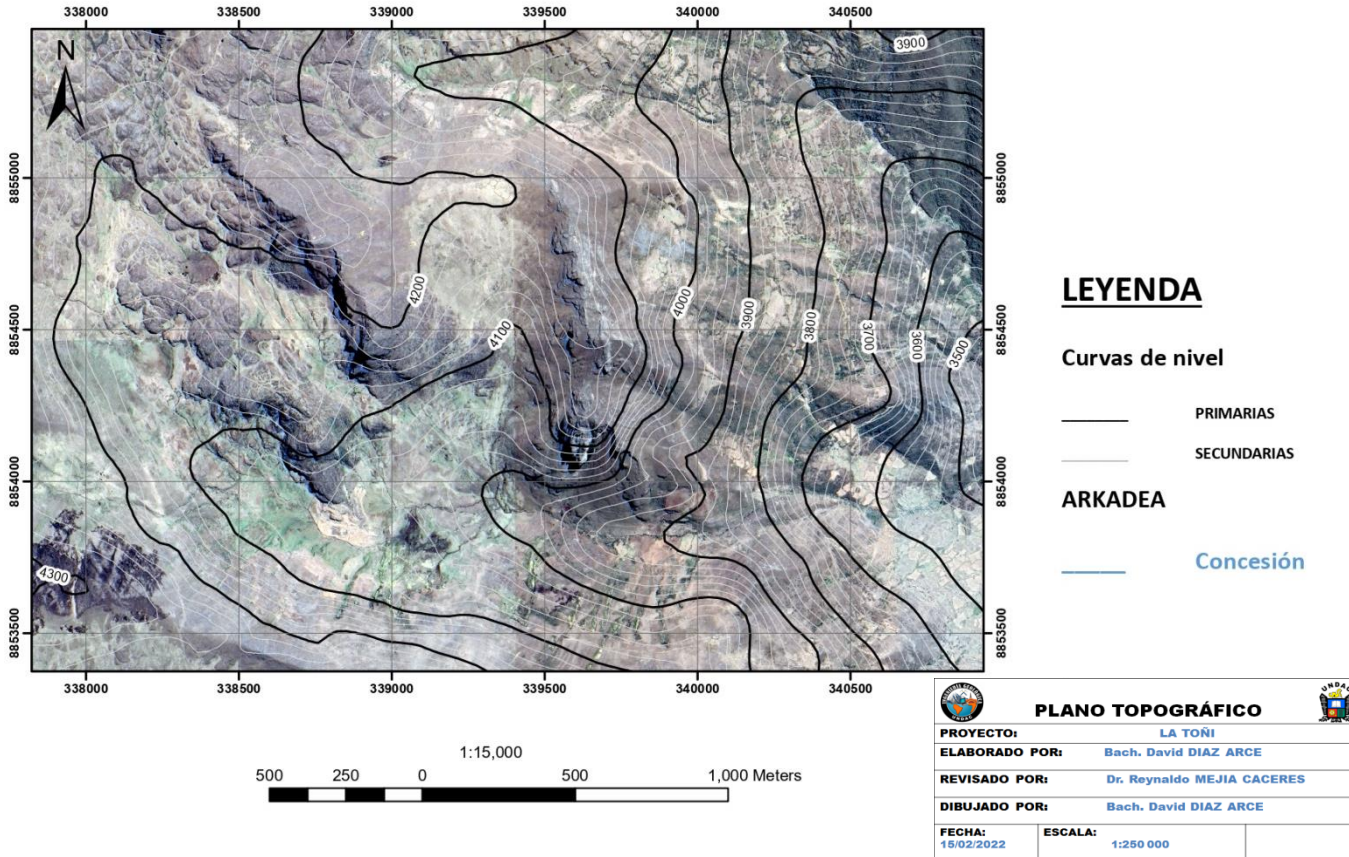
Compuestas por rocas que van desde el

*Fuente personal*

NEOPROTEROZOICO (complejo marañon), PALOZOICO (Grupo Ambo y Grupo Mitu), pasando al MEZOSOICO (Grupo Pucara, Grupo Goyllarisquisga, Fam. Chulec -Pariatambo, Fam. Jumasha y Fam. Celendin), en el CENOZOICO (Fam. Casapalca, Fam. Huayllay y Depósitos Cuaternarios). Y rocas jóvenes DIORITICAS pertenecientes también al CENOZOICO.

**Figura 46:**  
 Imagen Plano 06 Topográfico

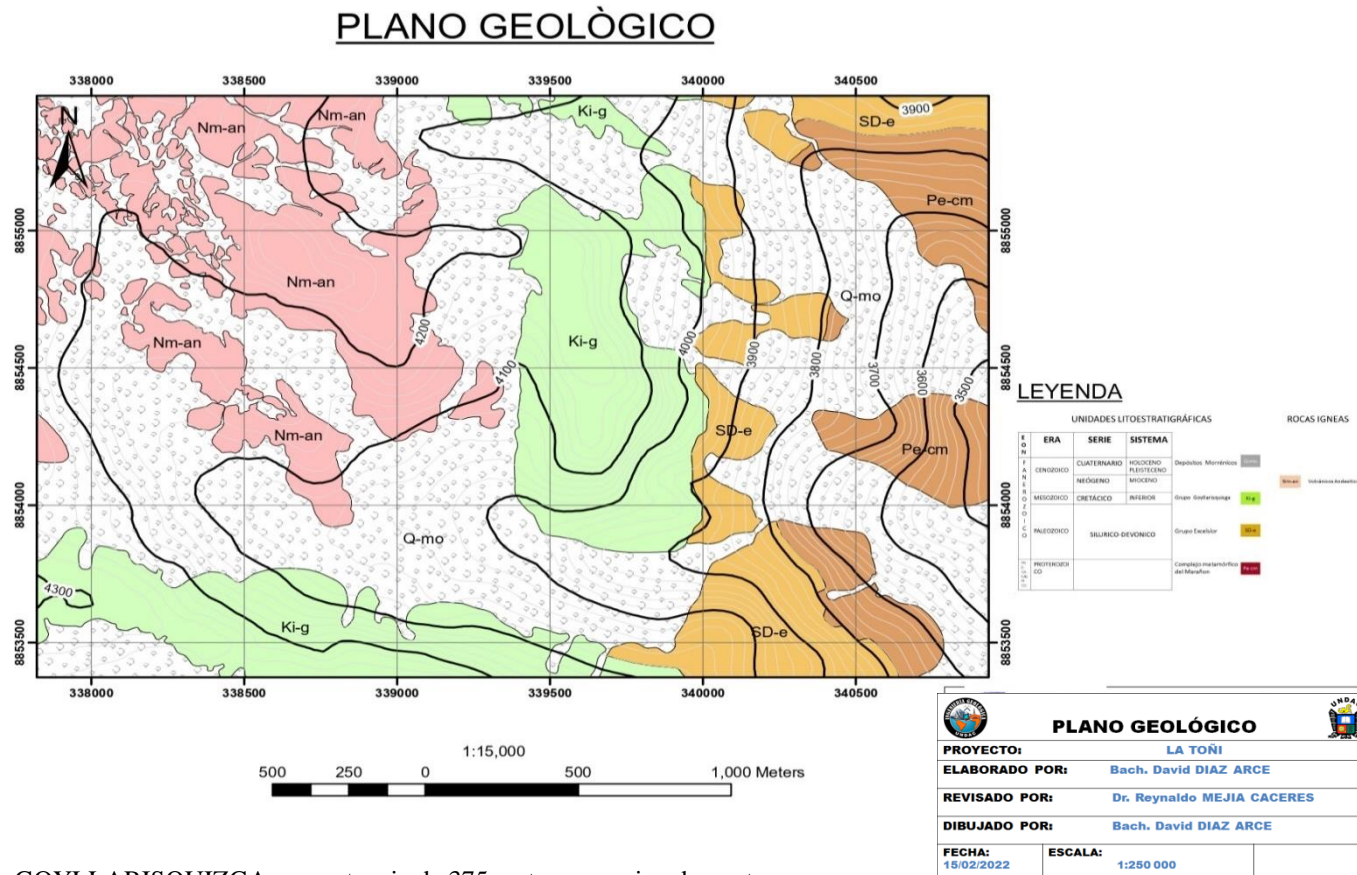
**TOPOGRÁFICO - CONCESIÓN ARKADEA**



Curvas de Nivel con curvas maestras a cada 100 metros, de pendiente moderada al lado ESTE del proyecto. Necesarias para empezar el proyecto en el área de estudio.

*Fuente personal*

**Figura 47:**  
Imagen Plano 07 Geológico



GOYLLARISQUIZGA con potencia de 375 metros aproximadamente.

La zona está comprendida por rocas que van desde el PROTEROZOICO, PALEOZOICO, MESOZOICO y materiales fluvio-glaciares del CENOZOICO.

