

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Gravimetría en la zona Orcopunco 2515 del Proyecto Palmapata - Unidad**

**Minera San Vicente 2023**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

**Bach. Christian ROJAS VICTORIO**

**Asesor:**

**Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN**

**Cerro de Pasco – Perú – 2026**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**Gravimetría en la zona Orcopunco 2515 del Proyecto Palmapata - Unidad**

**Minera San Vicente 2023**

**Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:**

---

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

**PRESIDENTE**

---

**Dr. Favio Máximo MENA OSORIO**

**MIEMBRO**

---

**Mg. Daniel Armando SANCHEZ CHAVARRIA**

**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 362-2025-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, El Trabajo de suficiencia Profesional ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“Gravimetría en la zona Orcopunco 2515 del proyecto  
Palmapata - Unidad Minera San Vicente 2023”**

Apellidos y nombres del tesista:

**Bach. Christian ROJAS VICTORIO**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. Luis Arturo LAZO PAGÁN**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Geológica**

Índice de Similitud

**7 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 18 de diciembre del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO  
ISIDRO Ruben Edgar TAO  
20154820046 usf  
Módulo: Servició usf del Departamento  
Fecha: 18.12.2025 11:47:05 -05:00

## **DEDICATORIA**

En el cielo a mi Padre; Liborio ROJAS  
MARTINEZ.

A mi madre Celia VICTORIO GONZALES.

A mi esposa e hijos por su constante apoyo  
incondicional.

## RESUMEN

El Proyecto Palmapata ha sido motivo de estudio desde los años 70 y 80 por la presencia de mineral (Esfalerita gris, rubia y galena) en algunos afloramientos en superficie. Así como también la presencia de estructuras tipo cebra característica del yacimiento tipo Mississippi Valley. Es así que en los años 90 y 2000 se realizó el mapeo y muestreo a detalle en superficie. Así como también se desarrollan pequeños cateos. Si bien es cierto la vegetación típica de ceja de selva y topografía no ayuda a apreciar los afloramientos en general. En el año 2012 - 2013 se realizó el estudio geofísico por IP y gravimétrico, teniendo más preponderancia en esta última, ya que la densidad mineral es relevante. El estudio geofísico gravimétrico fue vital, y dio más sentido al proyecto Palmapata y permitió relacionar la geología y la geofísica. En el año 2014 se realizaron unos sondajes de superficie enfocados en la parte norte del Proyecto Palmapata enfocados a evidencia de afloramientos de mineral superficial, encontrándose estructuras tipo cebra. La campaña de perforación diamantina quedó inconclusa debido a factores sociales y económicos. Ya con información geofísica y geológica, en los años 2015 se programa la ejecución de labores mineras continuas de la mina San Vicente al norte, específicamente la zona de Orcopunco. Progresivamente, en los transcurso de los años siguientes 2016 - 2019 se encuentran mineralización en el área de anomalía gravimétrica, corroborando así la información. Es así donde se continúa con el avance de galerías, rampa para la exploración y explotación. En el año 2023 se presenta la información obtenida a lo largo de estos años y la evidencia mineral encontrada en la zona Orcopunco 2515. En general, el Proyecto Palmapata tiene gran potencial en recursos por evidencia geológica - geofísica gravimétrica y encontrarse en secuencia de barra favorable. Las anomalías geofísicas gravimétricas mayores se encuentran en este de Orcopunco los cuales tienen que ser exploradas más adelante y generar nuevos recursos minerales para la continuidad de la vida de la mina San Vicente.

El Proyecto Palmapata busca extender la vida útil de la mina mediante la identificación y exploración de nuevas áreas potenciales de mineralización. La minería en Perú juega un papel crucial en la economía, al proporcionar materias primas a diversos sectores, generar empleo e incrementar los ingresos fiscales a través de regalías. Sin embargo, la volatilidad de los precios de los minerales y la necesidad de aumentar recursos y reservas son desafíos actuales que el proyecto intenta abordar.

En consecuencia, se emplea la prospección de gravimetría (geofísica) específicamente el método de gravimetría. Este método se enfoca en identificar anomalías geofísicas que puedan indicar concentraciones de sulfuros y utiliza múltiples canales de registro para alcanzar mayores profundidades y mejorar la precisión de los resultados.

**Palabras Claves:** Cateo, geofísico, geofísica, gravimetría, volatilidad.

## ABSTRACT

The Palmapata Project has been studied since the 1970's and 1980's due to the presence of ore (gray sphalerite, blonde and galena) in some surface outcrops. As well as the presence of zebra type structures characteristic of the Mississippi Valley type deposit. Thus, in the 1990's and 2000's, mapping and detailed surface sampling was carried out. As well as small cateos are also developed. Although it is true that the typical jungle vegetation and topography does not help to appreciate the outcrops in general. In the year 2012 - 2013 a geophysical study was carried out by IP and gravimetric, having more preponderance in the latter, since the mineral density is relevant. The gravimetric geophysical study was vital, and gave more sense to the Palmapata project and allowed to relate geology and geophysics. In 2014 some surface drilling was carried out focused on the northern part of the Palmapata Project focused on evidence of surface mineral outcrops, finding zebra type structures. The diamond drilling campaign was left unfinished due to social and economic factors. Already with geophysical and geological information, in the years 2015 the execution of continuous mining works of the San Vicente mine to the north, specifically the Orcopunco area is programmed. Progressively, in the following years 2016 - 2019 mineralization is found in the area of gravimetric anomaly, corroborating the information. This is how the advance of galleries, ramp for exploration and exploitation continues. In the year 2023 the information obtained throughout these years and the mineral evidence found in the Orcopunco 2515 zone is presented. In general, the Palmapata Project has great resource potential due to geological-geophysical gravimetric evidence and is located in a favorable bar sequence. The major gravimetric geophysical anomalies are found east of Orcopunco which need to be further explored and generate new mineral resources for the continuity of the life of the San Vicente mine.

The Palmapata Project seeks to extend the life of the mine by identifying and exploring new potential areas of mineralization. Mining in Peru plays a crucial role in the economy by

providing raw materials to various sectors, generating employment and increasing tax revenues through royalties. However, the volatility of mineral prices and the need to increase resources and reserves are current challenges that the project seeks to address.

To this end, gravimetric (geophysical) prospecting is employed, specifically the gravimetric method, which allows for the detection of mineral deposits in the subsoil. This method focuses on identifying geophysical anomalies that may indicate sulfide concentrations and uses multiple logging channels to reach greater depths and improve the accuracy of the results.

**Key words:** Geophysical, geophysics, geophysics, gravimetry, volatility.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta el resultado de la interpretación de los datos geofísicos gravimétricas, la información geológica de superficie y mina realizada secuencialmente a lo largo de los años 2013 - 2023. En dónde se realizaron trabajos por etapas desde la prospección, exploración y llegar a realizar el laboreo minero de galerías, rampas, accesos para la realización de perforaciones diamantinas que corroboraron la presencia de mineralización en las anomalías geofísicas gravimétrica zona Orcopunco 2515. Mucho más se confirma la presencia de mineralización al desarrollar e ingresar con laboreo minero y encontrar mantos mineralizados de 3 - 6 metros de potencia con leyes de 5 a 6%Zn. La evidencia mineral de la zona Orcopunco 2515 es una muestra de que la anomalía geofísica gravimétrica es una información preponderante para la ubicación de recursos minerales. Es así que el proyecto Palmapata en general presenta gran potencial de recursos minerales los cuales necesitan seguir siendo explorados, ya sea de superficie o interior mina, y este trabajo tiene esa finalidad.

El proyecto gravimetría en la zona Orcopunco 2515 del proyecto Palmapata - Unidad Minera San Vicente 2023 tiene como objetivo fundamental la expansión de la vida útil de la mina mediante la realización de exploraciones geofísicas, específicamente utilizando el método de gravimetría. Las actividades mineras desempeñan un papel crucial en la cadena productiva del Perú, ya que no solo proporcionan materias primas a diversos sectores, sino que también generan ingresos significativos para el país a través de regalías, empleo e inversión. Sin embargo, ante la volatilidad de los precios de los minerales en el mercado internacional, es imperativo incrementar los recursos y reservas disponibles para asegurar la estabilidad y sostenibilidad de la empresa.

# ÍNDICE

**Página.**

DEDICATORIA

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Título del trabajo de suficiencia profesional..... 1
- 1.2. Delimitación del trabajo de suficiencia profesional..... 1
- 1.3. Fecha de inicio y fecha de término ..... 1

## II. PLANIFICACIÓN DE TRABAJO

- 2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional ..... 2
- 2.2. Justificación ..... 3
- 2.3. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional ..... 4

## III. MARCO TEÓRICO

- 3.1. Antecedentes ..... 5
- 3.2. Bases teóricas científicas ..... 19
- 3.3. Definición de términos básicos ..... 23

## IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

- 4.1. Intervención ..... 27
- 4.2. Programación específica ..... 94

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página.</b>
Tabla 1. Ubicación del proyecto de exploración Palmapata.....	29
Tabla 2. Perforación dinamitada programada.....	52
Tabla 3. Perforación dinamitada ejecutada.....	53
Tabla 4. Cobertura de los métodos geofísicos.....	57
Tabla 5. Recursos de mineral por manto.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página.</b>
Figura 1. Plano de ubicación – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.....	30
Figura 2. Plano de ubicación local – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.....	31
Figura 3. Plano de ubicación de Concesiones – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 251 ....	31
Figura 4. Plano regional – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 251 .....	33
Figura 5. Plano de trabajos anteriores al proyecto palmapata .....	37
Figura 6. Plano de interpretación geológica .....	40
Figura 7. Columna litoestratigráfica Mina San Vicente - Proyecto Palmapata .....	42
Figura 8. Mapa de interpretación – polarización inducida – gravimetría Punto en rojo – perforación recomendada de geofísica consultores .....	44
Figura 9. Modelado del Composito de las anomalías de polarización inducida (color morado) y anomalías de gravimetría (color anaranjado) vista en 3D. ....	45
Figura 10. Estructuras tipo cebra y brechas. (Testigos diamantinos) .....	46
Figura 11. Plano Geológico General del Proyecto Palmapata – Nótese las anomalías Geofísicas en color azul (Residual) y negro (Cargabilidad) y círculos rojos de las plataformas perforadas (P5, P9 y P17). ....	47
Figura 12. Plano Geológico - Geofísico general del Proyecto Palmapata – Nótese las anomalías Geofísicas en color azul (Residual) y negro (Cargabilidad) y círculos rojos de las plataformas perforadas (P5, P9 y P17) .....	48
Figura 13. Plano Geofísico General del Proyecto Palmapata – Nótese las anomalías Geofísicas en color azul (Residual) y negro (Cargabilidad) y círculos rojos de las plataformas perforadas (P5, P9 y P17) .....	49

Figura 14. Plano de Plataformas perforadas - Proyecto Palmapata – Nótese los puntos de muestreo con las leyes más representativas y círculos rojos de las plataformas perforadas (P5, P9 y P17) .....	50
Figura 15. Sección Longitudinal casi norte - sur (N3°E) en el lineamiento de las Plataformas Perforadas del Proyecto Palmapata. Nótese la correlación de las Estructuras más Favorables y con mayor potencia de color marrón. ....	51
Figura 16. Plataforma 9. y 12 acceso apertura carretera plataforma 17 .....	54
Figura 17. Imágenes de carretera a Plataforma. 9 y 12.....	55
Figura 18. Mapa de Ubicación de las líneas geofísicas .....	58
Figura 19. Equipo – Gravímetro Lacoste & Romberg.....	60
Figura 20. Mapa de anomalía de Bouguer .....	63
Figura 21. Mapa de Anomalía Regional - Tendencia Regional del Proyecto .....	64
Figura 22. Mapa de Anomalía Residual .....	65
Figura 23. Mapa de perfiles de la anomalía residual .....	66
Figura 24. Mapa de Deconvolución de Euler .....	67
Figura 25. Mapa de Interpretación de Anomalías Residuales .....	68
Figura 26. Isométrico de Anomalías Gravimétricas - vista en 3D.....	69
Figura 27. Sección de Inversión - Línea L6.....	70
Figura 28. Sección de Inversión- Línea L7.....	71
Figura 29. Sección de Inversión Línea L10 .....	72
Figura 30. Sección de Inversión Línea- L11 .....	72
Figura 31. Sección de Inversión- Línea L15.....	73
Figura 32. Mapa global de Interpretación de Polarización Inducida – Gravimetría-Geología. ....	74

Figura 33. Composito de las anomalías de polarización inducida (color morado) y gravimetría (color anaranjado) vista en 3D.....	75
Figura 34. Secciones de correlación de gravimetría-polarización inducida-geología. ....	76
Figura 35. Secciones de correlación de gravimetría-polarización inducida-geología. ....	77
Figura 36. Secciones de correlación de gravimetría-polarización inducida-geología. ....	78
Figura 37. Secciones de correlación de gravimetría-polarización inducida-geología. ....	79
Figura 38. Composito de las anomalías de polarización inducida (color morado) y de las anomalías de.....	80
Figura 39. Correlación de los mapas de gravimetría y de polarización inducida en cota 1934 m.s.n.m.....	81
Figura 40. Mantos y anomalía geofísica gravimétrica – Orcopunco 2515.....	83
Figura 41. Plano de ubicación Geofísica – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515. ....	84
Figura 42. Vista 3D – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515 – Exploraciones Mina San Vicente.....	85
Figura 43. Plano geológico y Líneas Geofísicas - Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515. ....	86
Figura 44. Plano de Potencial Secc. Longitudinal - Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.....	87
Figura 45. Plano Geofísico, Geológico - Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.....	88
Figura 46. Plano 3D Anomalía Geofísica, Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515. ....	89
Figura 47. Plano General de Anomalía Gravimétrica- Secc. Eje 9 - Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.....	90
Figura 48. Sección Eje 9 Anomalía Gravimétrica, Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515 .....	91
Figura 49. Plano de ubicación de DDH .....	93

## I. DATOS GENERALES

### 1.1. Título del trabajo de suficiencia profesional

Gravimetría en la zona Orcopunco 2515 del Proyecto Palmapata - Unidad Minera San Vicente 2023

### 1.2. Delimitación del trabajo de suficiencia profesional

**Delimitación temporal.** – El proyecto de tesis de investigación se desarrolló durante los meses de agosto del 2013 al mes de marzo del 2024.

**Delimitación Espacial.** – El presente trabajo se llevó a cabo en la parte norte del yacimiento minero San Vicente, en la zona Orcopunco del Proyecto denominado Palmapata, abarcando una extensión de 839 Hectáreas dentro de las concesiones San Vicente N° 1, San Vicente 123 A, San Vicente N° 123 de la Cía. Minera San Vicente S.A. Específicamente se centrará en la zona Orcopunco 2515 del Proyecto Palmapata.

**Delimitación social.** – La comunidad campesina de Unión Palca y el distrito de Vitoc son factores influyentes en la extensión de trabajos de exploración del proyecto.

### 1.3. Fecha de inicio y fecha de término

**Inicio:** 10 de agosto del 2023

**Termino:** 24 de marzo del 2024

## **II. PLANIFICACIÓN DE TRABAJO**

### **2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional**

Las actividades mineras tienen una importante influencia en la cadena productiva del país, por cuanto provee a gran parte de los otros sectores de materias primas y al país de recursos económicos por ser unos de los de mayores exportaciones, de aportes de regalías, generación de empleo e inversión. De tal manera, aporta en el desarrollo económico del país (El Peruano & MINEM, 2024).

En tal sentido, en el Perú los estudios de prospección geofísica asociadas con las actividades mineras se aplican bajo diferentes metodologías dependiendo del objetivo, las características del depósito a localizar, la naturaleza de los elementos que la componen, el tipo de yacimiento, su forma de explotación, el valor económico, la ubicación geográfica y otros. Todo ello básicamente para la identificación de las anomalías geofísicas y posibles potenciales de mineralización económica en el interior del subsuelo.

En la actualidad, los precios de los minerales en el mercado internacional, los recursos y reservas. No son los favorables; por lo que se necesita incrementar esos recursos para mantener la estabilidad de la Empresa.

En relación con lo expuesto previamente, una de las técnicas más empleadas en la prospección geofísica corresponde al método de gravimetría. El cual está orientado a detectar depósitos de minerales en subsuelo y para esto utiliza una gran cantidad de canales de registro para alcanzar mayores niveles de profundidad y obtener una mejor respuesta del terreno. Y así detectar anomalías que estén relacionadas a concentraciones de sulfuros (Ccahuana, 2017).

De tal manera, se identificó a la zona Orcopunco 2515, como la parte sur del estudio geofísico (anomalía gravimétrica) del proyecto Palmapata y zona más cercana para la realización de laboreo minero y exploratorio mediante perforación diamantina.