Los diques Andesíticos cortan al Grupo Goyllarisquizga.

Por su parte el Intrusivo Diorítico llega a romper al Excelsior siendo este el conducto aprovechado por lavas andesíticas.

El metalotecto principal en esta zona es el Grupo

*Fuente personal*



**Tabla 7:**  
Columna Estratigráfica “La Toñi Zona I”

ERA	SERIE	SISTEMA	LITOLOGIA	POTENCIA	COLUMNA	DESCRIPCIÓN	
FANEROZOICO	CENZICO	HOLOCENO	CUATERNARIO	12 m		Cantos rodados de 20-35 cm dentro de material fluvio glacial.	
	MESOZOICO	CRETACICO	INFERIOR	375 m		GRUPO GOYLLARISQUISGA	<p>Cuarzitas de grano medio de 30cm-45cm de espesor, con intercalaciones de lutitas de 20cm de espesor.</p> <p>++++ Rocas dioríticas</p>
	PALEOZOICO		SILURICO-DEVONICO	570 m		GRUPO EXCELSIOR	<p>Cuarzitas blanquesinas de grano fino a muy fino de espesor de 25cm de espesor. En su base lutitas esquistosas bastante replegadas.</p> <p>^^ ^^ Rocas Andesíticas</p>
PROTEROZOICO			COMPLEJO MARAÑON			Esquistos de color verde con lentes de Cz.	

La zona está comprendida por rocas que van desde el PROTEROZOICO (Complejo Marañón), PALEOZOICO (Grupo Excelsior), MESOZOICO (Grupo Goyllarisquisga) y materiales fluvio glaciares del CENOZOICO.

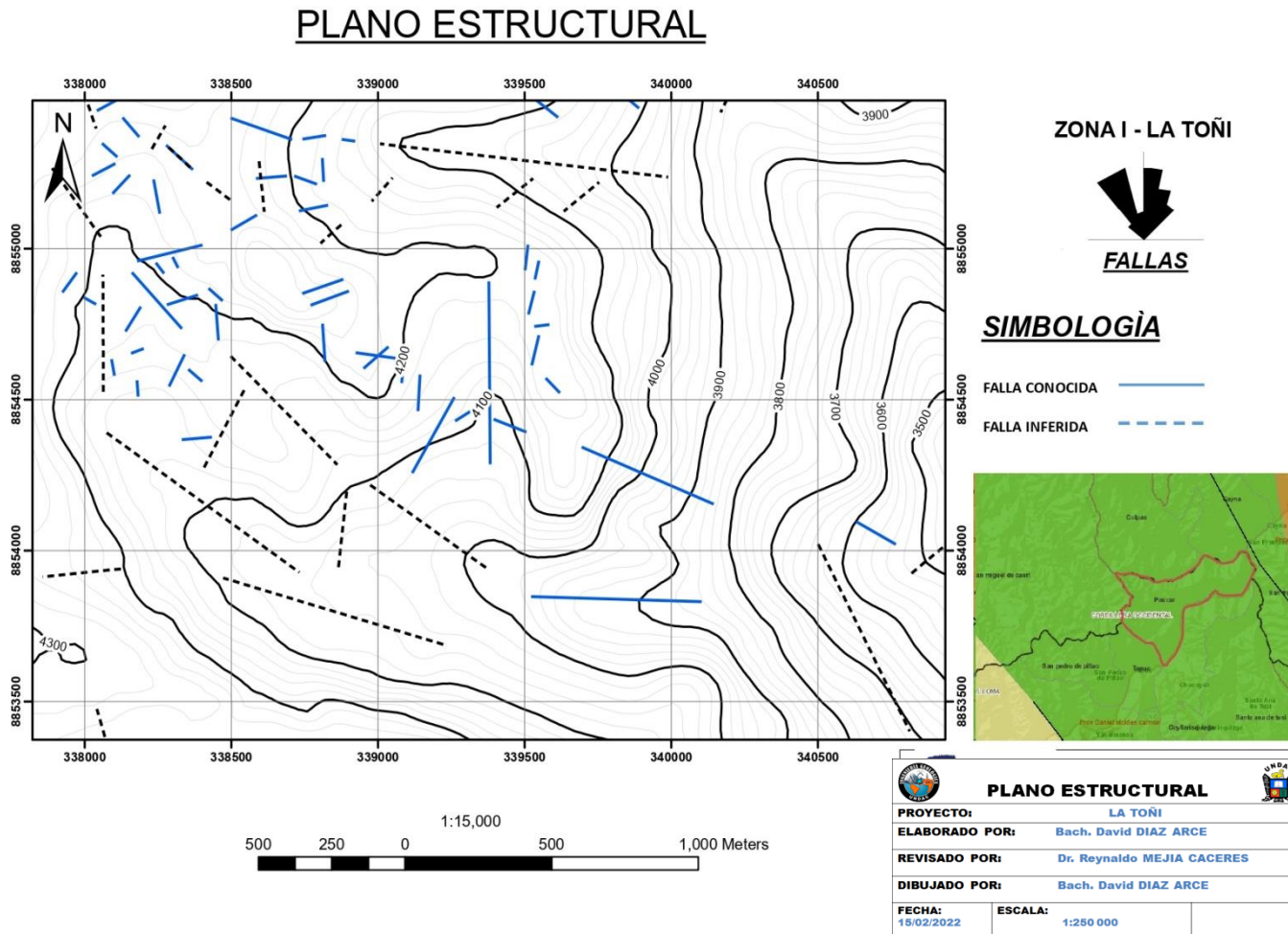
Los diques Andesíticos cortan al Grupo Goyllarisquisga.

Por su parte el Intrusivo Diorítico llega a romper al Excelsior siendo este el conducto aprovechado por lavas andesíticas.

El metalotecto principal en esta zona es el Grupo GOYLLARISQUIZGA con espesor de 375 metros.

*Fuente Personal*

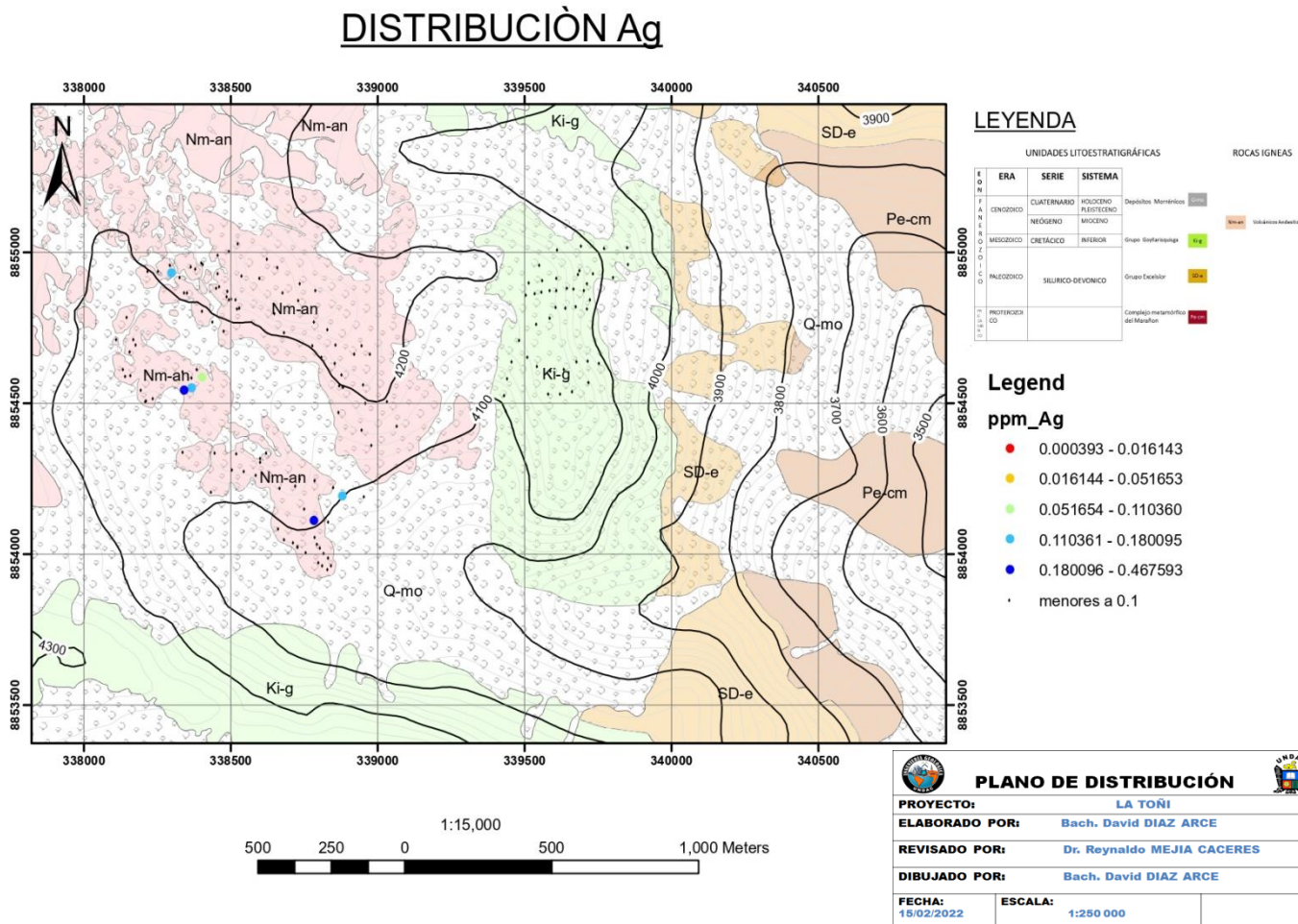
**Figura 48:**  
Imagen Plano 08 Estructural



Tanto las fallas conocidas como las inferidas, fueron aceptadas y/o descartadas INSITU, apoyado en los datos anteriormente generados mediante Procesamiento Digital de Imágenes (PDI).

*Fuente personal*

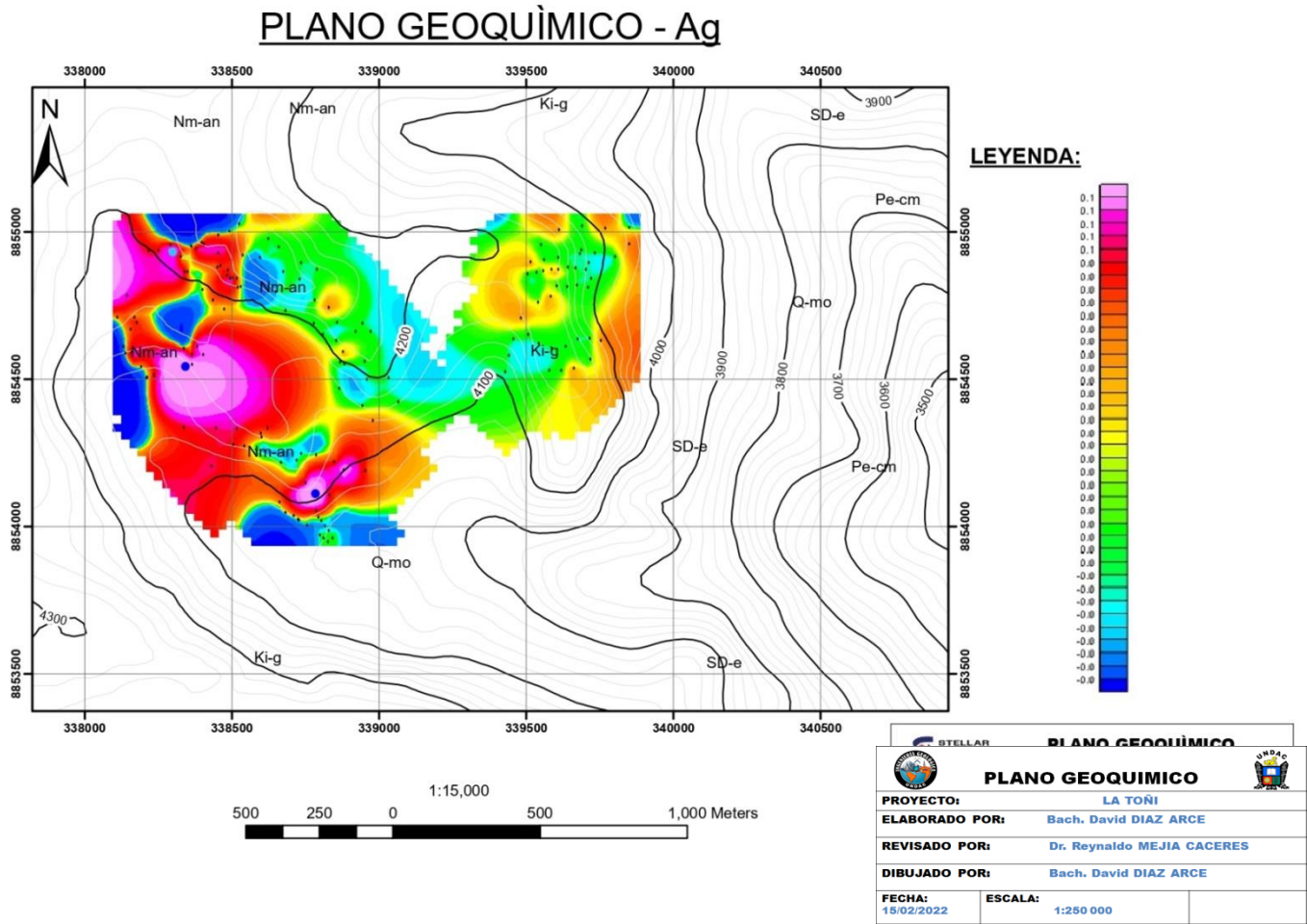
**Figura 49:**  
Imagen Plano 09 Distribución de leyes de Ag



Los valores más altos de PLATA, van desde 0.18 – 0.46 ppm y se encuentran distribuidas en las andesitas, tal como se muestran en el plano.

*Fuente personal*

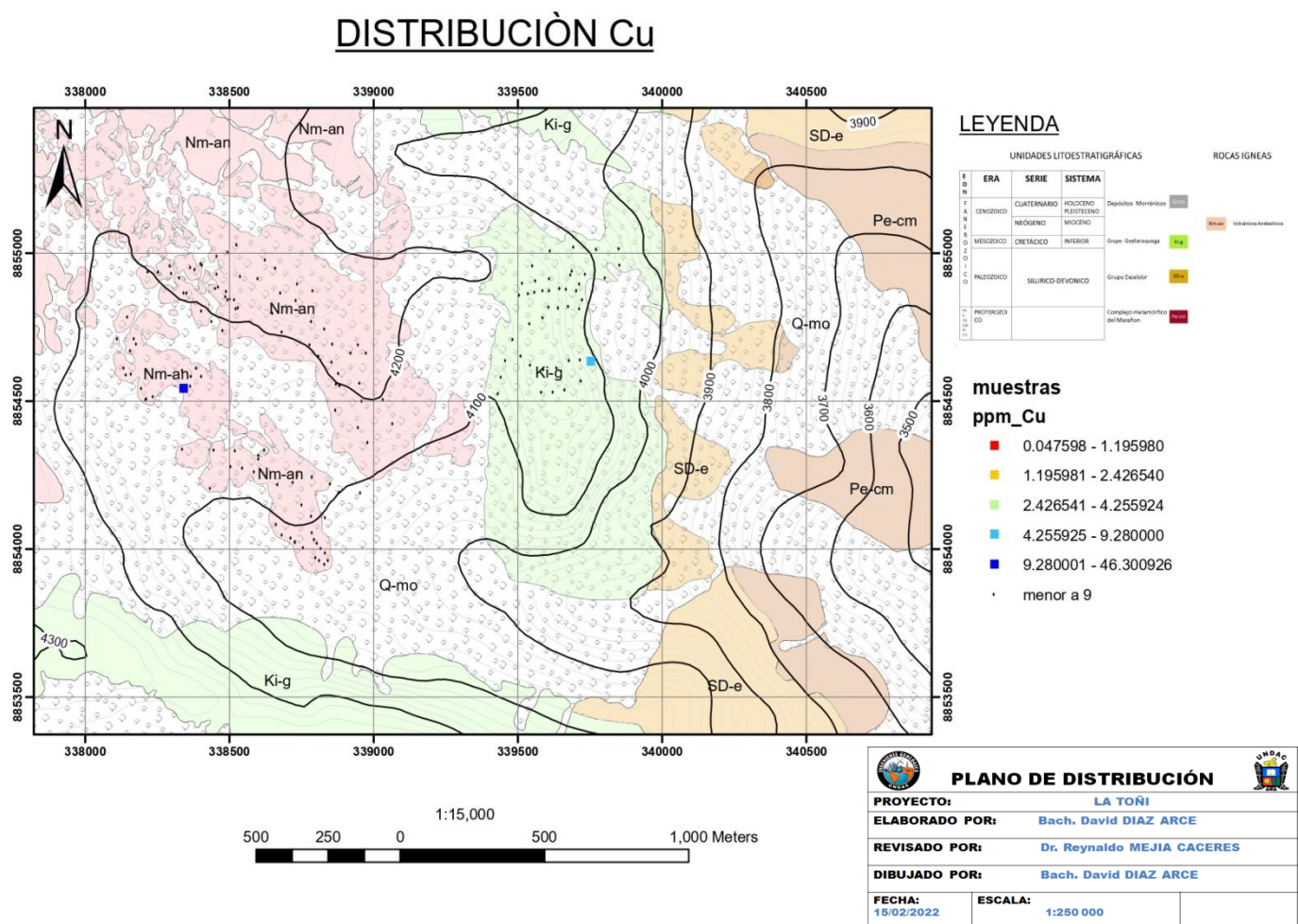
**Figura 50:**  
Imagen Plano 10 Geoquímico de Ag



El color magenta nos muestra la distribución de la PLATA en el área de estudio. Los valores más altos de PLATA, van desde 0.18 – 0.46 ppm.