En secuencia de prioridades, se contrastó toda la información geofísica, geológica – estructural para la generación de proyectos de labores mineras y perforación diamantina a las anomalías geofísicas.

## **2.2. Justificación**

El presente proyecto se justifica porque permitirá mediante la gravimetría como técnica geofísica definir si en la zona Orcopunco 2515 yacimiento San Vicente hay continuidad de los mantos con muy buena mineralización. Y de ese modo, contribuir en la viabilidad de una campaña de sondajes con la finalidad de incrementar recursos y reservas minerales. Si no también optimizar los procesos de extracción, reduciendo costos y minimizando impactos ambientales. Además, este proyecto contribuye al desarrollo económico de la región al fomentar la actividad minera responsable. Este proyecto es justificable por las siguientes razones:

La comunidad campesina de Unión Palca y el Distrito de Vitoc cuyos pobladores podrían beneficiarse directamente de los resultados de este proyecto, sin embargo, podemos afirmar que los beneficios podrían trascender más allá del nivel local.

- **Sostenibilidad:** Al identificar nuevos depósitos, se asegura la continuidad de las operaciones mineras, lo que favorece el desarrollo económico local.
- **Eficiencia:** La gravimetría permite obtener información valiosa sobre la estructura geológica del subsuelo, optimizando así los recursos invertidos en la exploración.

### **2.3. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional**

#### **Objetivo general**

Determinar las anomalías gravimétricas, susceptibles de exploración que se relacionan con los criterios geológicos, en la zona Orcopunco 2515 del proyecto Palmapata – unidad minera San Vicente.

#### **Objetivos específicos**

1. Modelar los datos geofísicos gravimétricas y relacionarlos con el modelo geológico para encontrar ambientes favorables para la mineralización.
2. Estimar la densidad del subsuelo y la interrelación con la mineralización de la zona norte.
3. Visualizar los recursos minerales en la zona Orcopunco 2515 y en general en la zona norte donde continúan la secuencia mineral favorable.

En consecuencia, se emplea la prospección de gravimetría (geofísica) específicamente el método gravimetría.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Antecedentes**

##### **Antecedentes internacionales**

1. Torres Gaytan (2013) titulado: Estudio geofísico aplicado a la exploración minera en El Milagro de Guadalupe, Municipio de Guadalcázar, Estado de San Luis Potosí. INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C. Estado de Sal Luis de Potosí, México.

Sus objetivos fueron: Localizar un exceso de masa asociado con anomalías gravimétricas que se correlacionen con un cuerpo intrusivo.

El método gravimétrico permitió definir en la anomalía Sur 1 la presencia de una unidad geológica con exceso de masa que se interpretó, está asociada a un intrusivo de características granodioríticas.

2. Veloso (2022) titulado: Estudio gravimétrico para prospección de litio en salar de COIPASA Región de Tarapacá, Chile. Universidad de Concepción Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Geofísica Región de Tarapacá, Chile.

Sus objetivos fueron: Realizar un estudio gravimétrico en el salar de Coipasa para prospección de litio.

Los modelos gravimétricos han determinado la interfaz que representa el contraste del basamento y la estructura del salar, por lo tanto, hemos determinado la profundidad de esta estructura llamada salar que potencialmente es una zona de explotación de litio.

3. Rivas (2016) titulado: Estudio de perfil gravimétrico a lo largo del eje Santa Juana - Carampangue, Cordillera de Nahuelbuta, Octava región del Bío-Bío, Chile.  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción, Chile.

Sus objetivos fueron: El objetivo principal es procesar los datos gravimétricos para así obtener una anomalía de Bouguer y densidad de la zona acorde a la realidad.

Se logró la reducción de datos de gravedad de manera satisfactoria, eliminando todos los efectos que no se encuentren relacionados con la densidad. Mediante el análisis y procesamiento de datos gravimétricas, se logró detectar la presencia de la masa anómala, la cual se interpreta que correspondería al denominado Plutón de Nahuelbuta.

4. Aguilar et al. (2016) titulado: Modelado e interpretación 2.5 D a partir de integración de datos gravimétricos, magnetotéluricos y geólogos de pozos.  
Universidad de el Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, el Salvador.

Con el objetivo de elaborar un modelamiento geofísico 2.5 D a partir de la integración de información gravimétrica, magnetotélurica de pozos, con el fin de interpretar anomalías geofísicas asociadas a los componentes de un sistema geotérmico.

Concluyéndose que los modelamientos magnetotelúricos 1D y 3D han propiciado los criterios para el ajuste del modelado gravimétrico, delimitando los espesores de cada capa en las zonas de perfil donde la información de pozos fue limitada o inexistente.

5. Rivero (1996) en la tesis doctoral “Estudio Gravimétrico del Pirineo Oriental”.  
Universidad de Barcelona, Facultad de Geología, Departamento de Geoquímica.

Con el objetivo de homogeneizar datos hasta hacerlos compatibles.

Sobre las conclusiones metodológicas principales que se han determinado para la presente tesis, son las siguientes:

La corrección topográfica a sido realizada de forma automática, demostrándose que es rápida y eficaz para homogenizar y calcular las correcciones topográficas en grandes zonas.

6. Castillo Maldonado (2015) título: Recuperación de oro por flotación y gravimetría de los relaves provenientes de la industria minera artesanal de La Herradura-Chinapintza  
Universidad Técnica Particular de Loja

La investigación tuvo como objetivo mejorar la recuperación de oro presente en relaves mediante la aplicación de dos métodos de concentración: flotación y concentración centrífuga tipo Knelson, evaluando el rendimiento individual de cada proceso y su combinación. El método consistió en una campaña de campo para recolectar relaves del sector La Herradura–Chinapintza, los cuales fueron homogenizados para obtener muestras representativas destinadas a análisis granulométricos, químicos y mineralógicos, así como a las pruebas experimentales en Knelson y flotación. Mediante estos ensayos se caracterizó el material (peso específico, composición química y mineralógica) y se aplicaron parámetros

definidos de operación para cada método de concentración. Los resultados mostraron que el relave presenta una alta presencia de sulfuros principalmente pirita (80%) y esfalerita (15%) y un contenido inicial de 1.629 ppm de oro. La concentración Knelson alcanzó una recuperación de 42.28%, mientras que la flotación logró 31.76%; sin embargo, la combinación secuencial de ambos métodos permitió incrementar la recuperación hasta 53.76%, alcanzando la mayor ley de oro (6.83 ppm). Estos resultados evidencian que el uso combinado de concentración centrífuga y flotación optimiza la recuperación de oro en relaves metalúrgicos.

7. Varela Zambrano (2022) Titulo: Estudio de concentración gravimétrica de sedimentos aluviales del Río Nambija mediante concentrador Knelson concentración gravimétrica de aluviales.

Escuela Politécnica Nacional

La investigación tuvo como objetivo aplicar el ensayo estándar de oro recuperable por gravedad (GRG) utilizando el concentrador centrífugo Knelson KC-MD3 en un sedimento aluvial del río Nambija, con el fin de evaluar la influencia del tamaño de partícula en la recuperación y comparar el rendimiento respecto a los métodos tradicionales. El método consistió en realizar el ensayo GRG en tres etapas sucesivas, cada una con reducción progresiva del tamaño de partícula, caracterizando los concentrados y relaves obtenidos para analizar el comportamiento del oro en cada fracción. Los resultados evidenciaron recuperaciones de 38.55% en la primera etapa, 40.71% en la segunda y 6.70% en la tercera; siendo la segunda etapa la más eficiente tras la disminución del tamaño de partícula. En total, se recuperaron 1.36 mg de oro de los 2.7 mg presentes inicialmente, logrando una recuperación global del 50.19%. Se determinó que el

rango óptimo de tamaño para la concentración centrífuga se sitúa entre 75 y 100  $\mu\text{m}$ , y que el concentrador gravimétrico Zeta puede complementar la recuperación de oro grueso, cuyo relave puede luego procesarse en el equipo Knelson para maximizar el rendimiento.

8. Hernández-Ávila et al. (2022) Artículo: Concentración Por Gravimetría de un Depósito Tipo Sedex de (Au-Pt)

Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI

El objetivo de esta investigación fue evaluar técnicas gravimétricas para la concentración de metales preciosos (Pt y Au) presentes en forma nativa en un mineral tipo SEDEX de Molango, Hidalgo, priorizando procesos ambientalmente amigables y buscando condiciones óptimas para futuras recuperaciones superiores al 90% mediante metalurgia extractiva. Para ello, se realizó un muestreo representativo de 70 kg, posteriormente triturado, molido y cuarteado, a fin de obtener una muestra homogénea para su caracterización granulométrica (ASTM D422-63), mineralógica mediante difracción de rayos X, química mediante AES-ICP y morfológica mediante microscopía electrónica de barrido con EDS. Con la muestra caracterizada, se ejecutaron pruebas gravimétricas en una mesa Wilfley empleando 100 g por fracción de malla, una relación 2:1 agua-mineral, un flujo de 5 L/min, un ángulo de  $17^\circ$  y una velocidad de 325 rpm, realizándose cinco lavados por muestra. Los resultados demostraron que el método de mesa concentradora fue más eficiente en el rango de mallas 50–200, destacándose la malla 100 con 55 g de concentrado y contenidos de hasta 23 g/ton de oro y 2 g/ton de platino, recomendándose además el uso de procesos de lixiviación para partículas menores a malla 200 debido a la disminución de la eficiencia gravimétrica.

9. Rivera Parra (2017) título: Optimización de concentración gravimétrica de oro en la mesa vibratoria de la mina “Vicentina”

Universidad Delazuay

El objetivo del estudio fue determinar las condiciones óptimas de operación para maximizar la concentración de oro proveniente del depósito aluvial de la Mina Vicentina. Para ello, se caracterizó el material de alimentación, obteniendo una ley de cabeza de 9,099 ppm de Au y un peso específico de 2,46 g/cm<sup>3</sup>, parámetros necesarios para ajustar adecuadamente el equipo. La densidad del material (2,5 g/cm<sup>3</sup>) y de la pulpa (1,48 g/cm<sup>3</sup>) se determinaron mediante balanza y probeta, valores fundamentales para separar eficientemente los minerales pesados, como el oro, de los más ligeros. El proceso se realizó utilizando una mesa vibratoria, regulando el caudal en función de la inclinación transversal, seleccionando un ángulo que permitiera un lavado controlado y uniforme del material sobre la superficie del equipo. Se evaluaron tres inclinaciones transversales (1°, 2° y 3°), obteniéndose leyes de concentrado de 16,42 g/t, 13,84 g/t y 7,72 g/t, con recuperaciones de 82,82 %, 78,20 % y 50,81 %, respectivamente. Los resultados demostraron que la condición óptima corresponde a una inclinación de 1°, alcanzando la mayor ley y recuperación, superando incluso los valores reportados en estudios previos.

#### **Antecedentes nacionales**

1. García Juárez (2016) titulado: Estudio geológico-geofísico para la determinación de cuerpos intrusivos en la plataforma central del Perú.

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica,  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima Perú.

Su objetivo fue: Determinar, con base a la información Gravimétrica y Magnetométrica la posible distribución y geometría de cuerpos intrusivos en la plataforma continental peruana frente a la costa entre Sechura y Pisco. Definir la distribución de los cuerpos intrusivos en 3D (en planta y profundidad), utilizando para ello modelos gravimétrico- magnetométrico.

Del análisis tanto gravimétrico como magnetométrico de esta área han sido de suma importancia para definir y diferenciar las respuestas en anomalías de un cuerpo metamórfico y un cuerpo ígneo según el análisis y la información precedente de esta zona se han podido validar la determinación de intrusivos a lo largo de toda el área de estudio. Para el análisis e identificación de cuerpos intrusivos es necesario superponer las anomalías gravimétricas y magnetométricas las cuales aislarán los cuerpos que tengan mayor densidad y mayor susceptibilidad magnética, tomando en cuenta que esto es principal característica de cuerpos intrusivos.

La interpretación muestra importantes altos gravimétricos y magnetométricos 29 cuerpos de anomalías gravimétrica. El análisis de los datos por ser métodos indirectos no permite una Identificación certera de cuerpos intrusivos, pero nos muestra con mucha probabilidad una distribución de ejes principales según la interpretación que se obtiene de la relación de anomalías altas de gravimetría. De la integración de los datos de geología, gravimétrica y magnetometría se interpreta una distribución espacial y temporal de los posibles cuerpos intrusivos en la plataforma continental peruana correspondientes con el emplazamiento de los cuerpos intrusivos en la costa según tres ejes principales al sur el batolito de San Nicolás 420 Ma. al norte el Batolito de Higuierón de 220 Ma. en la parte central, el

arco Pucusana – Punta Gramadal de 135-110 Ma. y El batolito de la costa de 105-160 Ma.

2. Mora Gonzales (2012) titulado: Aplicación de la prospección gravimétrica en la detección de estructuras subterráneas. Provincia de Arequipa.

Ingeniería Física, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Su objetivo fue: Realizar las mediciones gravimétricas para la detección de estructuras subterráneas.

Luego de aplicar las correcciones mencionadas, se procede a modelar la respuesta gravimétrica observada mediante modelos matemáticos aplicados por sobare. Estos modelos dan como resultado la respuesta gravimétrica teórica, tomando como parámetros iniciales la forma, densidad y profundidad del cuerpo modelizado. La modelización final del cuerpo de hierro arrojó un volumen de 1.1674 Km<sup>3</sup>.

3. Huaman (2017) titulado: “Estudio de Prospección Geofísica en la Ubicación de un Pozo Tubular para mejorar el servicio de agua potable en el sector de San Luis, distrito de Santa, Provincia de Santa – Departamento de Ancash”

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.

Su objetivo fue: Realizar el estudio de prospección geofísica para ubicar el lugar donde perforar un pozo tubular, para mejorar el servicio de agua potable de San Luis, Distrito de Santa, Provincia de Santa – Ancash.

El método gravimétrico de prospección se basa en la medida en superficie de las pequeñas variaciones o anomalías del componente vertical del campo de la gravedad terrestre. Con estas se puede llegar a interpretar la situación de las masas

en el subsuelo, ya que son causadas por una distribución irregular en profundidad de masas de diferentes densidades.

En los métodos de gravimetría se han utilizado tres tipos de instrumentos: La balanza de torsión, el péndulo y el gravímetro. - Los resultados del presente estudio han permitido comprobar que el acuífero de la zona evaluada (Centro Poblado San Luis), presenta buenas condiciones hidráulicas para la perforación de un pozo tubular, con posibilidad de extraer caudales de hasta 25 lts/seg. En el área de estudio se han efectuado 03 sondajes eléctricos verticales – SEV cuyo análisis e interpretación permitió obtener lo siguiente: que el subsuelo está conformado por 5 estratos geo eléctricos, presentando el estrato 4 permeables y en estado saturado con agua con cierta mineralización. A una profundidad que varía entre 34 y 43 metros.

4. Flores (2014) titulado: Modelo geológico - estructural de la base del cretácico generado por inversión gravimétrica 3D de datos aerogravimétricos Cuenca Ucayali, Perú.

Ingeniería Geológica, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Su objetivo fue: Obtener el modelo geológico generado por inversión gravimétrica 3D.

Identificar un contraste de densidad entre las secuencias de rocas sedimentarias empleando registros de densidad de pozos, el cual será usado en la construcción del modelo gravimétrico.

Establecer puntos de control geológico para la inversión gravimétrica, ajustados con información geológica del área de estudio y de su entorno.

Obtener un mapa geológico-estructural en profundidad de la Base del Cretácico a partir de la inversión de datos geofísicos vinculados a puntos de control geológico.

Se concluye que utilizando información aerogravimétrica, se puede lograr una adecuada exploración de un área de estudio, como base para la planificación de la subsiguiente adquisición sísmica 2D y/o 3D.

5. Montalvo Roman (2021) titulado: Modelamiento en 3D de datos de Gravimetría en el Proyecto Tarmatambo 2013, Región Junín. Deep Sounding E.I.R.L.

Sus objetivos generales fueron: Inferir la geometría tridimensional de los cuerpos de densidades altas con potencial económico - exploratorio con base a un proceso de inversión en 3D. Definir zonas de prioridad para un programa de perforación diamantina en función a la interpretación de los resultados del modelamiento.

El modelamiento en 3D de los datos del levantamiento gravimétrico ha definido zonas de interés exploratorio que deberán ser correlacionadas con secciones geológicas basadas en observaciones de taladros. Sin embargo, la confiabilidad de estos modelos está en función a la calidad de los datos de campo.