*Fuente personal*

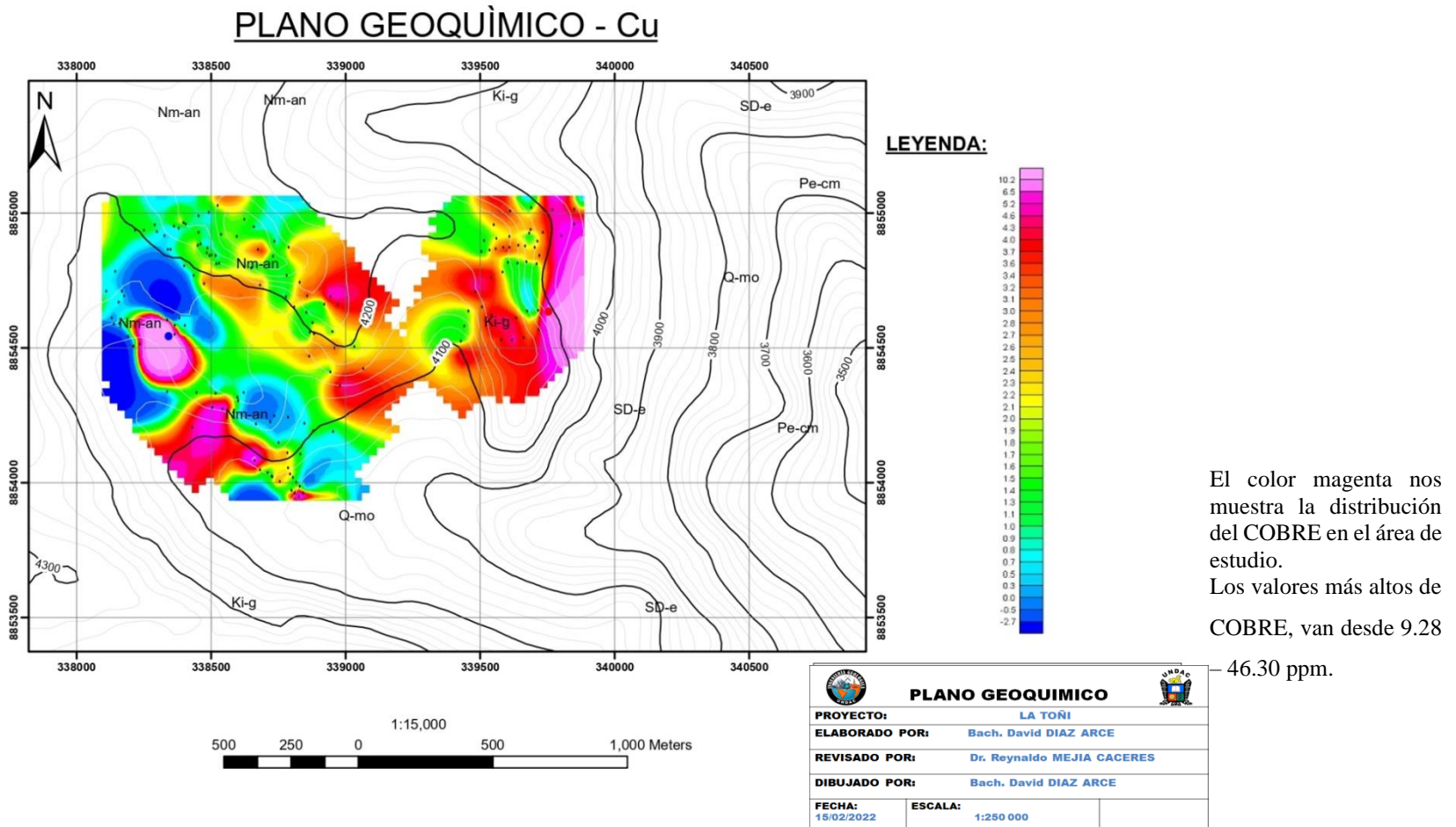
**Figura 51:**  
Imagen Plano 11 Distribución de Leyes de Cu



Los valores más altos de COBRE, van desde 9.28 – 46.30 ppm y se encuentran distribuidas en algunas zonas de las andesitas, tal como se muestran en el plano.