6. Colán Nishimoto & Ocaña Espinoza (2023) titulado: Evaluación para la recuperación de oro a partir de los relaves de amalgamación mediante procesos de gravimetría y lixiviación de la minería artesanal en la zona de Huarochirí-Lima,

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

El estudio tuvo como objetivo recuperar oro de los relaves de amalgamación generados por la minería artesanal en Huarochirí, mediante la aplicación de procesos de concentración centrífuga gravimétrica y cianuración. Para ello, se emplearon diseños experimentales factoriales, sustentados en los principios

teóricos de gravimetría, caracterización mineralógica y el método científico, combinando un enfoque cuantitativo (medición de variables y recuperaciones) con aportes cualitativos (descripción mineralógica). Los resultados evidenciaron que el relave presentaba oro tipo electrum con un 66.67% de liberación, y que la preconcentración en Falcon permitió recuperar hasta 14.84% de oro, generando un concentrado de calidad comercial. En la etapa de cianuración, el P80 óptimo de 55  $\mu\text{m}$  permitió alcanzar una recuperación de 95.95% de oro, con modelos predictivos de alta correlación. Asimismo, la cinética de disolución mostró recuperaciones cercanas al 95% en 24 horas. En conjunto, los resultados demostraron que la combinación de concentración centrífuga gravimétrica y cianuración puede reemplazar eficientemente al proceso de amalgamación tradicional.

7. De la Cruz Asalde et al. (2020) título: Análisis de la recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica en minera artesanal de Algamarca.

Universidad Cesar Vallejo

La investigación tuvo como objetivo analizar la recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica en la minera artesanal Algamarca, evaluando su eficiencia como alternativa limpia y viable para mejorar los procesos de beneficio del mineral. El método correspondió a una investigación básica, orientada a comprender la relación entre las variables involucradas, con un diseño no experimental, transversal explicativo, recolectando información en un solo momento a través de una guía de análisis documental y fundamentos teóricos sobre concentración gravimétrica. Los resultados evidenciaron que para aumentar la recuperación de oro se requiere un método más eficiente que los tradicionales, destacándose la concentración gravimétrica por operar sin reactivos y con mínima

afectación ambiental. Se determinó que el concentrador centrífugo Falcon es el equipo más adecuado, al permitir la reutilización de agua y trabajar según densidades minerales. Además, se identificó que la minera Algamarca cuenta con recursos y personal suficiente para adoptar este método dentro de su proceso de formalización. El análisis también mostró que la selección de equipos para oro aluvial depende de factores como densidad de pulpa, contenido de agua y costos operativos, resaltando mesas concentradoras, canaletas, JIGS, espirales y concentradores centrífugos como alternativas relevantes.

8. Lobe Jinez (2018) título: Concentración De Magnetita Y Oro Libre, En Los Suelos Aluviales De Inguero (Bellavista, Jaén, Cajamarca) Por L Método Gravimétrico, Como Una Alternativa Ambiental  
Universidad Nacional de Cajamarca

La investigación tuvo como objetivo determinar si la magnetita y el oro libre presentes en los suelos aluviales del C.P. Inguero (Bellavista, Jaén, Cajamarca) pueden ser extraídos mediante el método gravimétrico, evaluándolo como una alternativa ambientalmente responsable frente a procesos que utilizan mercurio o cianuro. El método combinó análisis cualitativos y cuantitativos, basados en un diseño de investigación descriptivo y explicativo, con pruebas experimentales realizadas a nivel de laboratorio, tanto en instalaciones de la empresa como en laboratorios privados especializados en investigación metalúrgica. Los resultados demostraron que el método gravimétrico permitió recuperar entre 71.51% y 74.5% de oro libre, y entre 73.28% y 74.0% de magnetita en 17 puntos de muestreo, confirmando su eficacia y viabilidad ambiental. El muestreo sistemático indicó leyes iniciales de 0.40 g/m<sup>3</sup> para oro libre y 15 mg/kg para magnetita, logrando concentraciones promedias de 9.9 g/m<sup>3</sup> de oro y 66.14 mg/kg de magnetita tras el

proceso. El análisis estadístico evidenció correlaciones significativas entre el mineral de entrada, relaves, concentrados y recuperaciones, confirmando el comportamiento favorable del material ante la concentración gravimétrica. Estos hallazgos refuerzan que la gravimetría constituye una opción técnica y ambientalmente adecuada para la recuperación de minerales en suelos aluviales.

9. Escalante Escalante & Lovera Dávila (2023) Artículo: Geometalurgia aplicada a relaves auríferos cianurados en la región Arequipa y su posterior proceso por Gravimetría.

Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas

La investigación tuvo como objetivo recuperar metales preciosos presentes en relaves de procesamiento del departamento de Arequipa mediante el uso de la tecnología limpia de concentración centrífuga gravimétrica, utilizando el equipo Falcon C como alternativa a los métodos tradicionales. El método aplicado fue de enfoque cuantitativo y deductivo, basado en experimentos sustentados en el método científico, complementado con un enfoque cualitativo destinado a identificar las especies mineralógicas presentes. Se trabajó bajo un diseño experimental, empleando técnicas de microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido (SEM) y pruebas de concentración centrífuga-gravimétrica para caracterizar los relaves y evaluar su potencial de recuperación metálica. Los resultados indicaron que la muestra aurífera contenía sulfuros como pirita, calcopirita, arsenopirita, esfalerita y galena, registrando químicamente 1.234 g/t de oro y 17.52 g/t de plata. La microscopía electrónica confirmó que el oro se encontraba asociado principalmente a la pirita. Las pruebas de concentración lograron recuperar 60% de oro con una ley de 3.96 g/t y 20.92% de plata, con una

ley de 11.46 g/t, en material con un 90% pasando la malla -200, evidenciando que la concentración centrífuga es una alternativa eficiente y ambientalmente responsable para la recuperación de metales preciosos en relaves.

10. Optimización en la recuperación por diseño experimental PLACKET BURMAN en el proceso de extracción de oro por gravimetría y flotación del mineral de UNTUCA – Minera CORIPUNO, efectos de la molienda-sobremolienda y liberación de oro.

La investigación tuvo como objetivo optimizar la recuperación de oro en la planta concentradora UNTUCA de la Compañía Minera Coripuno mediante el diseño experimental PLACKETT–BURMAN, con el fin de identificar las variables más significativas que influyen en la extracción del mineral. El método incluyó la aplicación del diseño experimental en pruebas de laboratorio metalúrgico y en muestreos de proceso continuo, permitiendo elaborar un modelo matemático y evaluar el efecto de cada variable en las etapas de gravimetría, flotación y molienda. Los resultados mostraron que la recuperación gravimétrica de minerales de baja ley alcanzó un promedio de 36.93% de oro; además, el diseño PLACKETT–BURMAN determinó que la granulometría es la variable crítica, evidenciándose que una mayor finura ( $\approx 99.59\%$  a malla -200) incrementa la recuperación. Se identificó la necesidad de mejorar la gravimetría previa a la flotación para evitar la pérdida de partículas finas de oro ( $-38 \mu\text{m}$ ). Asimismo, se evidenció sobre-molienda significativa en los molinos secundarios, alcanzando hasta 65.81%, la cual se redujo ligeramente a 45.42% con el uso del Falcon SB 1350. Finalmente, se determinó que 46.99% del oro presente en el relave final se encuentra sobremolido, lo que resalta la importancia de retirar el oro libre desde las etapas primaria hasta la terciaria para minimizar pérdidas metalúrgicas.

## **3.2. Bases teóricas científicas**

### **3.2.1. Fundamentos físicos de la gravimetría**

La gravimetría es una técnica geofísica basada en la medición de variaciones locales del campo gravitacional terrestre, originadas por diferencias en la densidad de los materiales subyacentes W. M. Telford et al. (1990). Estas variaciones permiten inferir la distribución de masas en el subsuelo y, por ende, la presencia de cuerpos mineralizados. El principio fundamental se sustenta en la Ley de Gravitación Universal de Newton, donde cada masa ejerce una fuerza de atracción sobre otra proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. Philip Kearey et al. (2013)

El método gravimétrico es especialmente útil en exploración minera porque permite detectar contrastes de densidad entre rocas huésped y cuerpos minerales, incluso cuando estos se encuentran a profundidad considerable.

### **3.2.2. Campo gravitacional terrestre y ley de gravitación universal**

El campo gravitacional terrestre no es uniforme; varía según la latitud, altitud y heterogeneidades geológicas. La aceleración debida a la gravedad,  $G$ , se expresa como:

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

donde  $G$  es la constante de gravitación universal,  $M$  la masa terrestre y  $r$  la distancia al centro de la Tierra. Blakely (2009).

Estas variaciones permiten identificar anomalías gravimétricas, que reflejan diferencias de densidad en el subsuelo y son esenciales para la exploración de mineralizaciones. Las correcciones del campo gravitacional, como la corrección de Bouguer y la corrección de latitud, ajustan las mediciones para eliminar efectos que no están relacionados con la geología local.

### 3.2.3. Densidad de rocas y contraste gravimétrico

La densidad de las rocas ( $\rho$ ) es el parámetro clave en gravimetría, ya que determina la magnitud de la anomalía gravimétrica. Diferencias de densidad entre cuerpos mineralizados y rocas encajantes generan un contraste gravimétrico ( $\Delta\rho$ ) detectable en superficie. Hinze et al. (2013)

$$\Delta g = 2\pi G \Delta\rho h$$

donde  $\Delta g$  es la anomalía gravimétrica,  $h$  el espesor del cuerpo y  $G$  la constante gravitacional. Este principio permite inferir el tamaño, forma y profundidad de los cuerpos mineralizados en Orcopunco 2515, donde se espera que cuerpos de sulfuro – polimetálico presenten densidades superiores a las de la roca huésped.

### 3.2.4. Anomalías gravimétricas

Las anomalías gravimétricas se clasifican en:

- **Anomalía de Bouguer:** corrige la atracción de la topografía y del material entre el punto de medición y el nivel de referencia, facilitando la identificación de cuerpos densos.
- **Anomalía regional:** refleja estructuras geológicas profundas y extensas, como basamentos y grandes fallas.
- **Anomalía residual:** es la diferencia entre la anomalía observada y la regional; resalta estructuras superficiales de interés mineralógico. W. M. Telford et al. (1990)

En Orcopunco 2515, la separación de anomalías regionales y residuales permite localizar cuerpos mineralizados de tamaño económico, fundamentales para el modelamiento del depósito.

### **3.2.5. Interpretación y modelamiento gravimétrico**

La interpretación gravimétrica se realiza mediante métodos directos y modelos matemáticos que ajustan las observaciones con cuerpos geológicos teóricos. Blakely (2009). Entre los métodos más utilizados se encuentran:

- Modelamiento unidimensional, bidimensional y tridimensional, para estimar forma y profundidad de los cuerpos.
- Inversión gravimétrica, que permite reconstruir la distribución de densidades subterráneas de manera cuantitativa.

Estos modelos son esenciales en Orcopunco 2515, donde la geometría compleja de los cuerpos mineralizados requiere análisis detallados para definir zonas de extracción.

### **3.2.6. Aplicación de la gravimetría en exploración minera**

La gravimetría ha demostrado eficacia en la exploración de yacimientos de metales base y preciosos, especialmente donde existen contrastes de densidad significativos, Philip Kearey et al. (2013). Su integración con datos geológicos y geoquímicos mejora la precisión de los estudios, optimizando la localización de perforaciones exploratorias y reduciendo costos operativos.

### **3.2.7. Gravimetría en yacimientos tipo Mississippi Valley**

Los yacimientos tipo Mississippi Valley-Type (MVT) se caracterizan por mineralizaciones de sulfatos y sulfuros densos hospedados en calizas y dolomías. La gravimetría es particularmente útil en estos contextos debido a los contrastes de densidad entre mineralización y roca encajante, Hinze et al. (2013). En Orcopunco 2515, la aplicación de gravimetría permite delimitar cuerpos mineralizados, identificar fallas y pliegues, y definir prioridades para perforación y explotación.

### 3.2.8. Principios de Geofísica

La gravimetría es una técnica geofísica fundamentada en la **Ley de Gravitación Universal de Newton**, que establece que toda masa ejerce una fuerza de atracción sobre otra proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. Esta técnica se basa en la medición de variaciones locales del campo gravitacional terrestre, las cuales reflejan diferencias en la densidad de las rocas del subsuelo. Para obtener mediciones precisas, se emplean **gravímetros**, instrumentos capaces de detectar variaciones de gravedad del orden de miligal ( $10^{-5}\text{m/s}^2$ ), lo que permite identificar estructuras geológicas relevantes para la exploración mineral. Lowrie, (2007)

### 3.2.9. Análisis de Densidad

El análisis de densidad constituye un componente fundamental en gravimetría, ya que permite **identificar contrastes densimétricos** entre rocas encajantes y cuerpos mineralizados. Las diferencias de densidad generan anomalías gravimétricas que pueden asociarse con fallas, pliegues o depósitos minerales, facilitando la localización de yacimientos y la planificación de estudios exploratorios más detallados. La cuantificación del contraste densimétrico es esencial para evaluar la magnitud y extensión de los cuerpos mineralizados, como en el caso del área de estudio Orcopunco 2515. Hinze et al. (2013)

### 3.2.10. Interpretación de datos

Los datos gravimétricos obtenidos requieren procesamiento y análisis matemático especializado. A través de modelos computacionales y software geofísico, es posible filtrar las anomalías regionales de las locales y estimar la geometría y profundidad de los cuerpos densos. La interpretación precisa de estos datos permite identificar áreas con alto potencial mineral, optimizando la planificación de

perforaciones exploratorias y reduciendo los riesgos económicos y operativos. Hinze et al., (2013)

### **3.2.11. Modelo de densidad**

Los modelos de densidad representan la distribución tridimensional de la densidad de las rocas en el subsuelo. Estos modelos se construyen a partir de las mediciones gravimétricas y se correlacionan con información geológica conocida. La visualización de la variación de densidades permite relacionar anomalías gravimétricas con la presencia de minerales y definir zonas de interés para exploración y explotación (Pliscoft & Fuentes-Castillo, 2011). En Orcopunco 2515, el modelado de densidad es crucial para delimitar cuerpos sulfuro-polimetálicos y evaluar su factibilidad de explotación.

### **3.2.12. Métodos de medición**

La obtención de datos gravimétricos requiere instrumentos calibrados y técnicas de recolección rigurosas. Los gravímetros modernos registran variaciones mínimas de gravedad y requieren ajustes periódicos para garantizar precisión. Además, se aplican correcciones por altura, latitud y efecto Bouguer, asegurando que las anomalías detectadas correspondan a diferencias de densidad geológica y no a factores. La correcta implementación de estos métodos garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos y su utilidad para la exploración mineral. Long & Kaufmann, (2013)

## **3.3. Definición de términos básicos**

**Geofísica.** - La geofísica es una ciencia derivada de la geología que se ocupa del estudio de las propiedades físicas de la Tierra, comprendiendo aspectos como la investigación de la composición interna del planeta, el campo gravitatorio, el campo magnético y la propagación de ondas sísmicas a través de las rocas, Gupta (2021). Algunas de sus ramas incluyen:

Sísmica: Los estudios sísmicos emplean ondas elásticas para generar imágenes detalladas de las capas internas de la Tierra. A partir del análisis de la energía reflejada o refractada, se pueden identificar estructuras profundas y la estratigrafía del subsuelo. Tecnología Minera, (2025)

Magnetometría: La magnetometría se basa en la detección de variaciones del campo magnético terrestre producidas por las propiedades magnéticas de ciertos minerales, permitiendo mapear estructuras geológicas y contactos litológicos. Tecnología Minera, (2025)

Gravimetría: La gravimetría es un método geofísico que consiste en medir pequeñas variaciones del campo gravitatorio terrestre. Mediante estas mediciones se pueden inferir cambios en la distribución de masa y densidad del subsuelo. W. M. Telford et al., (1990)

Geotermia: La geotermia es una rama de la ciencia geofísica que se dedica al estudio de las condiciones térmicas de la Tierra y al aprovechamiento de la energía contenida en forma de calor en su interior. Ramos Vigo (2021)

**Gravimetría.** – para W. M. Telford et al., (1990), la gravimetría es una rama de la geofísica que se ocupa de medir el campo gravitacional de la Tierra y sus variaciones. Esta técnica se utiliza para inferir la distribución de masa en el interior del planeta y tiene diversas aplicaciones:

Exploración de recursos: La gravimetría es un método geofísico utilizado para identificar variaciones en el campo gravitatorio terrestre asociadas a contrastes de densidad en el subsuelo, lo cual permite detectar estructuras geológicas potencialmente vinculadas a depósitos minerales, hidrocarburos y otros recursos. Geofísica Argentina, (2015)

Estudios geológicos: Mediante el análisis de anomalías gravimétricas se puede inferir la distribución de masas y las diferencias de densidad en estructuras geológicas, facilitando la caracterización de cuencas sedimentarias, límites litológicos y fallas geológicas en la corteza terrestre. Geofísica Argentina, (2015)

Geodesia: La gravimetría se integra con la geodesia física para determinar con precisión la forma y dimensiones de la Tierra, incluida la definición del geoide y la modelación del campo gravitacional global, lo cual es esencial para sistemas de posicionamiento y navegación. Lowrie, (2007)

Investigación de fenómenos naturales: Las variaciones del campo gravitatorio detectadas mediante métodos gravimétricos se utilizan en el estudio de fenómenos naturales como terremotos y actividad volcánica, ya que los cambios de masa y estructuras internas pueden manifestarse como anomalías de gravedad. Okubo, (2020)

**Gravímetro:** Un gravímetro es un instrumento utilizado en gravimetría para medir el campo gravitacional local de la Tierra con alta precisión, detectando pequeños cambios causados por estructuras geológicas, Philip Kearey et al.(2013)

**Densidad.** - para los investigadores Santos J. D. & Fuentes J.F, (2004) la densidad es una propiedad física que relaciona la masa de un objeto con su volumen, y se define como:

$$\text{Densidad}(\rho) = \frac{\text{Masa}(m)}{\text{Volumen}(V)}$$

Las unidades más comunes de densidad son:

Kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>) en el sistema internacional.