*Fuente personal*

**Figura 52:**  
 Imagen Plano 12 Geoquímico de Cu

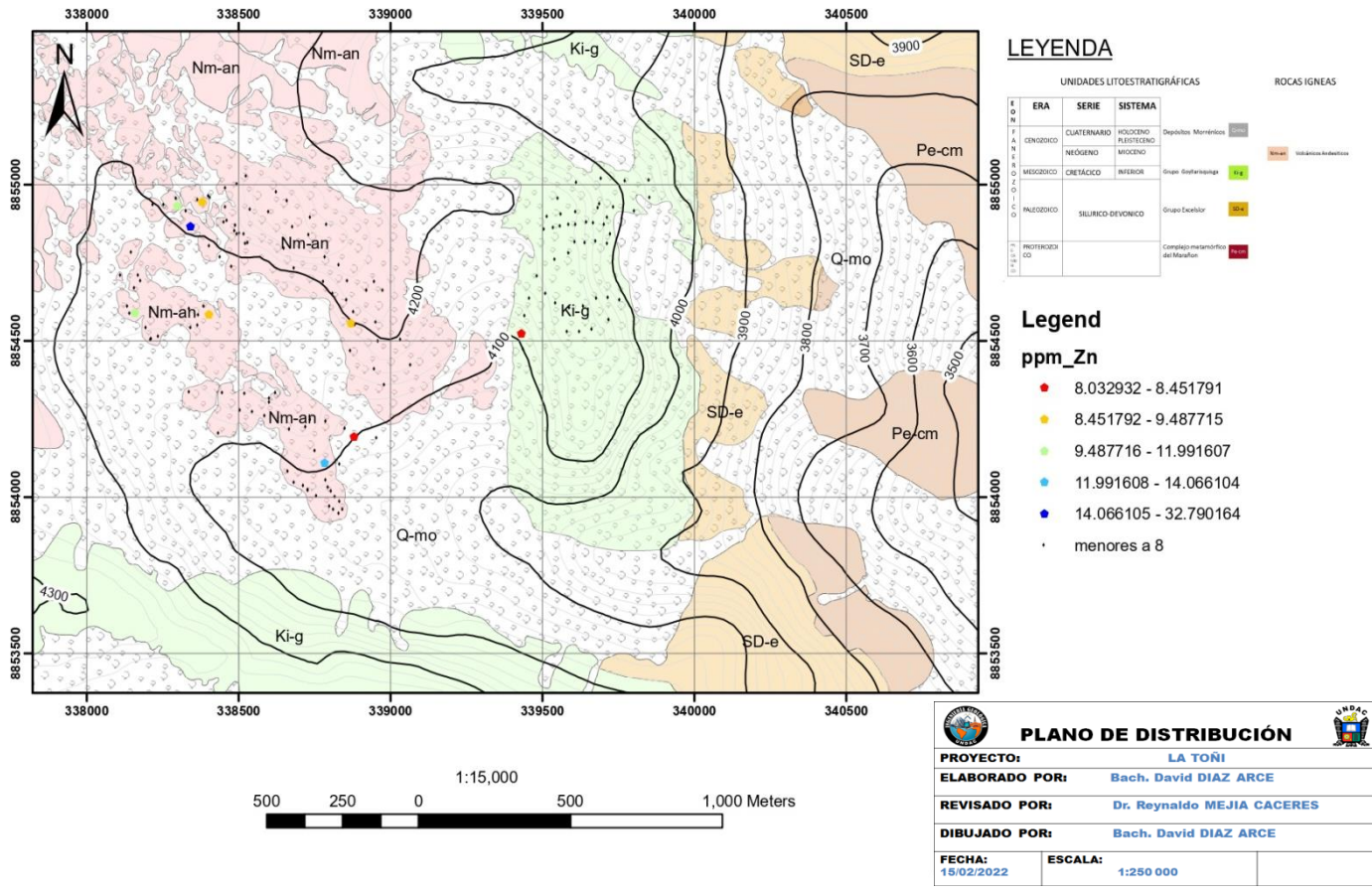


*Fuente personal*

**Figura 53:**

Imagen Plano 13 Distribución de Leyes de Zn

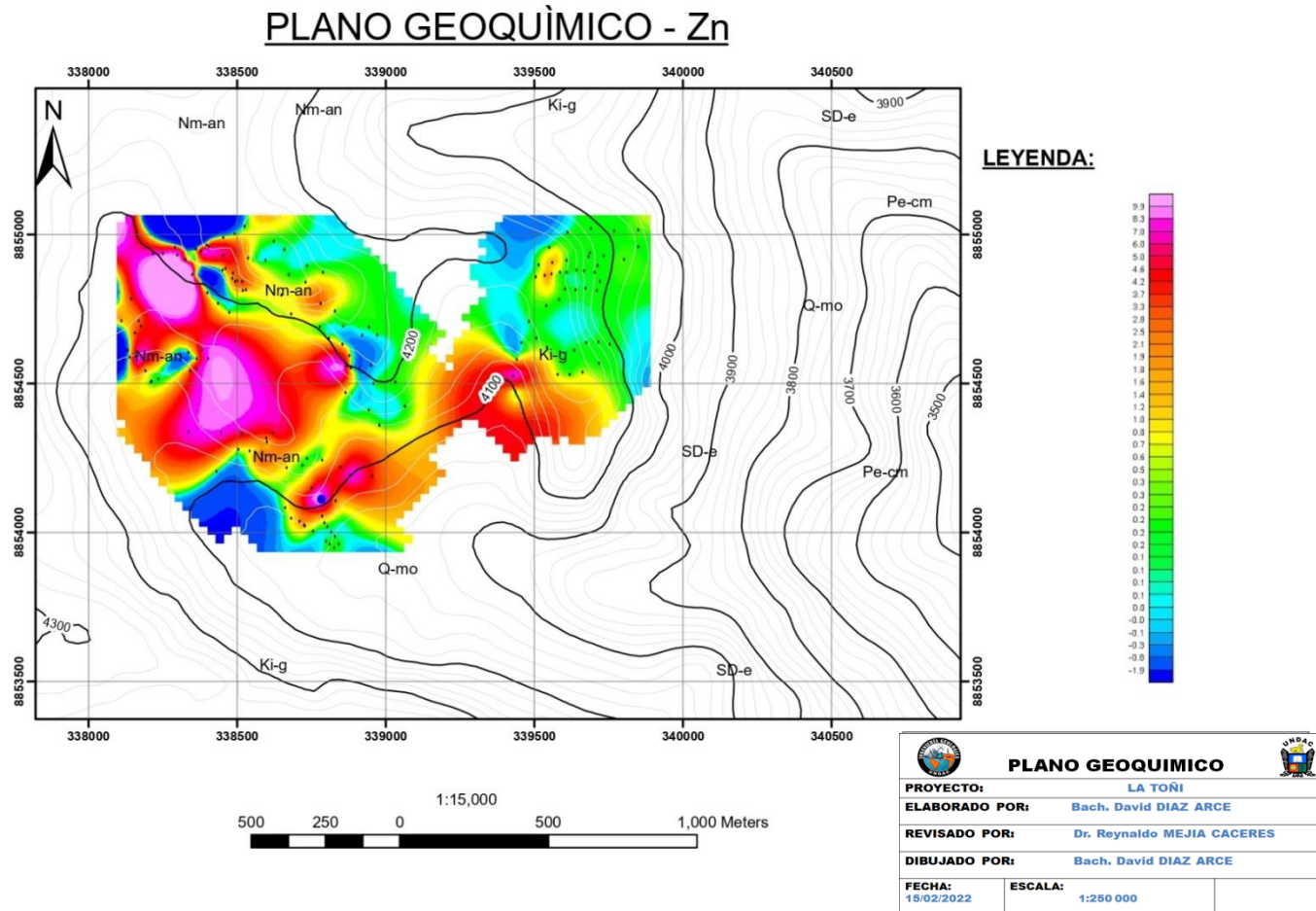
**DISTRIBUCIÓN Zn**



Los valores más altos de Zn, van desde 14.06 – 32.79 ppm y se encuentran distribuidas en las andesitas y en las cuarcitas van desde 8.03 – 8.45 ppm, tal como se muestran en el plano.

Fuente personal

**Figura 54:**  
Imagen Plano 14 Geoquímico de Zn

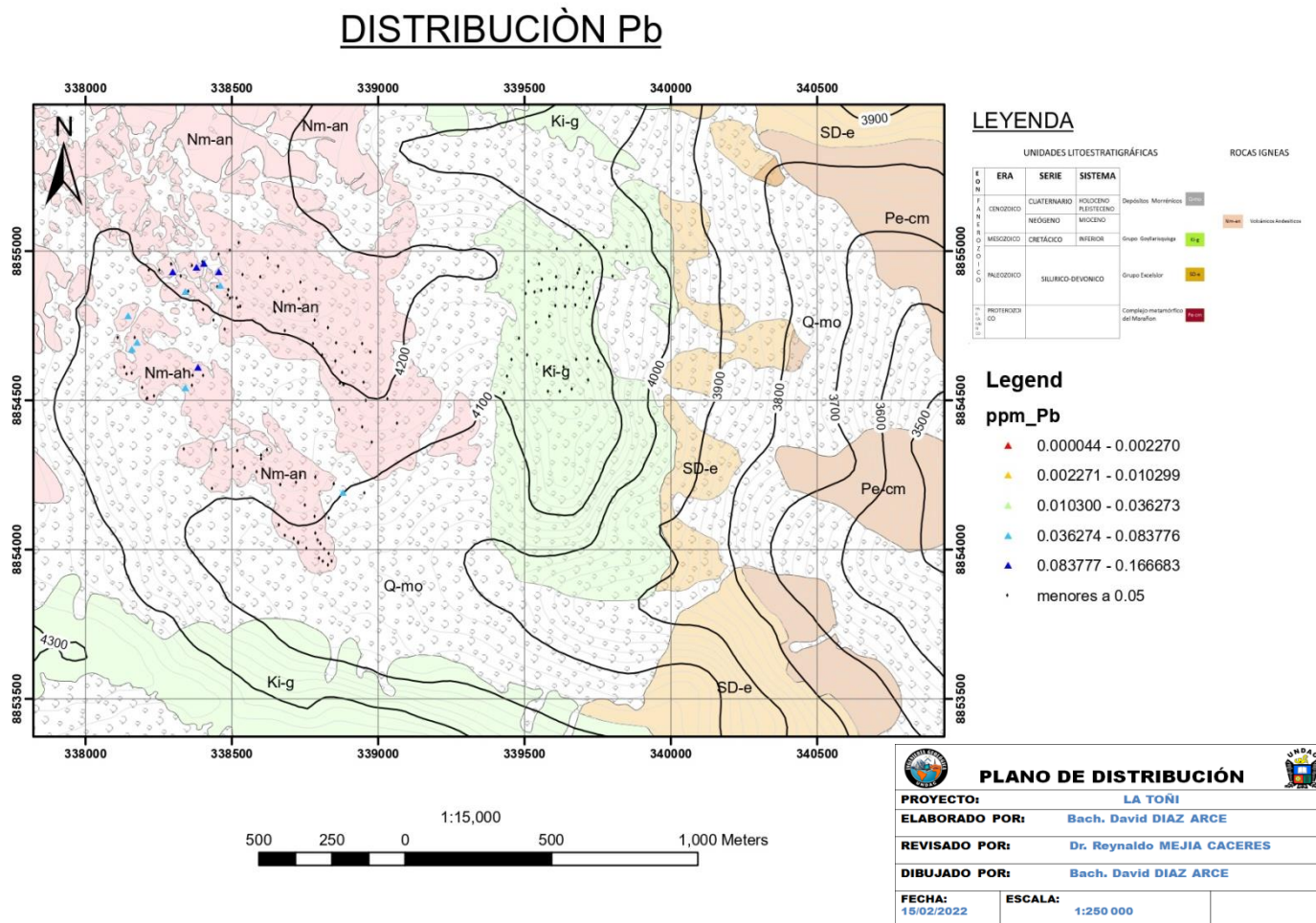


El color magenta nos muestra la distribución de ZINC en el área de estudio, con valores más altos que van desde 14.06 – 32.79 ppm, y las de tonalidad roja que van desde 8.03 – 8.45 ppm.