Gramos por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>) en el sistema métrico.

**Campo gravitacional.** - El campo gravitacional se define como la región del espacio que rodea a un cuerpo con masa, dentro de la cual dicho cuerpo ejerce una

fuerza de atracción gravitatoria sobre otros objetos. La intensidad de este campo depende directamente de la magnitud de la masa que lo genera e inversamente del cuadrado de la distancia, por lo que disminuye progresivamente a medida que aumenta la separación respecto al objeto masivo. Balderix, (2024).

## IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

### 4.1. Intervención

Gravimetría en la zona Orcopunco 2515 del Proyecto Palmapata - Unidad Minera San Vicente 2023

#### Línea de tiempo:

- I. **Año 1970 – 1980:** Este proyecto fue ubicado en la década del 70. Se realizan trabajos de exploración superficial (mapeo - muestreo) en la zona de Palmapata, Orcopunco y Quebrada Seca.
- II. **Año 1993 - 1997:** Se hicieron trabajos de mapeo geológico al detalle a escala 1: 1000 y 1: 5000.
- III. **Año 2008 – 2009:** Se realizaron trabajos en los prospectos Llanco Cateador, El Mirador, Amable María, Unión Palca, Río Seco, El Aguijón, Siete Jeringas y Orcopunco, con habilitación de trochas y desbroce de maleza con la finalidad de realizar el levantamiento topográfico, mapeo y muestreo de canales en superficie.
- IV. **Año 2012 – 2013:** Se realizaron levantamientos geofísicos de polarización inducida – resistividad y gravimetría, con la finalidad de poder determinar la continuidad o presencias de anomalías en profundidad, que estén relacionadas con

zonas mineralizadas y a estructuras geológicas favorables, y sobre estas programar los sondajes diamantinos. En mina se tiene el Nv 1652 Orcopunco el cual comunica a superficie.

- V. **Año 2014:** Se realizo perforación diamantina realizada en 3 plataformas desde superficie Al norte del proyecto Palmapata. Con un total de 2371 m. (7 sondajes).
- VI. **Año 2016 – 2017:** Se realizaron perforación diamantina en 2 plataformas con fines hidrogeológicos, geofísicos y geológicos.

**EN MINA:** Se desarrolla el programa de avances en la zona Orcopunco: Avanzar la Rampa 1280 y 2515, galería 1275 (Para la ejecución de sondajes diamantinos a la zona Orcopunco 2515), para direccionar a las anomalías Gravimétricas y correlación de los mantos Alfonso y San Vicente.

- VII. **Año 2018 – 2019:** Se ejecutaron los sondajes diamantinos hacia la zona Orcopunco 2515, donde se encuentran las anomalías geofísicas – gravimétricas, las que se correlacionan con los mantos mineralizados. Encontrándose intercepto de mineral con buenas leyes.
- VIII. **Año 2020-2021:** Se inicia con el minado del Tj 2515 - Orcopunco, antes mencionado como zona Orcopunco 2515.
- IX. **Año 2022-2023:** Se presenta a la gerencia general el composito e historial de información del proyecto Palmapata, zona Orcopunco 2515 y general del potencial en recursos que se tiene al norte de la mina San Vicente mediante la Información geofísica – geológica actual. Y como muestra de esa información se tiene a la zona Orcopunco 2515 en actual producción. Para así tomar enfoque en las demás anomalías geofísicas para la realización y comprobación con sondajes diamantinos.

## Proyecto de exploración Palmapata

### 4.1.1. Ubicación - Accesibilidad

Políticamente, el proyecto de exploración Palmapata se encuentra ubicado en los distritos de San Ramón y Vitoc, provincia de Chanchamayo y departamento de Junín. El proyecto se ubica a 7.5 Km. al Sur de la ciudad de San Ramón, es accesible por la carretera central vía Tarma hasta el puente Puntayacu. Desde dicho punto se accede por trocha carrozable hasta la cumbre del cerro Unión Palca (8.3 Km.) con una altura de 2150 m.s.n.m., también es accesible desde la mina San Vicente por varias trochas carrozables. Desde Lima hacia el proyecto se recorren 308.8 Km, empleando 6 horas.

*Tabla 1. Ubicación del proyecto de exploración Palmapata*

Ubicación	Vía de acceso	Distancia (Km)	Horas
Lima – Tarma	Asfaltada	244.0	4 h 30 min
Tarma – Puente Puntayacu	Asfaltada	56.5	1 h
Puente Puntayacu – Anexo La Solitaria	Trocha carrozable	2.90	10 min
Anexo La Solitaria – Unión Palca	Trocha carrozable	2.50	10 min
Unión Palca – Área De Exploración	Trocha carrozable	2.90	10 min
<b>TOTAL</b>		<b>308.8</b>	<b>6 h</b>

*Fuente: Realizado por el autor*

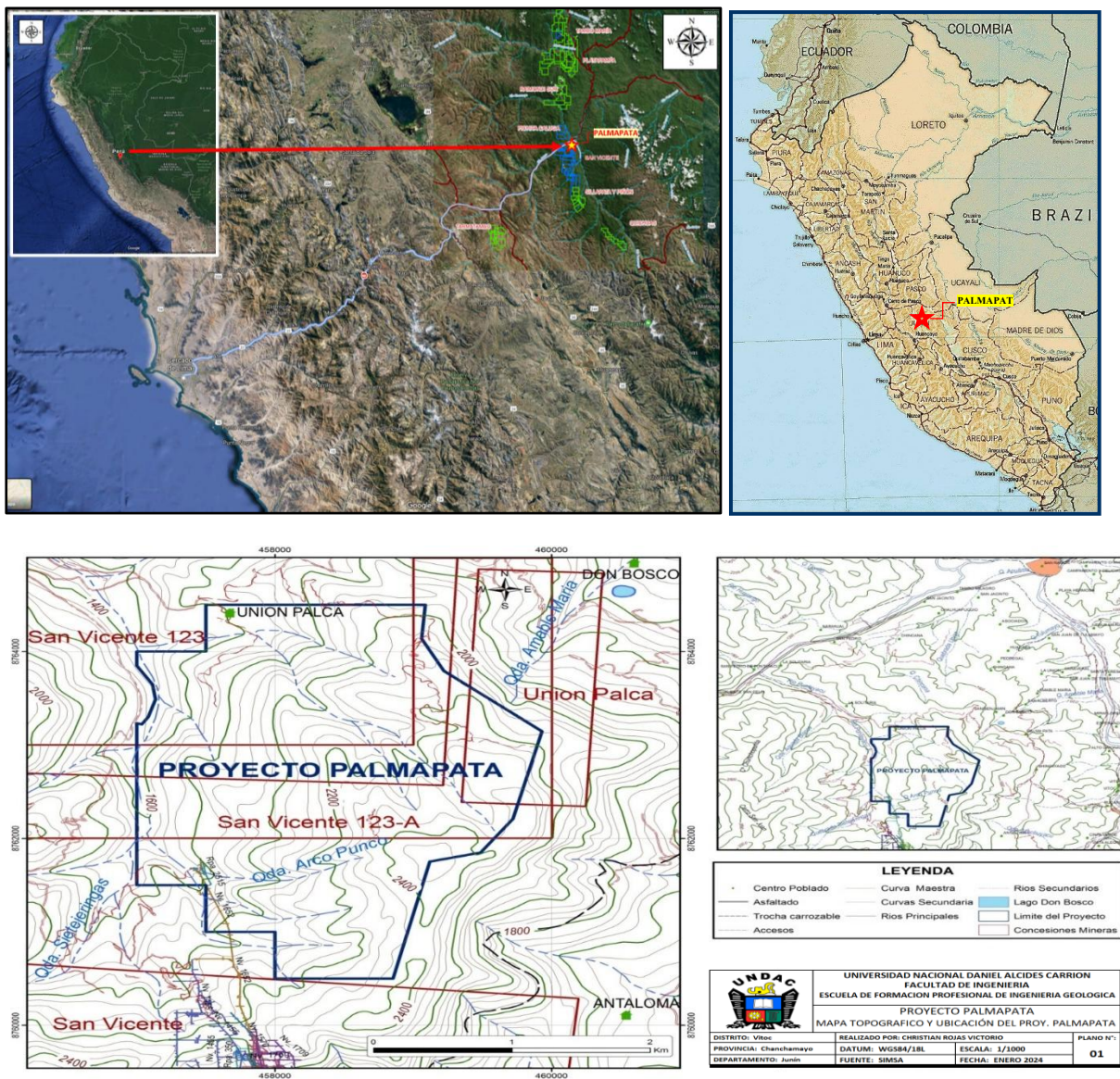
Geográficamente, el proyecto se localiza formando parte de la cuenca del Río Puntayacu y sus coordenadas UTM-PSAD56 son las siguientes:

- Este: 459 000

- Norte: 8 762500

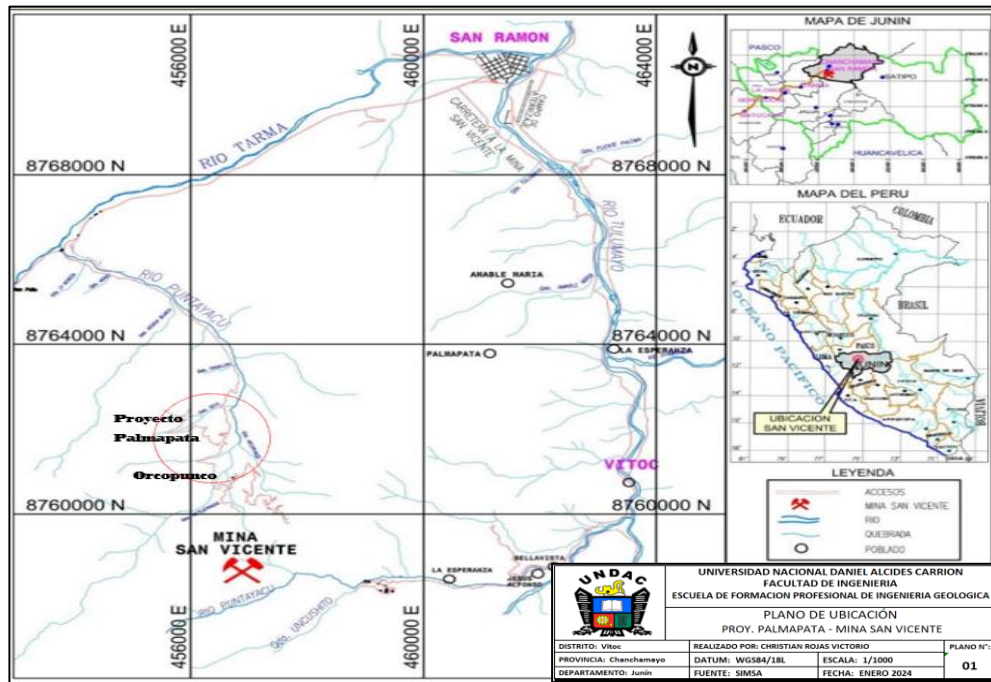
El área de exploración se encuentra dentro de las concesiones mineras San Vicente N° 1, Unión Palca, San Vicente N° 123 y San Vicente N° 123 A, las cuales se encuentran en los límites de la Quebrada Chincana al norte, la Quebrada Yanayacu al este, el Cerro Orcopunco al sur y la Quebrada La Solitaria al oeste. Asimismo, el proyecto no se encuentra en un Área Natural Protegida (ANP) o su zona de amortiguamiento.

*Figura 1. Plano de ubicación – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.*



*Fuente: Plano de localización recopiladas por el investigador.*

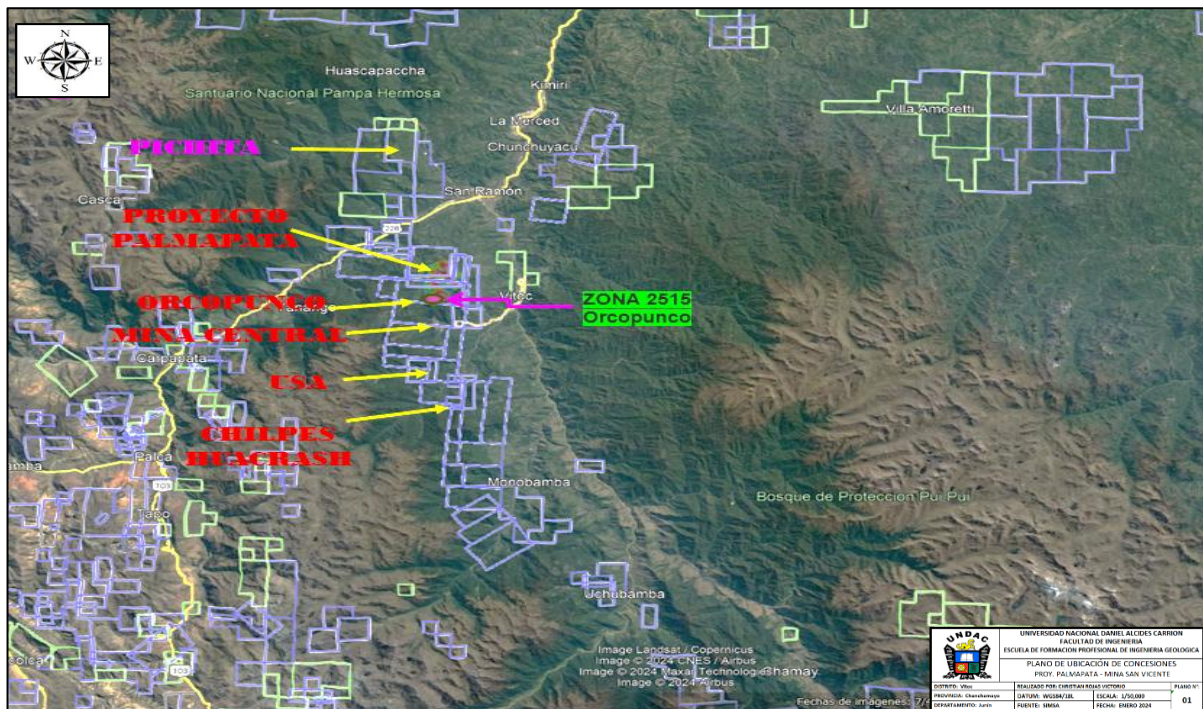
Figura 2. Plano de ubicación local – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.



Fuente: Ubicaciones recopiladas por el investigador.

Figura 3. Plano de ubicación de Concesiones – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco

251



Fuente: Figura recopilado por el autor.

#### **4.1.2. Geología regional – distrital**

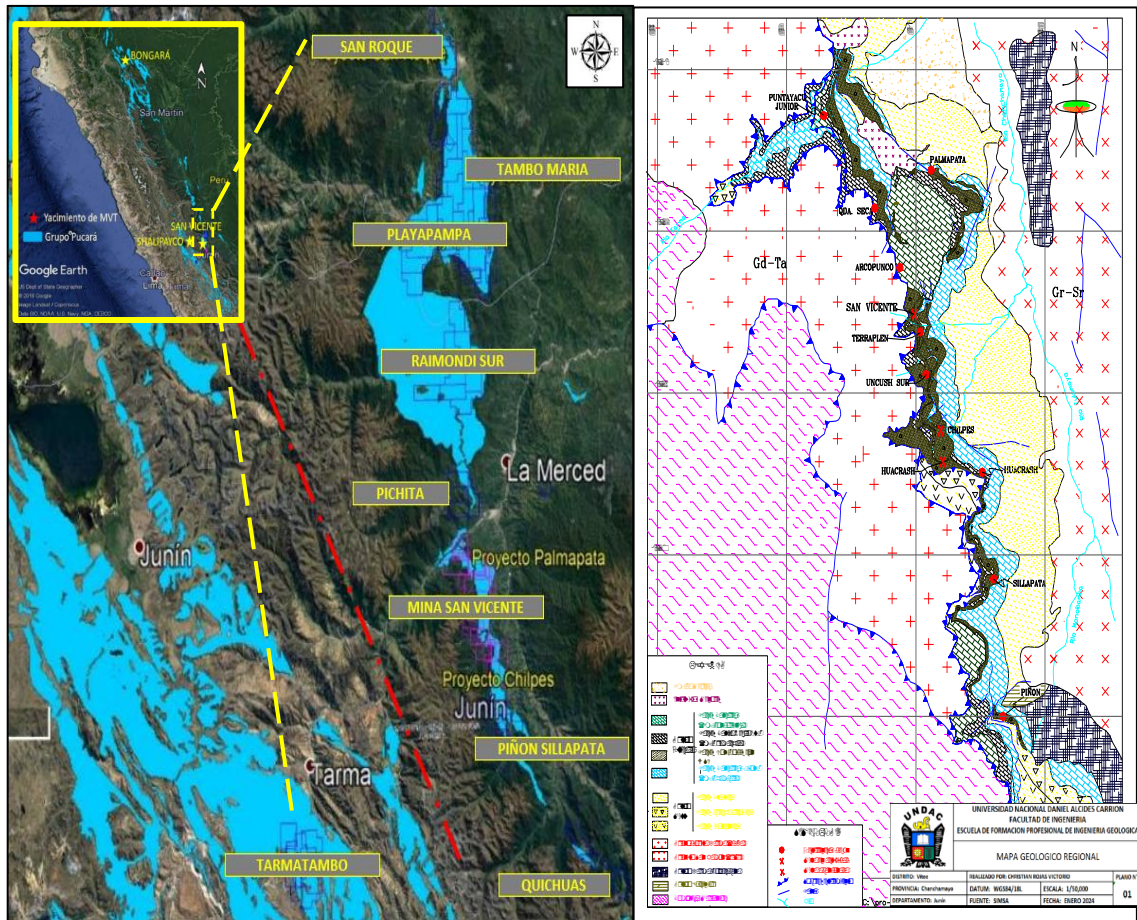
El marco geológico regional constituye las rocas metamórficas del basamento precambiano representado por gneis y esquistos cubiertos por filitas del paleozoico inferior sobre yaciendo a estos. Se tienen carbonatos silíceos clásticos mixtos de ambiente marino que ha sufrido metamorfismo regional.

En el permiano y a la profundidad se cristalizan las rocas plutónicas representadas por el granito rojo San Ramón y la Granodiorita Tarma que constituyen un batolito de amplitud regional el cual ha controlado el desarrollo paleo-geográfico pre-mitu.

El Grupo Mitu se desarrolla en cuencas entre montañas constituidas por moladas rojizas clásticas en la zona cordillerana, hacia el borde oriental se tiene una plataforma silíceo clástica carbonatada marina (formación Ene).

En este ámbito se inició la subsidencia e ingreso del ambiente marino para dar forma a la cuenca carbonatada del grupo Pucará de ambiente somero, diferenciándose las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga. Después de la acumulación del Pucará se tienen sedimentos clásticos.

Figura 4. Plano regional – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 251



Fuente: Plano regional preparado por el autor.

#### 4.1.3. Geología local

La estratigrafía local está representada por el Grupo Mitu, Grupo Pucará (Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga), sedimentos paleógenos - neógenos y las rocas plutónicas representadas por Granito Rojo San Ramón y la Granodiorita Tarma.

##### *Grupo Mitu*

Constituido por una secuencia clástica de origen continental y asociados a eventos Vulcano clásticos siendo su composición litológica limolitas algo calcáreas con intraclastos color rojizo, conglomerado brechosapolimícticosdecimétricos, areniscas

líticas y arcosas de grano grueso a medio, en algunas zonas se observa lavas andesíticas con horizontes tobáceos de coloración rojizas a verdosa.

### ***Grupo Pucará***

**Formación Chambará:** Constituido por dolomías ooides y calizas intraclásticas laminares, calizas chérticasmicríticas gris oscuras, calizas oolíticas bioclásticas con estratificación sesgada y niveles esporádicas de yeso y anhidrita. El cambio de unidad entre la formación Chambará y el Grupo Mitu corresponde a una transición gradacional.

**Formación Aramachay:** Secuencia de calizas negras bituminosas y arcillosas intercaladas con pelitas negras laminares que presentan abundante contenido de materia orgánica y presencia de fósiles (ammonites, ostrácodos y bivalvos), conformando la parte intermedia del Grupo Pucará y sirve como guía para separar las formaciones Chambará y Condorsinga.

**Formación Condorsinga:** Secuencia litológica compuestas por calizas con presencia de macro fósiles mal preservados, calizas dolomíticas calizas bioturbadas, dolomías ooides grainstone de grano medio a grueso con intercalaciones de dolomías laminares y seudomorfos de evaporitas

### ***Rocas Plutónicas***

**Granito San Ramón:** Conformados por granos gruesos de cuarzo, plagioclasas y feldespatos, en menor proporción biotita y horblenda distribuidos uniformemente, presenta una textura holocristalina inequigranular y hipidiomórfica, como minerales accesorios se tiene: Apatitos, Zircón y Titanita. Según datación geocronométrica de K/Ar tiene una edad de 244 m.a. (JICA – INGEMMET -1997).

**Granodiorita Tarma:** Constituido por granos gruesos de biotita y horblenda siendo los minerales observados en orden de importancia: plagioclasas, cuarzo, ortosa.

Las ortosas presentan maclas de tipo Carlsbad relativamente pertíticas con una microclinización avanzada y evidencia de albitización de textura mirmekítica. Según estudio (JICA – INGEMMET -1997) se tiene una datación radiométrica método K/Ar tienen una edad de 238 y 239 ma.

### ***Geología Estructural***

Desde el punto de vista estructural, tanto la zona estudiada como las circunvecinas han soportado eventos geológicos de diferente magnitud. Debido principalmente a movimientos orogénicos y epirogenéticos que probablemente sucedieron en más de dos ciclos de deformación: el Hercínico y el Andino. El rumbo general de las estructuras principales es paralelo al de la Cordillera de los Andes. Con respecto a las características estructurales de forma local, se puede mencionar el tipo de plegamiento asimétrico de dirección NW-SE. Las fallas locales siguen la dirección andina, originando rasgos estructurales de NW-SE.

#### **4.1.4. Trabajos anteriores**

Este proyecto fue ubicado en la década del 70 (Afloramiento Llanco Cateador y La Curva). En el afloramiento Llanco Cateador se hicieron pequeños cateos sobre mineralización de plomo y en el afloramiento La Curva se realizó desbroce, mapeo y muestreo, donde se ubicó mineralización de zinc y plomo.

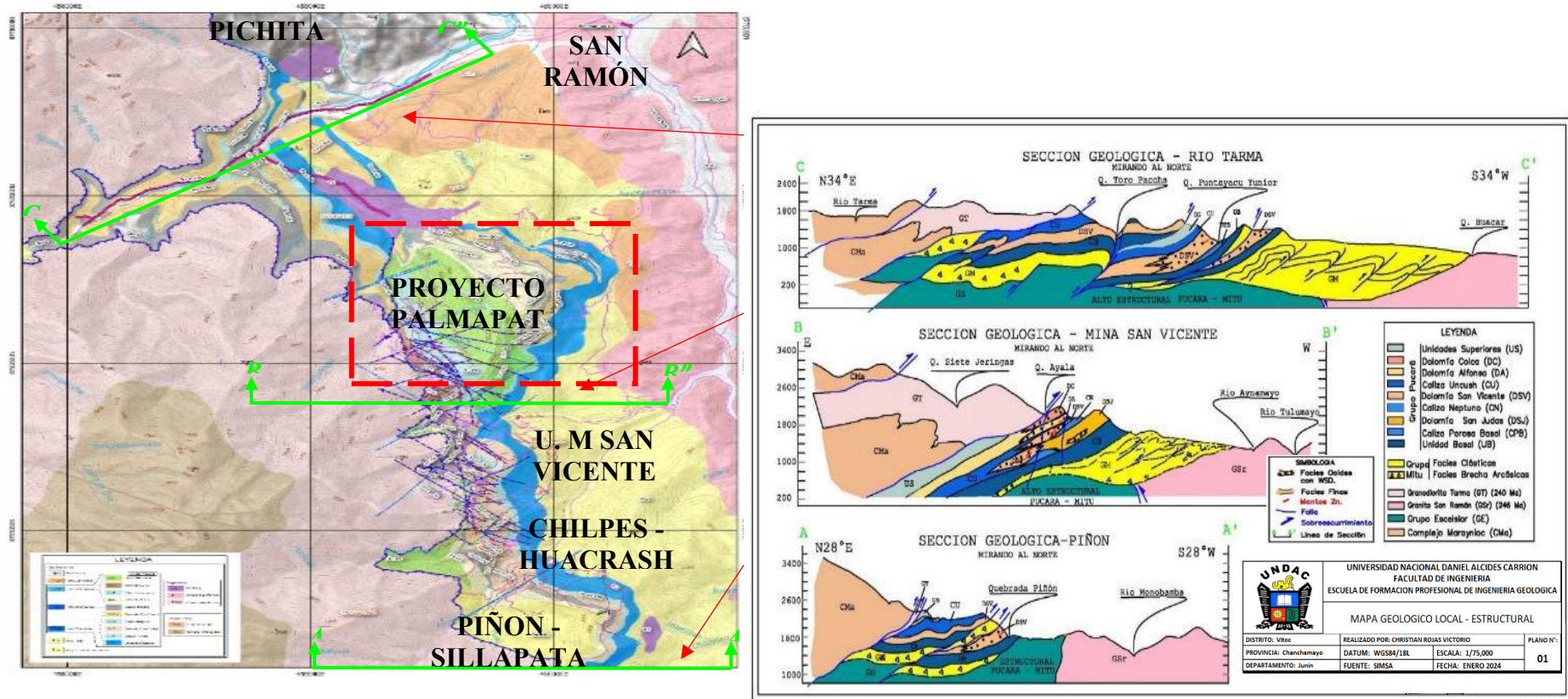
Durante el período 1993-1997, se hicieron trabajos de mapeo geológico al detalle a escala 1: 1000 y 1: 5000, así como levantamiento de columnas lito-estratigráficas, muestreo y algunas interpretaciones litológico-estructurales, esto con fines de reconocer el contexto geológico y el marco tectónico-estructural, así como la interpretación final de la existencia de lineamientos estructurales que puedan orientar las exploraciones regionales.

Así mismo, durante los años 2008 y 2009 se realizaron trabajos en los prospectos Llanco Cateador, El Mirador, Amable María, Unión Palca, Río Seco, El Agujón y Siete Jeringas, con habilitación de trochas y desbroce de maleza con la finalidad de realizar el levantamiento topográfico, mapeo y muestreo de canales en superficie donde se ubicaron afloramientos de mineral con galena y esfalerita rubia en dolomitas Ooides brechosas y con estructura tipo “Cebra”. En las zonas con mineralización se realizaron canales de muestreo recolectándose un total de 91 muestras para su respectivo análisis químico.

Durante el periodo 2012 y 2013 se realizaron levantamientos geofísicos de Polarización Inducida – Resistividad y Gravimetría, con la finalidad de poder determinar la continuidad o presencias de anomalías en profundidad, que estén relacionadas a zonas mineralizadas y a estructuras geológicas favorables, y sobre estas programar los sondajes diamantinos.

Es importante señalar que el programa de perforación diamantina está basado en los resultados de la información geológica, geoquímica y geofísica.

Figura 5. Plano de trabajos anteriores al proyecto palmapata



Fuente: Plano preparado por el autor

#### 4.1.5. Interpretación geológica

Palmapata viene a ser una barra dolomítica, encontrándose en ella mantos de esfalerita, galena, óxidos y carbonatos de Zinc, en textura tipo “Cebra” correspondientes a las dolomitas del horizonte San Vicente, que se ubica dentro del horizonte guía (facies caliza dolomítica arenosa gris porosa con niveles limolíticos “Caliza Neptuno” al piso y calizas negras laminares intraclásticas “Calizas Uncush” al techo).

Este horizonte dolomítico presenta una longitud de 500 metros aproximadamente desde la entrada hacia el afloramiento “El Mirador” llegando hasta la “Falla el Aguijón” con un ancho horizontal promedio de 15 metros aproximadamente en el cual se ubicó varios tramos de estructura tipo “Cebra” con mineral, disseminación, puntos, parches y bandeamiento de galena, esfalerita, zonas de óxido y carbonatos de Zinc.

Así mismo existe un sistema de fallas de rumbo NE-SW, en el sector comprendido entre “La Curva” entrada “El Mirador” en las que se han descubierto afloramientos 10 x 0.50 metros en la cual se observa textura “Cebra” en tramos. Hacia la parte inferior de este afloramiento se tiene una brecha mineralizada de esfalerita rubia cementada por una matriz de dolomita blanca espática (WSD) a grisácea (GSD). Y se encuentra estratigráficamente dentro de la secuencia de la dolomía San Vicente la cual se ha reconocida en este sector.

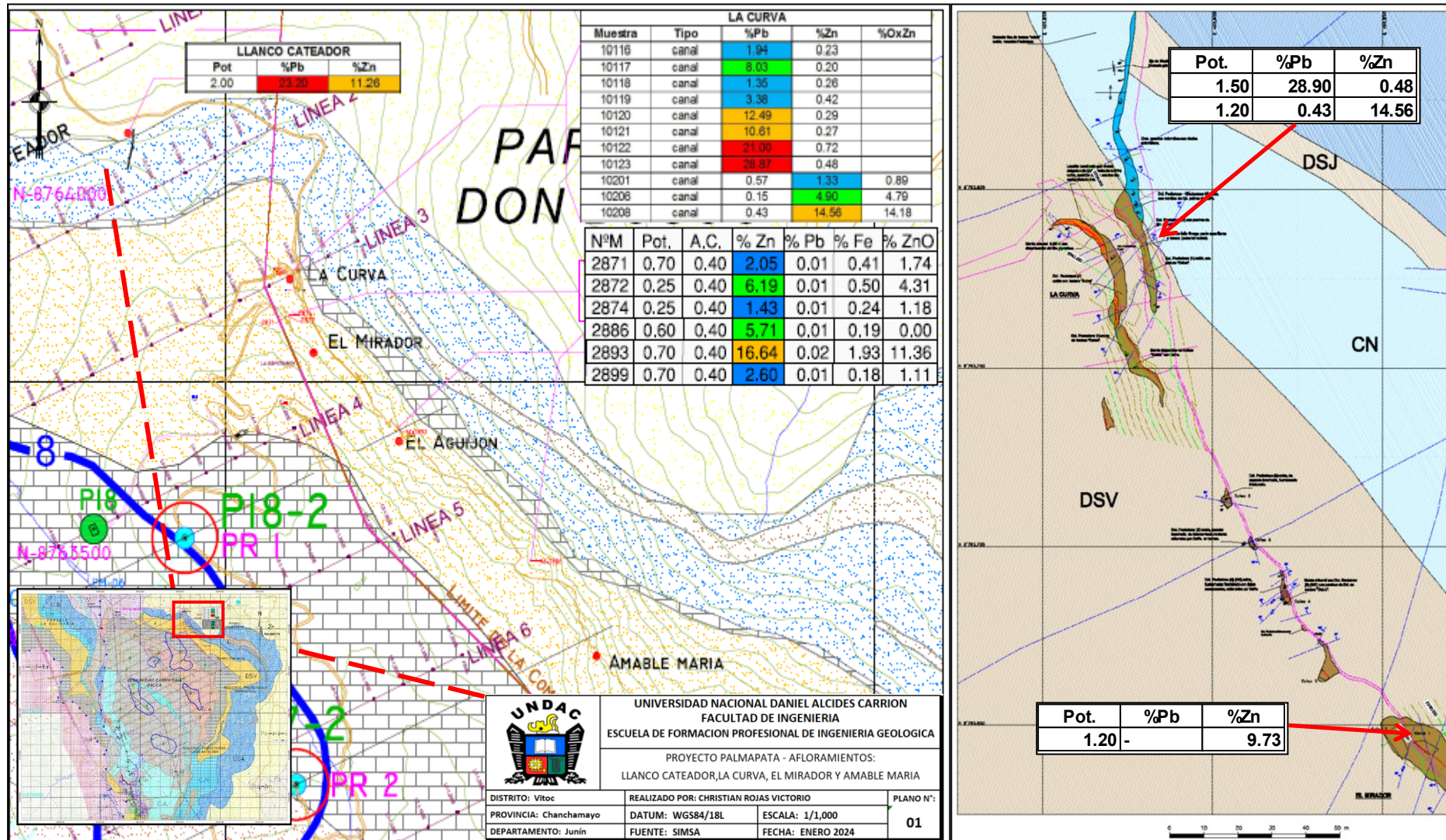
En el sector del “El Mirador”, no se ha concluido los trabajos de campo faltando definir en donde se encuentra el feeder.