*Fuente personal*



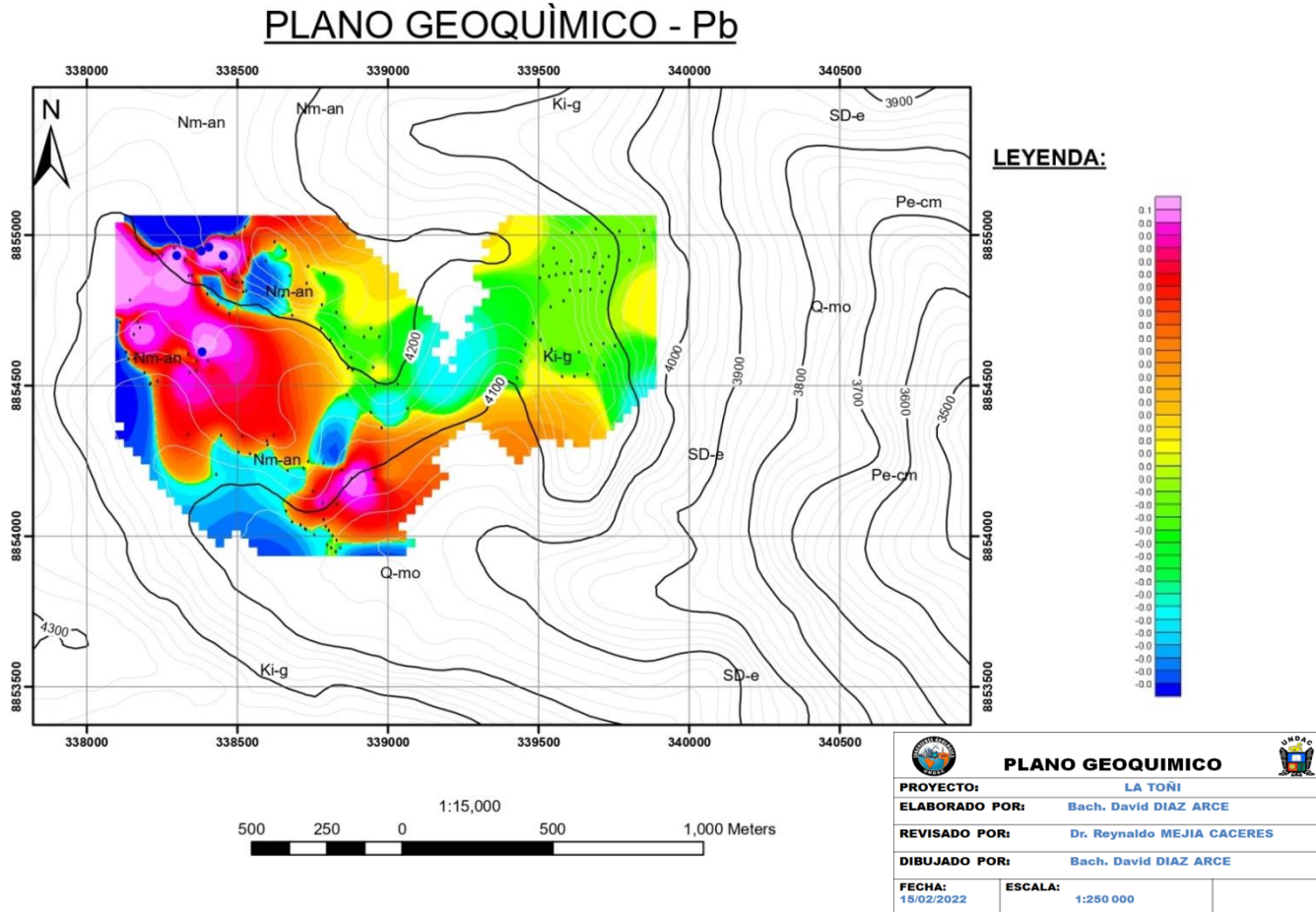
**Figura 55:**  
Imagen Plano 15 Distribución de Leyes de Pb



Los valores más altos de Pb, van desde 0.083 – 0.16 ppm y se encuentran distribuidas en las andesitas, tal como se muestran en el plano.

*Fuente personal*

**Figura 56:**  
Imagen Plano 16 Geoquímico de Pb



El color magenta nos muestra la distribución de PLOMO en el área de estudio, con valores más altos que van desde 0.083 – 0.16 ppm.

*Fuente personal*

### 4.3. Prueba de Hipótesis

- Para comprobar la validez de la hipótesis de investigación planteada el cual nos dice: “La exploración geológica preliminar si determinara la viabilidad del proyecto La Toñi zona I, Paucar – provincia Daniel Alcides Carrión – región Pasco” recurriré a las leyes de Cu, Pb, Zn y Ag y lo someteré a comparación con los antecedentes nacionales e internacionales:

**Tabla 8:**

Elementos de prueba

<b>Elemento</b>	<b>CU</b>	<b>PB</b>	<b>ZN</b>	<b>AG</b>
Ley PPM	>9 PPM	>0.08 PPM	>14 PPM	>0.18 PPM
N muestras	2	5	2	2
RESTO	153	150	153	153
TOTAL DE MUESTRAS	155	155	155	155

*Fuente Personal*

- Se puede observar en los elementos de prueba que tanto el número de muestras y la ley que las componen (ppm), son muy bajas.
- De 155 muestras: 2 de ellas tienen leyes q superan al 9 ppm Cu.

5 de ellas tienen leyes q superan al 0.08 ppm Pb.

2 de ellas tienen leyes q superan al 14 ppm Zn.

2 de ellas tienen leyes q superan al 0.18 ppm Ag.

### I. Discusión y Conclusión

#### **Decisión:**

Se acepta la Hipótesis General.

### **Conclusión:**

Las leyes obtenidas en el proyecto la Toñi Zona I son muy bajas, por lo tanto, no es viable para una futura explotación.

#### **4.4. Discusión de Resultados**

El objetivo general de esta investigación es analizar los resultados obtenidos en la exploración geológica preliminar del proyecto La Toñi zona I, para determinar su valor científico/técnico o su posible valor Prospectivo. En consecuencia, se estudió *Exploración de datos geológicos con Weka, CoDaPack e iNZight: instrucciones gráficas (2007)*, donde el M.Sc. Ricardo A. VALLS, señala que el análisis composicional de datos (basado en las investigaciones de AITCHISON) se aplican a datos abiertos.

Respecto a los resultados de la presente investigación se observó que las correlaciones son precisas y no se alejan de lo real (campo).

La coincidencia de los resultados de la presente con lo obtenido por VALLS (2007), evidencian que trabajar con datos abiertos, no generan correlaciones que no tienen lógica (correlaciones espurias).

## CONCLUSIONES

1. Después de analizar los resultados, el proyecto la Toñi zona I, es considerada como *no viable por ahora*, por presentar leyes bajas de: Cu ppm (0.05 - 46.30), Pb ppm (0.01 – 0.17), Ag ppm (0.01 – 0.47) y Zn ppm (0.08 - 32.79).
2. Los datos obtenidos del sensor ASTER L1T, después de ser tratadas y aplicadas sirvieron como base primaria exploratoria (lineamientos, minerales presentes, etc.) para iniciar el proyecto.
3. Al aplicar análisis composicional, abrimos los datos el cual arrojaron correlaciones lógicas.
4. OASIS MONTAJ como herramienta de modelamiento geoquímico nos ayudó con su precisión y aún más con datos abiertos. Los resultados obtenidos en los diferentes softwares son exportados al ARCMAP obteniendo planos geológicos para su presentación final. EXCEL como base de datos.
5. En la columna estratigráfica de la zona obtenida de los “travels”, se encontró rocas del PROTEROZOICO, PALEOZOICO Y MESOZOICO.
6. Las zanjas, trincheras, calicatas y muestreo por puntos, fueron la mejor opción en la toma de muestras.
7. Las muestras analizadas en laboratorio se hicieron por el método de ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry / Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente).
8. Las exploraciones podemos dirigirlas a las Cuarcitas del Goyllarisquizga y el Volcánico Andesítico ya que son los principales Metalotectos.

## RECOMENDACIONES

- La PROSPECCIÓN GEOFÍSICA sería el siguiente paso por ser rápida y económica, para determinar la distribución, potencia, dirección de las vetas, así como las estructuras, etc. Solo en caso de que los inversionistas decidan seguir el proceso de exploración.
- Se debe enfocar todos los trabajos de exploración en las cuarcitas del Grupo Goyllarisquizga y en los Volcánicos Andesíticos. Solo en caso de que los inversionistas decidan seguir el proceso de exploración.
- El estudio se debe complementar con estudios geoquímicos más minuciosos. Solo en caso de que los inversionistas decidan seguir el proceso de exploración.
- El tema estructural en la zona es muy complicado por lo que se recomienda analizar las fallas relacionadas a la mineralización, la mayoría de estas con direcciones NW-SE.
- Se tiene que trabajar con datos abiertos, antes de seguir con el modelamiento geoquímico.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. **Feinstein, Alejandro (1999).** *Objetivo: GEOLOGIA ESTRUCTURAL 2da ed.* Ediciones Coihue. Geología Estructural.2010 May-Jun; 21(3):168-72
2. **Canen, Alberto (17 de junio de 2013).** *MANUAL DEL MAPEO LITOSTRATIGRÁFICO* 5° ed. Barcelona. Geología de Campo: Alberto Canen.2009:160-90
3. **Benito, David (2017).** *MAPEO DEL MUNDO IGNEO* 8va ed. LA ESFERA DE LOS LIBROS. Geología de Campo: TOZZI 2009:220-50
4. **Tozzi, Claudio (2009).** *DESMUESTRE DE LOS YACIMIENTOS MINERALES* 1era ed. Métodos de Mestreo. Santiago de Chile. Lulu 2009: 122-45
5. **John Cobbing, Luis Quispesivana Q. Manuel Paz M.** *GEOLOGÍA DE LOS CUADRANGULOS DE AMBO, CERRO DE PASCO Y ONDORES – BOLETIN N°77.* noviembre 1996: 29-95

# ANEXOS

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 57: Tarjeta de reconocimiento de rocas

STELLAR MINING		DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y EXPLORACIONES	
<b>TARJETA DE RECONOCIMIENTO DE ROCAS</b>		VERSIÓN	1
		REVISIÓN	1
<input type="checkbox"/> IGNEO <input type="checkbox"/> SEDIMENTARIO <input type="checkbox"/> METAMÓRFICO		N°	
MINA/PROYECTO: _____		FECHA: _____	
CEÓLOGO: _____			
<b>JOLCANICOS:</b> NOMBRE: Andesita COLOR: Gris con tonalidades negras TEXTURA: afanítica M. SIALICOS: Ca%: 16% Pq: 56% M. MAFICOS: Anfibol 20% M. ACCESORIOS: Piroxeno, Olinó DENSIDAD: 2.65-2.7g/cm <sup>3</sup>		<b>INTRUSIVOS:</b> NOMBRE: Diabta COLOR: Gris con tonalidades blancas y negras TEXTURA: Fanarítica M. SIALICOS: Ca%: 16% Pq: 56% M. MAFICOS: Biotita 5% Anfibol 15% Piroxeno M. ACCESORIOS: Magnetita, Zircon, Apatito DENSIDAD: 2.8g/cm <sup>3</sup>	
<b>ARENISCA CUARZOSA</b> MINERALOGÍA: % arena de Ck, cemento Óxido de Hierro. TEXTURA: Detrítica RECONOCIMIENTO: 2 mm-0.2mm tamaño de grano		<b>LUTITA</b> DUREZA: Entre 2 y 5 escala de MHOS COMPOSICIÓN: Mineralos de arcilla TEXTURA: Clástica ESTRUCTURA: Laminaciones	
<b>ESQUISTO</b> COLOR: Verde a Gris MINERALES: Sericita, Cuarzo, Biotita, Hornblenda. TEXTURA: Folada(Esquiritosa) BIELLO: Nacado/Vitreo GRANO: Medio-Grueso Los granos minerales poseen elongación a simple vista a comparación de las filitas.		<b>PIZARRA</b> TEXTURA: Folada(Pizarrosa) MINERALES: Cuarzo, Sericita, Muscovita y Ck. COLOR: Verde gris a tonalidades oscuras. METAMORFISMO: Regional bajo grado	
		<b>CUARCITA</b> TEXTURA: Granoblastica Estructura: No folada Mineralos: Cuarzo METAMORFISMO: Regional Bajo- Medio grado. Tamaño: 3-6mm COLOR: Blanquecino a gris	
norte: _____ SUR: _____		cota: _____	
Ensayos: <input type="checkbox"/> Au <input type="checkbox"/> Ag <input type="checkbox"/> Cu <input type="checkbox"/> Pb <input type="checkbox"/> Zn <input type="checkbox"/> As   Otros: _____		N°	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fuente personal



Figura 58: Tarjeta de reconocimiento de alteraciones


**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y EXPLORACIONES**  
**TARJETA DE RECONOCIMIENTO DE ALTERACIONES**

VERSIÓN	1
REVISIÓN	1

MINA/PROYECTO: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ GEÓLOGO: \_\_\_\_\_

**A. POTÁSICA**   
 Se forma como reemplazo de la plagioclasa y los minerales de silicato máfico, a temperaturas en la región de 400 a 550 °C. La alteración de potasio (o silicato K) se caracteriza por la formación de nuevos feldespato K y/o biotita (verde coloreada y rica en Fe), generalmente junto con sericita menor, clorita y cuarzo. La alteración potásica es especialmente común e importante en porfíros y sistemas epitermales, donde ocurre en las zonas centrales de alta temperatura.

**A. PROPILITICA**   
 Se caracteriza por la adición de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, y localmente Si, sin metasomatismo de H<sup>+</sup> apreciable. Se compone principalmente de clorita y epidoto, junto con cantidades menores de clinocristita, calcita, zolita y albita. También pueden ser comunes la sericita, óxidos de Fe, montmorillonita y zeolita. Es una forma leve de alteración que representa temperaturas bajas a intermedias (200-350 °C) y bajas relaciones fluido/roca. Caracteriza los márgenes de los depósitos de porfido de Cu, así como los minerales epitermales de metales preciosos. Grados de alteración de propilita hacia afuera en rocas metamorfadas.

**A. FILICA**   
 Se debe esencialmente a la desestabilización de feldespatos por hidrólisis (metasomatismo de iones H<sup>+</sup>) en presencia de OH<sup>-</sup>, K<sup>+</sup> y Si, para formar cuarzo, sericita (meca blanca de grano fino), pirita, clorita y algo de calcopirita (conteniendo de sulfuro puede ser hasta un 50% en volumen). En el proceso se liberan Na, Mg, Ti, Fe y también K. La alteración filica se asocia con depósitos de porfido de Cu, pero también con minerales de metales preciosos mesotérmicos y depósitos volcanogénicos de sulfuro masivos en rocas félsicas. Esta alteración se clasifica en el tipo potásico aumentando cantidades de Fe, Al, K, feldespato y/o biotita, y en el tipo argílico al aumentar las cantidades de minerales arcillosos (H, Al).

**A. ARGÍLICA INTERMEDIA**   
 Afecta principalmente a feldespatos de plagioclasa y se caracteriza por la formación de minerales arcillosos caolinita y el grupo esmectita (principalmente montmorillonita). Por lo general, se forma por debajo de aproximadamente 250 °C por metasomatismo H. Ocurre en los márgenes de los sistemas de porfido.

**A. ARGÍLICA AVANZADA**   
 Representa una forma extrema de hidratación de bases donde las rocas han sido depositadas de elementos alcalinos por fluidos muy ácidos en ambientes de alta relación fluido/roca. Se caracteriza por caolinita, proppita o dickita (dependiendo de la temperatura) y alunita junto con cuarzo menor, topacio y hematita. Se asocia comúnmente con depósitos de meta preciosos epitermales donde la alteración se asocia con fluidos hirviendo y condensación de vapores volátiles para formar soluciones extremadamente ácidas.

norte: \_\_\_\_\_ SUR: \_\_\_\_\_ este: \_\_\_\_\_  
 Escala: \_\_\_\_\_  
 Au  Ag  Cu  Pb  Zn  As Otros: \_\_\_\_\_


**A. SILICIFICACIÓN**   
 Formación de nuevos minerales de cuarzo o sílice amorfa en una roca durante la alteración y suele ser un subproducto de reacciones de hidrólisis bioquímica en las que el Si se deriva localmente. La mayoría de las fracturas por las que han pasado los fluidos hidrotermales están al menos parcialmente llenas de cuarzo para formar vetas. El Si en estos entornos generalmente se obtiene mediante la hidratación de las rocas del campo a través de las cuales circulan los fluidos. Sin embargo, la silicificación intensa se forma como resultado del metasomatismo calcínico. Este tipo de alteración es característico de los depósitos de minerales de metales preciosos epitermales de alto nivel.


**A. CARBONATIZACIÓN**   
 Se refiere a la formación de minerales de carbonato (calcita, dolomita, magnesita, siderita, etc.) durante la alteración de una roca. Promovido por fluidos caracterizados por altas presiones, contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y pH neutro a alcalino.