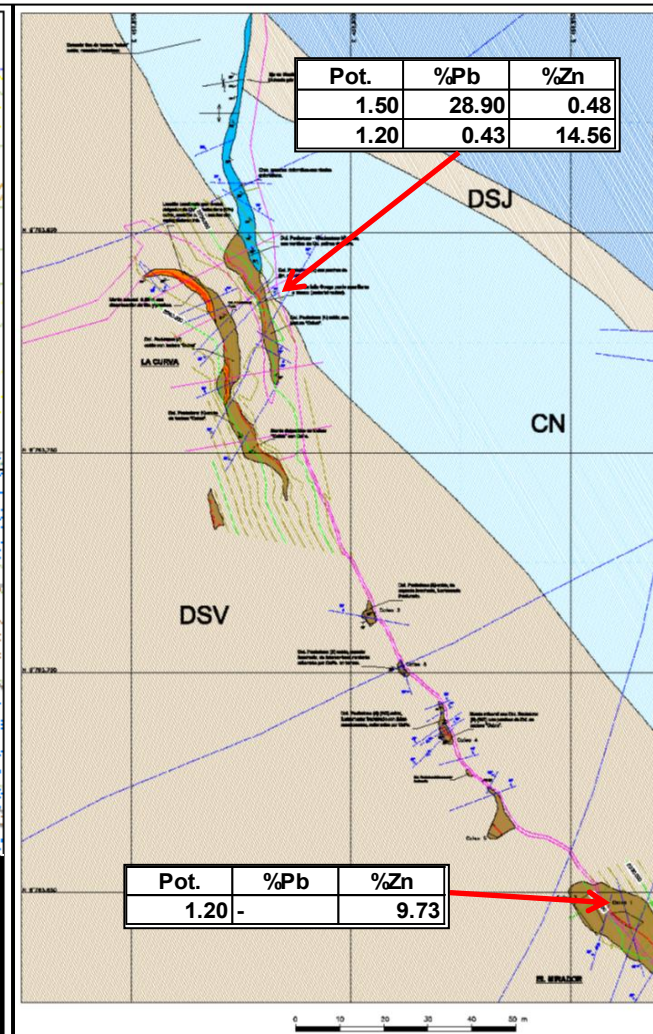
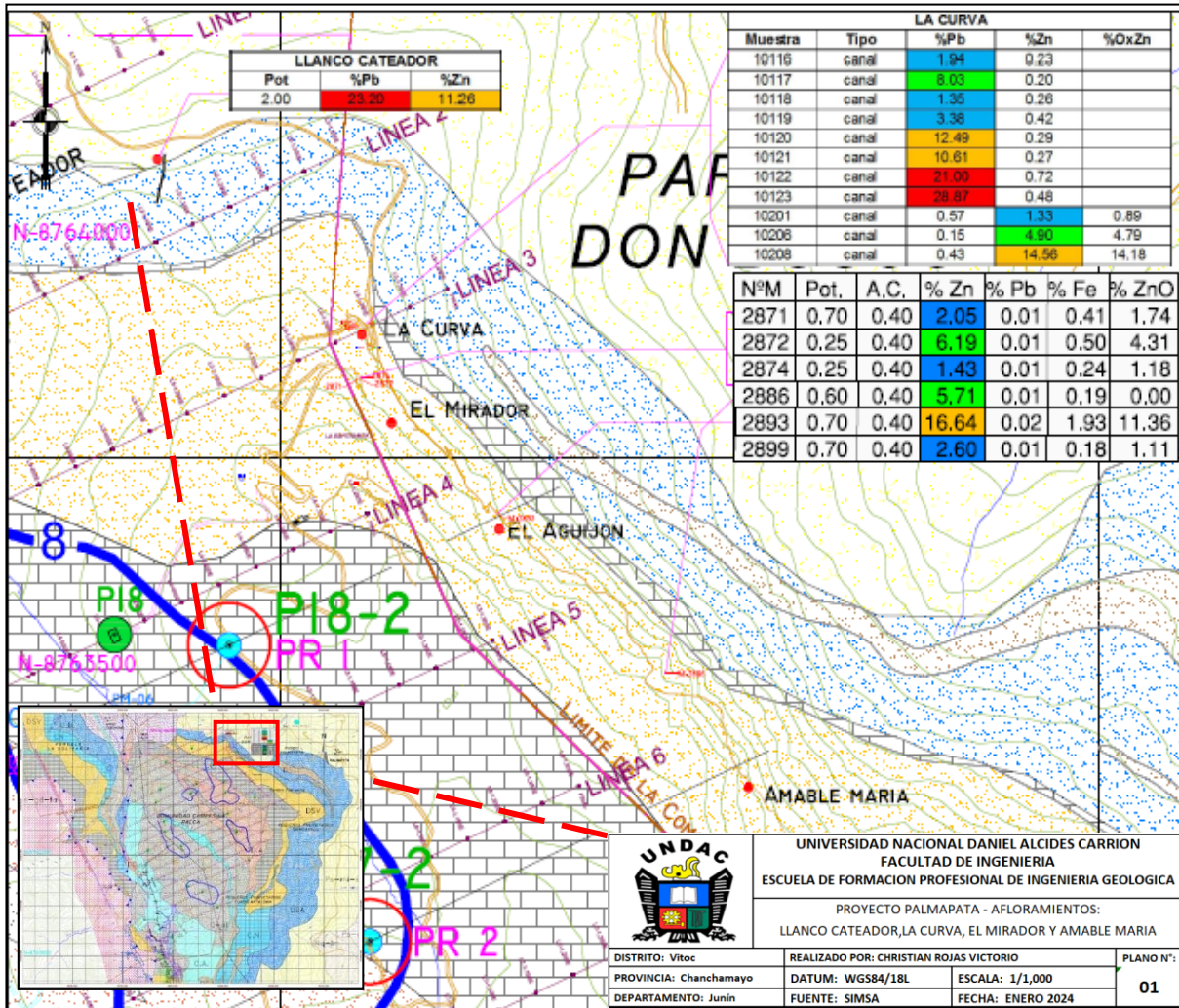
La falla “El Aguijón” tiene un ancho promedio de 1.20 metros con rumbo E-W y buzamiento hacia el N 80°.

La esfalerita es marrón amarillento, de tercera generación, y se ubica en la Dolomía San Vicente, que tiene 1.20m de grosor en la zona “El Mirador” con la posibilidad de incrementarse la mineralización en profundidad.

La barra tiene un rumbo promedio de N 30° a 40° W, y los buzamientos de las capas varían entre 15° a 30° al W.

Figura 6. Plano de interpretación geológica







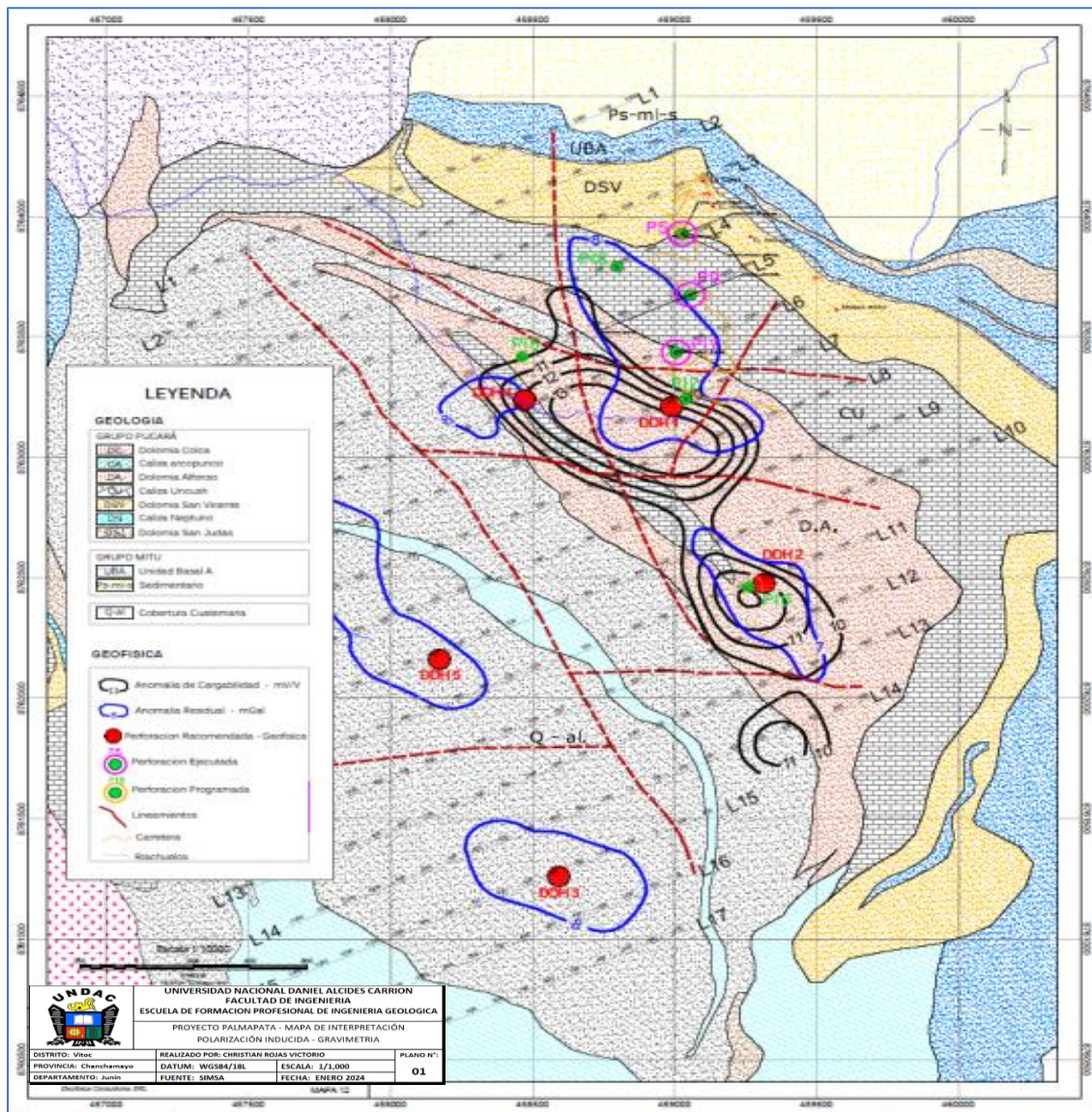


#### 4.1.6. Perforación diamantina – proyecto Palmapata (2014)

##### *Antecedentes:*

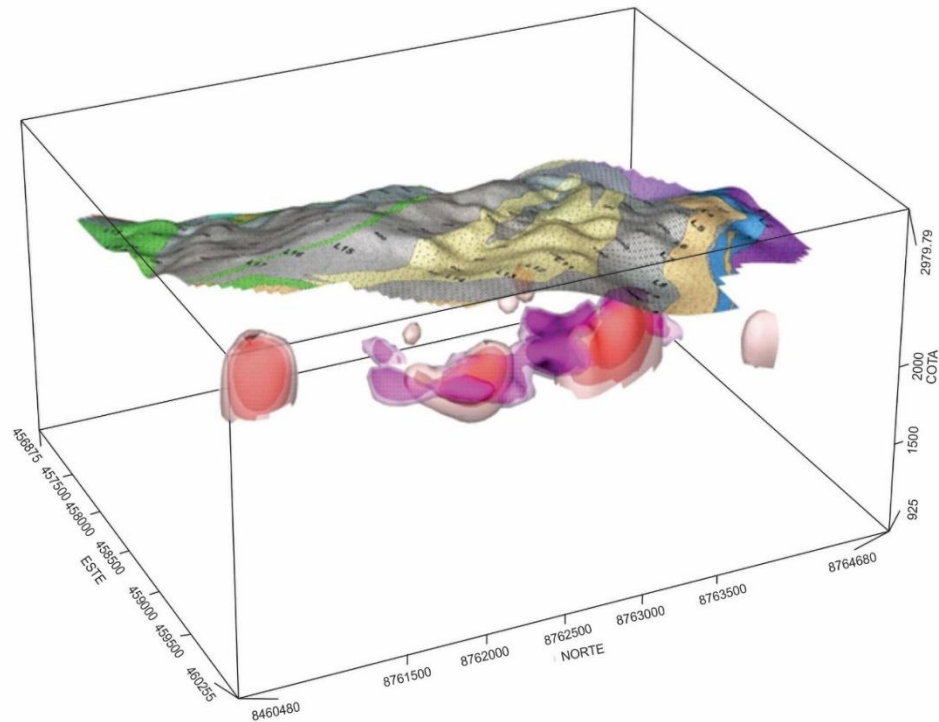
Inicialmente, se tenía programado perforar en las plataformas (P18, P17, P15 Y P10), en donde presentan la mayor presencia de anomalías geofísicas (Gravimetría Residual y Cargabilidad). En donde también en algunas de ellas la Empresa GEOFISICA CONSULTORES S.R.L. recomendaba realizar los sondajes.

*Figura 8. Mapa de interpretación – polarización inducida – gravimetría Punto en rojo – perforación recomendada de geofísica consultores*



*Fuente: Datos recopilados por el investigador.*

*Figura 9. Modelado del Composito de las anomalías de polarización inducida (color morado) y anomalías de gravimetría (color anaranjado) vista en 3D.*



*Fuente: Modelado realizado por el investigador.*

La falta de la disponibilidad de Maquinaria, tiempo para la rehabilitación, construcción de carreteras y plataformas fueron los factores más importantes para no dar cumplimiento al programa inicial de perforación. Muy aparte de los otros factores que aportaron a ello como (las constantes lluvias, permiso de los puntos de agua, personal para ripeo y otros).

En el mes de febrero del 2014, se inició con el traslado del equipo de Diamantina D282-02 al proyecto Palmapata, llegando a la losa antigua.

Cerca a fin de mes de febrero se dio por inicio a la exploración con sondajes diamantinos en el Proyecto Palmapata. Se optó por iniciar en la Plataforma 5 (losa antigua) y dirigir los sondajes a los afloramientos cercanos de superficie (El mirador y

el agujón). Para esos días todavía no se contaba con la Maquinaria que se encargaría con la rehabilitación y construcción de carretera.

Se intercepto estructuras tipo cebra y brechas.