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_





Fuente personal

Figura 59: Tarjeta de reconocimiento de datos estructurales


**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y EXPLORACIONES**  
**RECOLECCIÓN DE DATOS ESTRUCTURALES**

VERSIÓN	1
REVISIÓN	1

MINA/PROYECTO: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ GEÓLOGO: \_\_\_\_\_

FALLA  
 ESTRATO  
 PLIEGUE  VETA

**DATOS:**

**FALLA** **VETA**  
 AZIMUT: \_\_\_\_\_ AZIMUT: \_\_\_\_\_  
 BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_ BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_  
 D. BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_ D. BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_  
 PITCH: \_\_\_\_\_ POT. DE VETA: \_\_\_\_\_

**ESTRATO** **PLIEGUE**  
 AZIMUT: \_\_\_\_\_ FLANCO DERECH \_\_\_\_\_ FLANCO IZQUI \_\_\_\_\_  
 BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_ AZIMUT: \_\_\_\_\_ AZIMUT: \_\_\_\_\_  
 D. BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_ BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_ BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_  
 Pot. ESTRATO: \_\_\_\_\_ D. BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_ D. BUZAMIENTO: \_\_\_\_\_


TIPO: \_\_\_\_\_


norte: \_\_\_\_\_ SUR: \_\_\_\_\_ este: \_\_\_\_\_  
 Escala: \_\_\_\_\_  
 norte: \_\_\_\_\_ SUR: \_\_\_\_\_ este: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_





Fuente personal

Figura 60: Tarjeta de muestreo



	DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y EXPLORACIONES					
	TARJETA DE MUESTREO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-weight: bold;">VERSIÓN</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="font-weight: bold;">REVISIÓN</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>	VERSIÓN	1	REVISIÓN	1
	VERSIÓN	1				
REVISIÓN	1					
<input type="checkbox"/> VETA: _____ <input type="checkbox"/> CUERPO: _____	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold;">N°</div>					
MINA/PROYECTO: _____ FECHA: _____ GEOLOGO: _____						
Muestra de: <input type="checkbox"/> Mina <input type="checkbox"/> Superficie	Tipo de muestra: <input type="checkbox"/> Sistemático <input type="checkbox"/> Cancha <input type="checkbox"/> Otros	Centros de calidad: <input type="checkbox"/> Duplicado <input type="checkbox"/> Blanco <input type="checkbox"/> Gemelo <input type="checkbox"/> Otro				
Método de Muestreo: <input type="checkbox"/> Canal <input type="checkbox"/> Puntos	<input type="checkbox"/> Testigo <input type="checkbox"/> Calicata <input type="checkbox"/> Otro	Datos Calidad: Az muestra: _____ R muestra: _____ Pel. veta: _____				
norte: _____ sur: _____ este: _____						
Muestreros: _____						
Ensayes: <input type="checkbox"/> Au <input type="checkbox"/> Ag <input type="checkbox"/> Cu <input type="checkbox"/> Pb <input type="checkbox"/> Zn <input type="checkbox"/> As Otros: _____						
 <hr style="border-top: 1px dashed red;"/>						
Ensayes: <input type="checkbox"/> Au <input type="checkbox"/> Ag <input type="checkbox"/> Cu <input type="checkbox"/> Pb <input type="checkbox"/> Zn <input type="checkbox"/> As Otros: _____						
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-weight: bold;">N°</div>						

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_


---

Fuente personal

Tabla 9. Matriz de consistencia

Problema Específico 2:	Objetivo Específico 2:	Hipótesis Específico 2:	Variables Independientes		
¿Las leyes metálicas obtenidas determinaran la ocurrencia de mineral en el proyecto La Toñi zona I Paucar, provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco?	Analizar las leyes metálicas obtenidas para determinar la ocurrencia mineral en el proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.	Las leyes metálicas obtenidas si determinaran la ocurrencia de mineral del proyecto La Toñi zona I Paucar; - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.	*Las leyes metálicas obtenidas.		
			Variables Dependientes		
Problema Específico 3:	Objetivo Específico 3:	Hipótesis Específico 3:	Variable Independiente		
¿El modelamiento geoquímico nos permitirá determinar los posibles targes preliminares del proyecto La Toñi zona I Paucar, provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco?	Modelar los valores geoquímicos para obtener los posibles targets preliminares del proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.	El modelamiento geoquímico si nos permitirá determinar los posibles targets preliminares del proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.	*El modelamiento geoquímico.		
			Variable Dependiente	*Los posibles targets preliminares del proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.	
¿La exploración geológica preliminar, nos permitirá obtener datos geológicos del proyecto La Toñi zona I Paucar, provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco?	Obtener los datos geológicos mineralógicos del proyecto La Toñi zona I, Paucar-provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.	La exploración preliminar si nos permitirá obtener datos geológicos del proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.	*La exploración preliminar.	variables en un contexto.	TRANSVERSAL
			Variables Dependientes	*Obtener datos geológicos del proyecto La Toñi zona I, Paucar - provincia Daniel Alcides Carrión - región Pasco.	

Fuente Personal


**PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD**

**I. DATOS INFORMATIVOS:**

Apellidos y Nombres del informante	Grado Académico	Cargo o institución donde labora	Nombre del instrumento de evaluación	Autor(a) del instrumento
MUÑOZ FERNANDEZ Neftalí	INGENIERO GEÓLOGO	Geólogo de Exploraciones – STELLAR MINIG	Ficha de reconocimiento y recolección de datos	DIAZ ARCE David Eduardo
Título de la tesis: <b>“Exploración geológica preliminar del proyecto La Toñi zona I; Paucar - Provincia Daniel Alcides Carrión - Región Pasco”</b>				

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENT E 0-20%	REGULA R 21-40%	BUEN A 41-60%	MUY BUEN A 61-80%	EXCELENT E 81-100%
<b>1.CLARIDAD</b>	Está formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas					<b>X</b>
<b>2.OBJETIVIDAD</b>	Cumple con su fin de determinación de reconocimient o					<b>X</b>
<b>3.ACTUALIDAD</b>	Usa herramientas actuales					<b>X</b>
<b>4.ORGANIZACIÓN</b>	Se encuentra bien organizado					<b>X</b>

<b>5.SUFICIENCIA</b>	Comprende a los aspectos de calidad y cantidad					<b>X</b>
<b>6.INTENSIONALIDAD</b>	Es adecuado para determinar el reconocimiento					<b>X</b>
<b>7.CONSISTENCIA</b>	Basado en aspectos teóricos científicos					<b>X</b>
<b>8.COHERENCIA</b>	Lleva relación cada aspecto de la tabla					<b>X</b>
<b>9.METODOLOGÍA</b>	La estrategia responde al propósito de la investigación					<b>X</b>
<b>10.OPORTUNIDAD</b>	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					<b>X</b>
<b>III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:</b>						
Instrumento adecuado, cumple su función en el reconocimiento litológico, mineralógico y estructural.						
<b>IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:</b> 98%						
<b>Cerro de Pasco, Enero del 2023</b>	<b>40387803</b>	 <b>Msc. Natali MUÑOZ FERNANDEZ</b> <b>GÉOLOGO DE EXPLORACIONES</b> <b>STELLAR MINING</b>			<b>984555925</b>	
<b>Lugar y Fecha</b>	<b>DNI</b>	<b>Firma del Experto</b>			<b>N° celular</b>	

*Figura 61: STAFF de profesionales STELLAR MINIG*



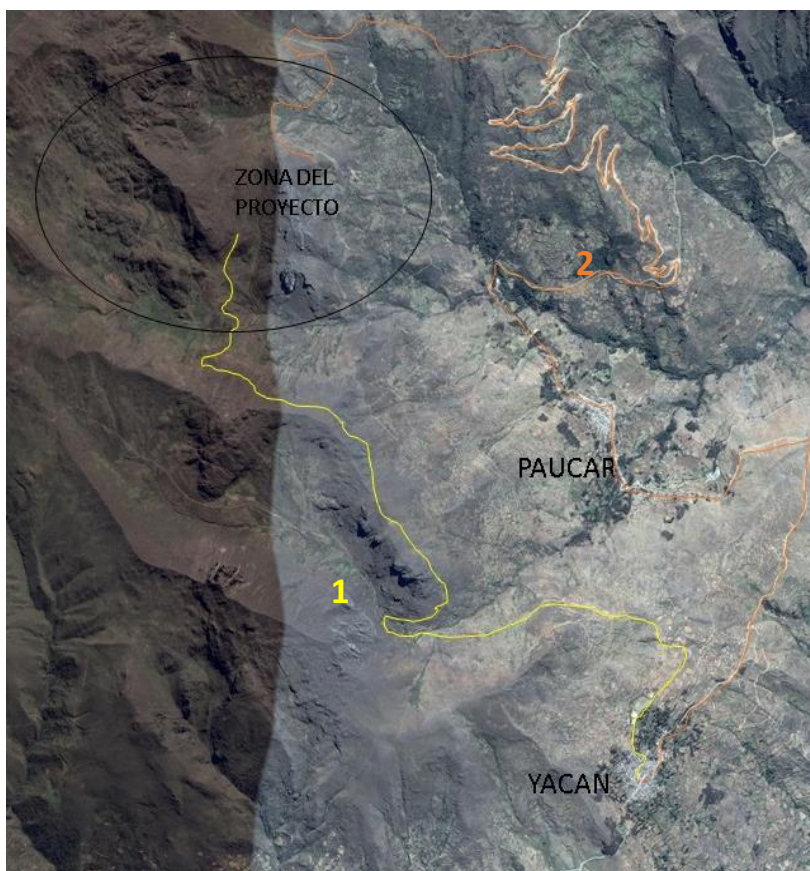
*Fuente personal*

*Figura 62: Centro Comunal SAN JUAN DE YACAN*



*Fuente personal*

**Figura 63:** Ruta1 (camino vecinal) y Ruta2 (trocha carrozable)



*Fuente Google Earth*

**Figura 64:** Centro Poblado San Juan de Yacan



*Fuente personal*