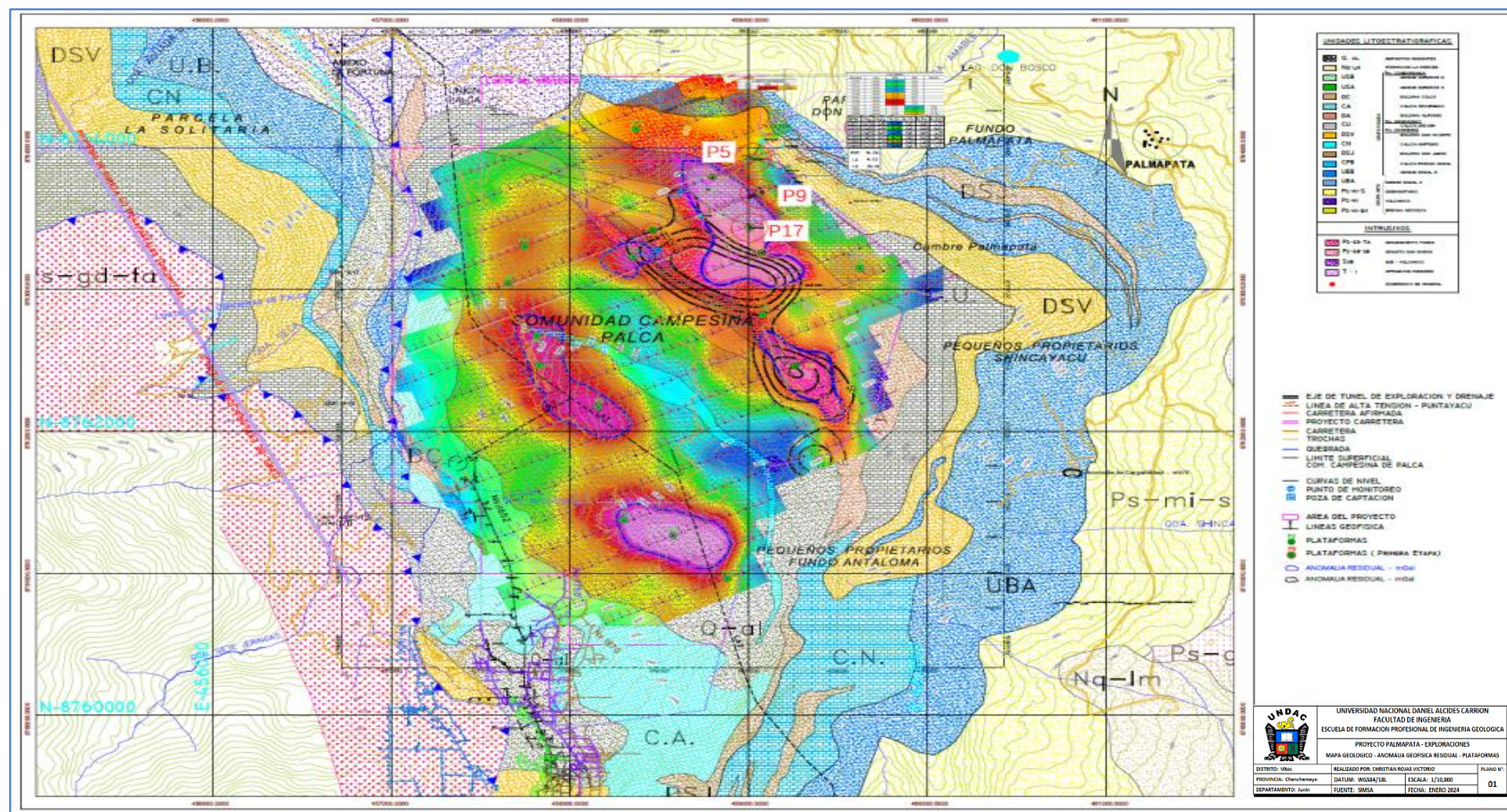
*Figura 10. Estructuras tipo cebra y brechas. (Testigos diamantinos)*



*Fuente: figura recopilados por el investigado*

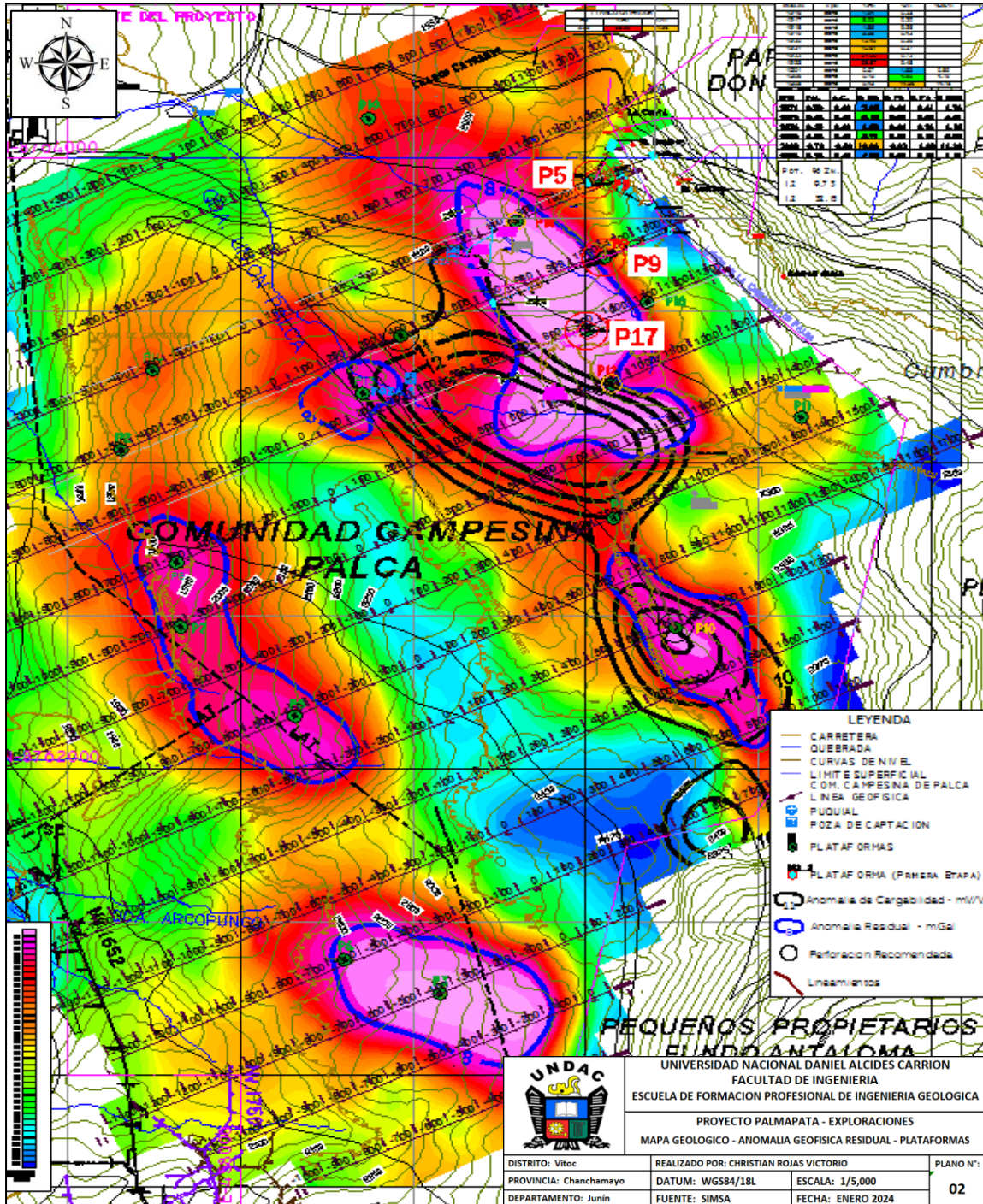


Figura 12. Plano Geológico - Geofísico general del Proyecto Palmapata – Nótese las anomalías Geofísicas en color azul (Residual) y negro (Cargabilidad) y círculos rojos de las plataformas perforadas (P5, P9 y P17)



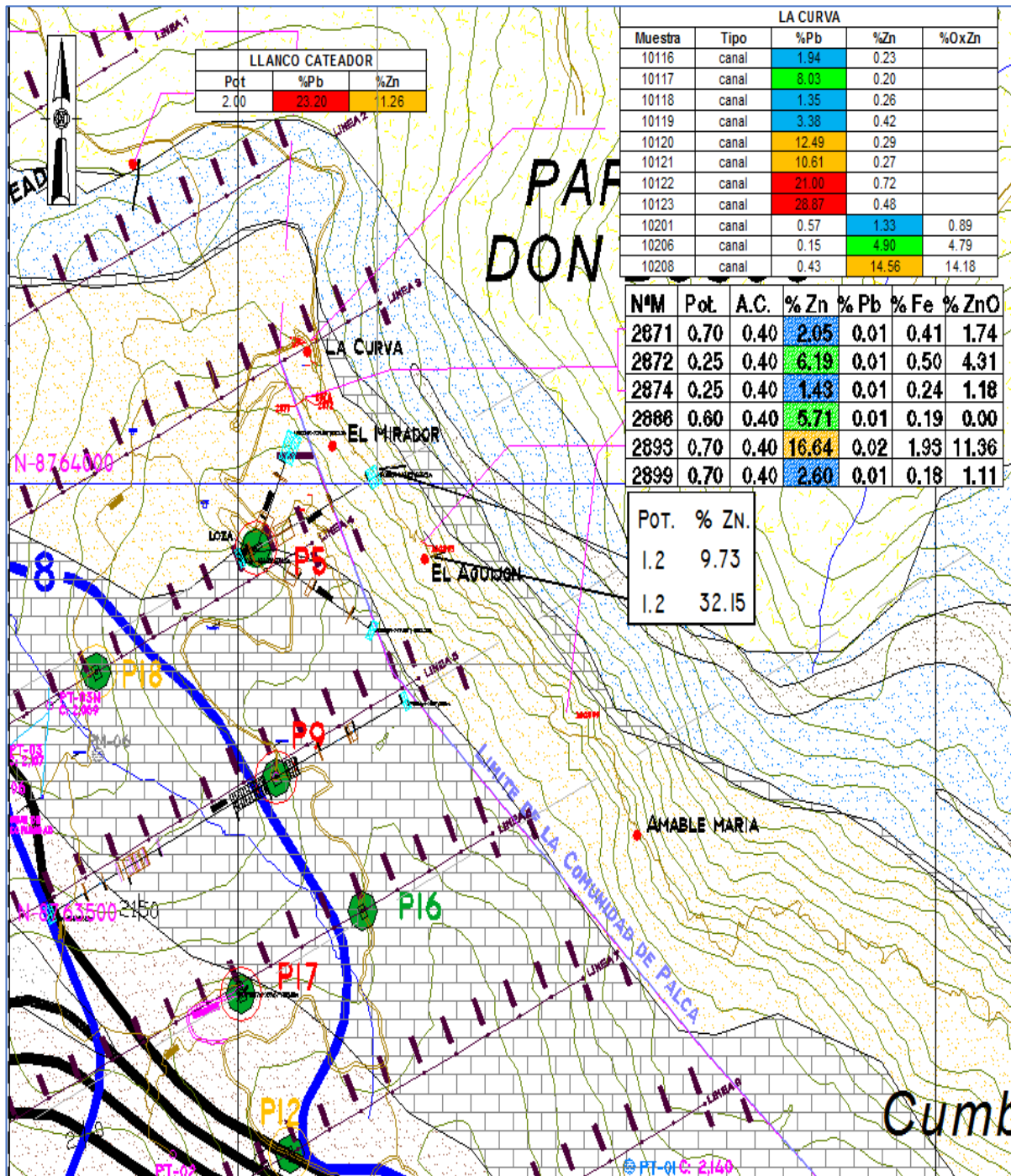
Fuente: Plano geológico realizado por el autor.

Figura 13. Plano Geofísico General del Proyecto Palmapata – Nótese las anomalías Geofísicas en color azul (Residual) y negro (Cargabilidad) y círculos rojos de las plataformas perforadas (P5, P9 y P17)



Fuente: Figura recopilado por el investigador.

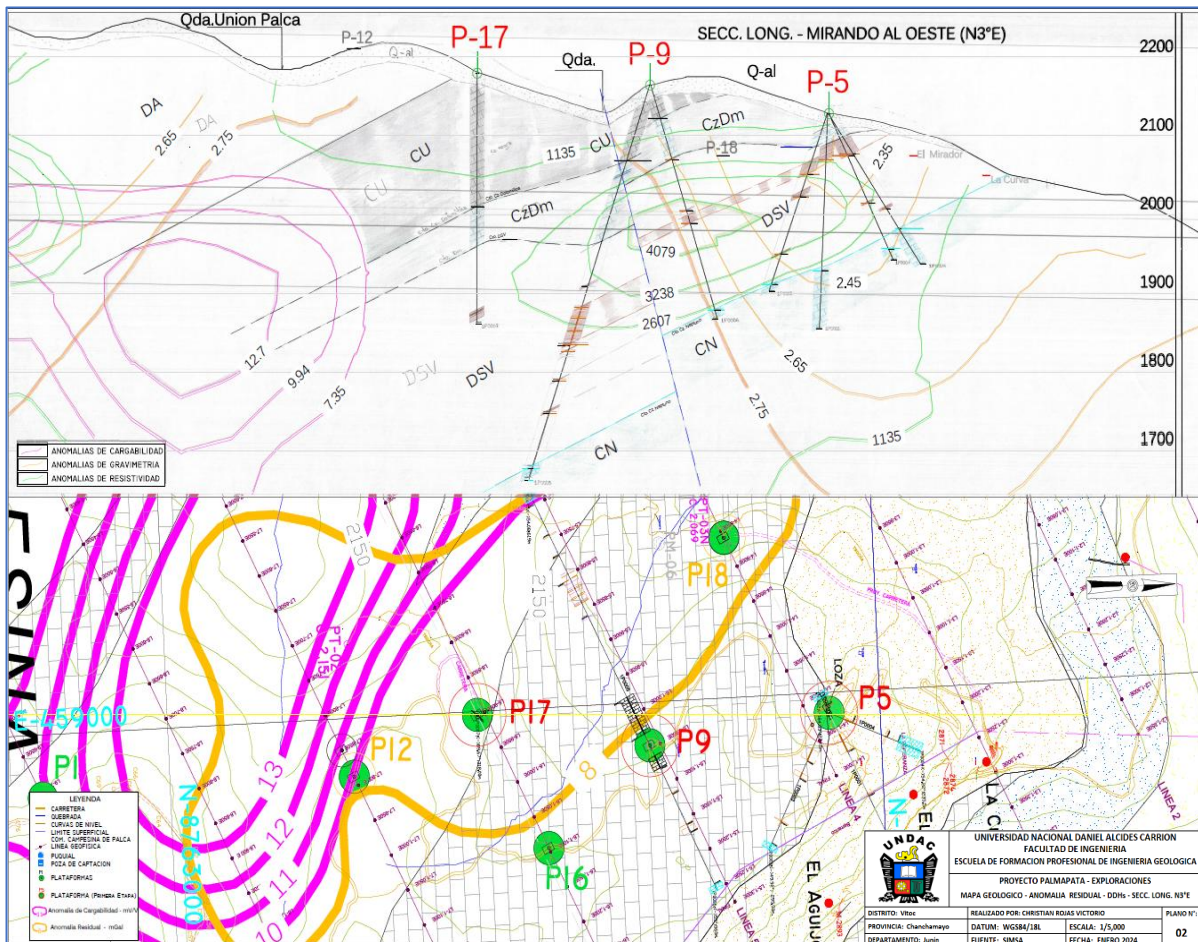
Figura 14. Plano de Plataformas perforadas - Proyecto Palmapata – Nótese los puntos de muestreo con las leyes más representativas y círculos rojos de las plataformas perforadas (P5, P9 y P17)



Fuente: Figura recopilado por el investigador.

## Sección Longitudinal – Mirando Al Oeste (N3°E)

Figura 15. Sección Longitudinal casi norte - sur (N3°E) en el lineamiento de las Plataformas Perforadas del Proyecto Palmapata. Nótese la correlación de las Estructuras más Favorables y con mayor potencia de color marrón.



Fuente: Sección realizado por el investigador.

La secuencia de correlación de la litología y estructuras favorables para la mineralización encajan para los sondeos de las plataformas 5 y 9. Entre la plataforma 9 y 17 ocurre posiblemente una falla que desplaza la continuidad de estructuras al piso (Probablemente se trate de graben).

#### 4.1.7. Perforación dinamitada 2014 (Programada - Ejecutada):

##### *Programada:*

Inicialmente se programó 4,018.00 m., repartidos en 4 plataformas (10 sondajes). En las plataformas 5 y 9 orientados mayormente a los afloramientos en superficie y anomalía de resistividad. En las plataformas 17 y 18 orientados a la anomalía geofísica (gravimétrica y cargabilidad).

*Tabla 2. Perforación dinamitada programada*

Plataforma	Sondaje	Este	Norte	Cota	Long. (m)	Azimut	Inclinación	Objetivo
P5	1	459,026.09	8,763,928.41	2,128	268.5	65°	-45°	Interceptar el afloramiento el mirador Techo y Piso (Muestra con 9.73%Zn)
P5	2	459,022.71	8,763,926.74	2,128	274.5	245°	-85°	Interceptar el afloramiento el mirador Techo y Piso a mayor profundidad
P5	3	459,027.59	8,763,925.81	2,128	295.5	333°	-50°	Interceptar el afloramiento El Aguijón en profundidad
P5	4	459,022.71	8,763,926.74	2,128	250.0	23°	-55°	Interceptar los afloramiento al norte de El Mirador y el afloramiento La Curva.
P9	5	459,053.76	8,763,689.85	2,162	435.0	65°	-65°	Interceptar el afloramientos en profundidad
P9	6	459,053.76	8,763,689.85	2,162	610.0	245°	-80°	Interceptar el afloramientos, Apoyo Anomalía Gravimétrica (Geofísica)
P17	7	459,001.41	8,763,445.32	2,176	500.0	—	-90°	Interceptar el afloramientos, Apoyo Anomalía Gravimétrica (Geofísica)
P17	8	459,001.41	8,763,445.32	2,176	560.0	245°	-60°	Interceptar el afloramientos, Apoyo Anomalía Gravimétrica (Geofísica)
P18	9	458,796.79	8,763,791.45	2,074	465.0	245°	-75°	Interceptar el afloramientos, Apoyo Anomalía Gravimétrica (Geofísica)
P18	10	458,796.79	8,763,791.45	2,074	360.0	65°	-70°	Interceptar el afloramientos, Apoyo Anomalía Gravimétrica (Geofísica)

*Fuente: Tabla preparado por el investigador.*

##### *Ejecutada:*

Al término de las perforaciones diamantinas se han ejecutado **2371.00 m.** repartidas en 03 plataformas (07 sondajes). En la plataforma 05 los sondajes orientados mayormente hacia los afloramientos de superficie. En la Plataforma 9 orientados hacia la anomalía geofísica (gravimetría, cargabilidad y resistividad).

En la Plataforma 17 por encontrarse dentro de la anomalía geofísica, se ejecutó 01 sondaje vertical la cual no llegó al metraje y objetivo programado, ya que se tuvo inconvenientes en la perforación por el terreno que presentaba espacios vacíos.

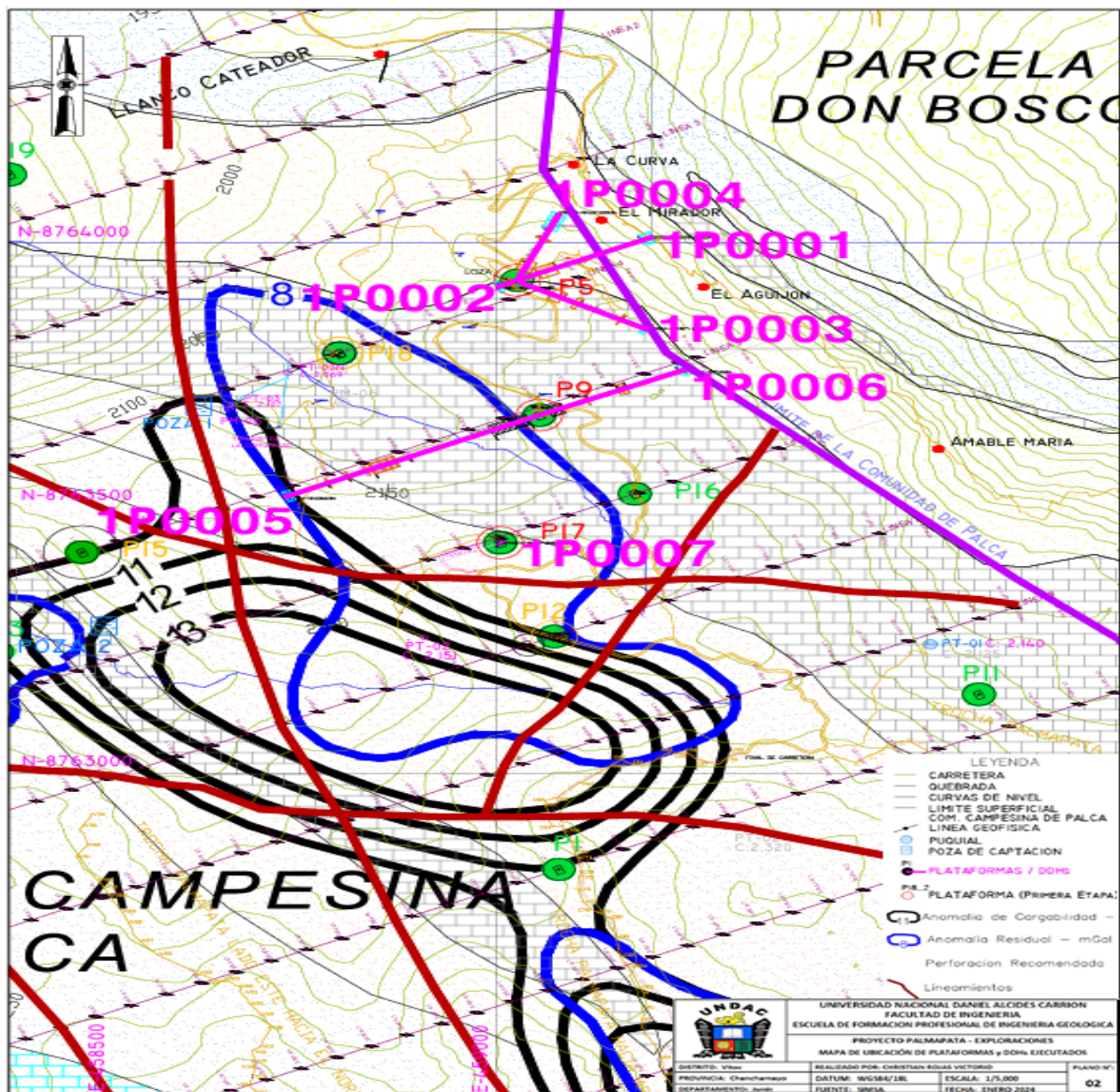
Tabla 3. Perforación dinamitada ejecutada

PROGRAMA DE PERFORACIÓN DIAMANTINA EJECUTADA 2014 - PROYECTO PALMAPATA												
PROYECTO	MÁQUINA	DDH	PLATAF.	AZIMUT	INCL.	PROF.	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	PROF.
PROGRAM.												
EJECUTADO												
PALMAPATA	D282-2	1P0300000	P-05	65°	-43.95°	250	154.50	114.00	—	—		268.50
		1										
PALMAPATA	D282-2	1P0300000	P-05	245°	-84.83°	250	—	274.50	—	—		274.50
		2										
PALMAPATA	D282-2	1P0300000	P-05	117°	-49.92°	250	—	250.50	45.00	—		295.50
		3										
PALMAPATA	D282-2	1P0300000	P-05	23°	-54.22°	250	—	—	235.50	—		235.50
		4										
PALMAPATA	D282-2	1P0300000	P-09	245°	-54.08°	620	—	—	181.50	437.50		619.00
		5										
PALMAPATA	D282-2	1P0300000	P-09	65°	-55.67°	330	—	—	—	144.00	216.00	360.00
		6										
PALMAPATA	D282-2	1P0300000	P-17	65°	-89.67°	480	—	—	—	—	318.00	318.00
		7										
<b>TOTAL</b>						<b>2,430.00</b>	154.50	639.00	462.00	581.50	534.00	<b>2,371.00</b>

Fuente. Tabla preparada por el investigador.

Se desarrolló la rehabilitación y ripeco de carretera antigua hacia la Plataforma 9 y 12. Y se re apertura la carretera nueva hacia la Plataforma 17. En todo este proceso de accesibilidad se tuvo algunos inconvenientes por la maquinaria, las lluvias, personal y material para el ripeco. Es por ello que afecto en la disponibilidad de plataformas para la continuar los sondajes programados (la construcción de accesos y plataformas se desarrolló de forma secuencial).

Figura 16. Plataforma 9, y 12 acceso apertura carretera plataforma 17



Fuente: realizado por el autor.

*Figura 17. Imágenes de carretera a Plataforma. 9 y 12*



*Fuente. Imágenes realizado por el autor.*

#### **4.1.8. Geofísica**

En el mes de Diciembre del 2012, SIMSA., y GEOFISICA CONSULTORES S.R.L. suscribieron un contrato de prestación de servicios para realizar los estudios geofísicos de Polarización Inducida-Resistividad y Gravimetría, en el Proyecto Palmapata, con el objetivo de poder determinar la continuidad o presencia de anomalías en profundidad que estén relacionadas a zonas mineralizadas y a estructuras geológicas

favorables, para luego establecer la posición donde deben concentrarse los trabajos exploratorios de detalle.

El presente trabajo se concentrará básicamente en el estudio geofísico por gravimetría.

## **A. Especificaciones de campo**

### **Personal:**

El personal de GCG estuvo conformada por:

- Ing. Carlos Gamarra Romero – Geólogo-Geofísico -Jefe del Proyecto
- Ing. Manuel Espinoza Núñez – Geofísico -Jefe de Polarización Inducida
- Ing. Paúl Morales Segura – Geofísico -Jefe de Gravimetría
- Bch. John Quille Cutipa – Geofísico- Asistente de campo
- Bch. Ronald Taya Yancapallo – Geofísico-Asistente de Campo

La brigada de personal de apoyo en campo fue proporcionada por la empresa contratante y estuvo conformada por pobladores de las comunidades aledañas a la zona de estudio, en un total de 20 personas.

## **B. Trabajos de campo**

Con el fin de obtener mayor información sobre las propiedades físicas del subsuelo e información vertical referente a los métodos a ser aplicados, se realizó un previo reconocimiento geológico y topográfico en el área del Proyecto Palmapata para establecer un esquema de trabajo apropiado de acuerdo a los objetivos. El levantamiento fue realizado en dos fases, la primera fase corresponde al levantamiento de polarización inducida y la segunda fase con el levantamiento de gravimetría. A lo largo de una red de líneas equidistantes que fueron determinadas y levantadas topográficamente por la compañía SIMSA. El área se

cubrió con un total de 17 Líneas con orientación NE-SW y espaciadas nominalmente cada 200 metros como se detalla en las siguientes tablas.

*Tabla 4. Cobertura de los métodos geofísicos*

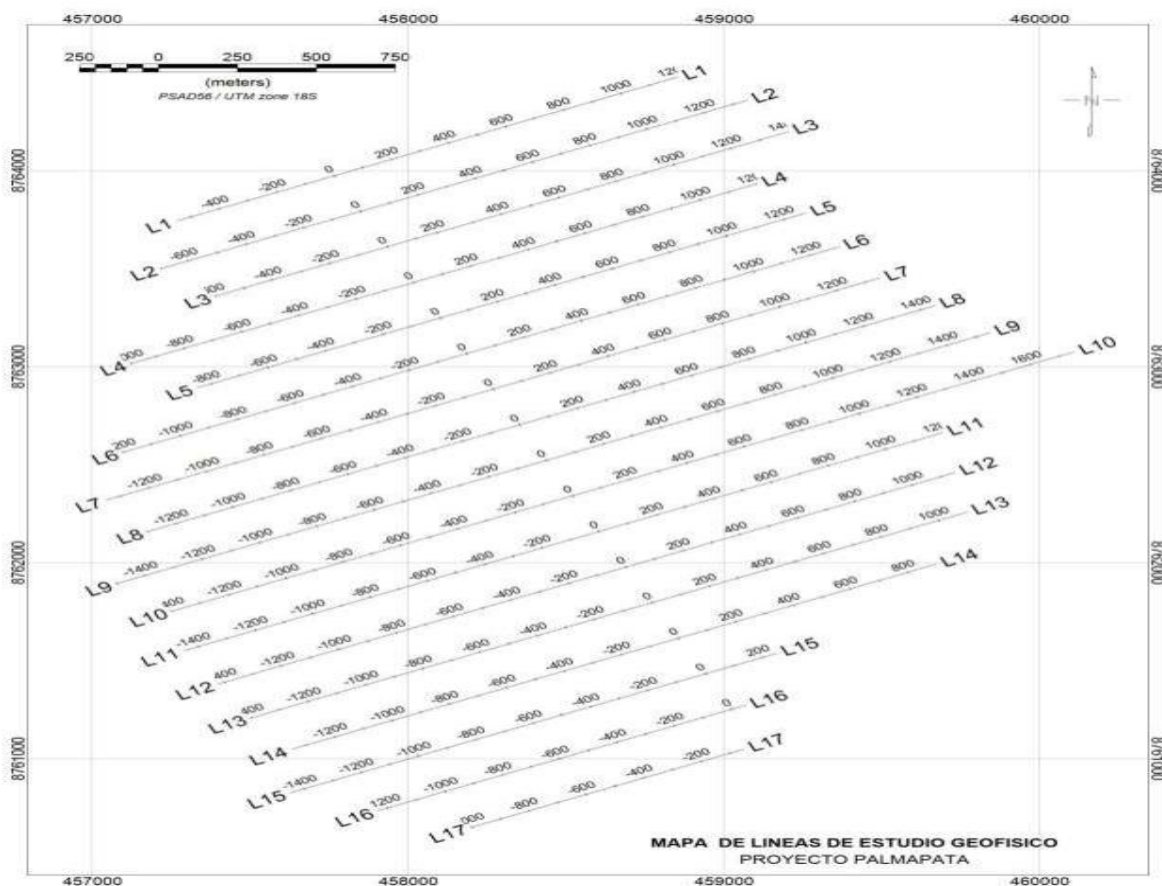
<b>PROYECTO PALMAPATA</b>				
<b>ESTUDIO DE POLARIZACION INDUCIDA / RESISTIVIDAD</b>				
<b>TOTAL DE LINEAS REALIZADAS</b>				
<b>LINEA</b>	<b>DIPOLO</b>	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>TOTAL (m)</b>
1	100	-500	1200	1700
2	100	-700	1300	2000
3	100	-600	1400	2000
4	100	-900	1200	2100
5	100	-800	1300	2100
6	100	-1200	1300	2500
7	100	-1350	1350	2700
8	100	-1300	1400	2700
9	100	-1500	1500	3000
10	100	-1400	1700	3100
11	100	-1400	1200	2600
12	100	-1400	1100	2500
13	100	-1400	1100	2500
14	100	-1300	900	2200
15	100	-1450	250	1700
16	100	-1250	50	1300
17	50	-1000	-50	950
<b>TEST</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>10.5</b>	<b>10.5</b>
<b>LONGITUD TOTAL (Km)</b>				<b>37.6605</b>

*Fuente: Tabla realizado por el autor*

<b>PROYECTO PALMAPATA</b>				
<b>ESTUDIO DE GRAVIMETRIA</b>				
<b>TOTAL DE LINEAS REALIZADAS</b>				
<b>LINEA</b>	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>TOTAL (m)</b>	<b>km</b>
1	-550	1200	1750	1.7500
2	-750	1350	2100	2.1000
3	-600	1400	2000	2.0000
4	-1000	1200	2200	2.2000
5	-800	1300	2100	2.1000
6	-1200	1300	2500	2.5000
7	-1350	1350	2700	2.7000
8	-1300	1400	2700	2.7000
9	-1500	1550	3050	3.0500
10	-1400	1700	3100	3.1000
11	-1400	1200	2600	2.6000
12	-1450	1150	2600	2.6000
13	-1400	1100	2500	2.5000
14	-1350	900	2250	2.2500
15	-1450	200	1650	1.6500
16	-1200	50	1250	1.2500
17	-1000	-50	950	0.9500
<b>CONTROL</b>	<b>0</b>	<b>10.5</b>	<b>10.5</b>	<b>0.0105</b>
<b>LONGITUD TOTAL (Km)</b>				<b>38.0105</b>

*Fuente: Tabla realizado por el autor.*

Figura 18. Mapa de Ubicación de las líneas geofísicas



Fuente: Mapa de líneas geofísicas realizado por el autor.

### **Método de gravimetría**

El método tiene como finalidad medir las variaciones de la gravedad que ejercen las rocas por debajo de la superficie del suelo. La técnica tiene su fundamento a que las rocas poseen diferentes densidades y a mayor densidad es mayor su atracción gravitacional para una misma profundidad. La prospección gravimétrica realiza el análisis de la variación del campo gravitatorio basándose en un campo potencial. En gravimetría la respuesta es la suma de las contribuciones de cada una de las fuentes. Por ello, hay una multiplicidad de posibles estructuras que pueden provocar la misma anomalía, según la relación entre los parámetros que afectan al campo analizado. Para

evitar o disminuir esta ambigüedad, se requiere la comparación de los modelos obtenidos con información a partir de otras fuentes.

### *Especificaciones técnicas*

#### **Parámetros de Adquisición**

Intervalo de lecturas con el Gravímetro	: 50 metros
Numero de repeticiones por Punto	: 3 como mínimo
Espaciamiento entre Líneas	: 200 metros
Código de la Base – Palmapata	: 90002(Oasis)
Punto Base Palmapata	: 458786.72E – 8763544.70N
Altura de la estación base-Palmapata	: 2139.424
Sistema	: PSAD 56
Gravedad Relativa Palmapata	: 977753.769 mGal
Software de procesamiento	: Oasis Montaj, GRAV3D (UBC)

#### **Equipo:**

Gravímetro Lacoste & Romberg G-642

Plato nivelador Lacoste & Romberg

#### **1.- Rendimiento del sistema**

Tipo de Sensor: Muelle de Longitud Cero (Zero Length Metal Spring)

Precisión de lectura: 0.005 mGal

Repeticiones: En condiciones de campo 0.01 a 0.02 mGal

Precisión: 0.04 mGal

Rango: Mundial

Rango de Temperatura: 0° a +45°C (51.1° C)

Deriva Absoluta: < 1.0 mGal por mes

< 0.5 mGal por mes después de su uso

## 2.-Dimensiones

Tamaño y Peso: 19.7 x 17.8 x 25.1 cm

Gravímetro: 3.2 Kg Batería: 2.3 Kg

Gravímetro, Batería y Caja: 10 Kg

*Figura 19. Equipo – Gravímetro Lacoste & Romberg*



*Fuente: figura recopilados por el investigador.*

### **Control de calidad**

Durante la adquisición de datos de campo, el responsable del estudio se encarga de realizar las mediciones con el fin de garantizar una adecuada adquisición de datos, de manera que se puede eliminar o disminuir cualquier problema que pudiera presentarse, debido a factores geológicos, geofísicos o de instrumentación. Para garantizar la calidad, precisión y veracidad de los datos se tomaron mediciones repetidas en un mismo punto (mínimo 3 medidas). Al iniciar la toma de datos se tenía que ir a una estación base determinada por el geofísico encargado para tomar una medición y al finalizar el día regresar a la misma estación para ver la variación que hay al transcurrir el tiempo. Las lecturas gravimétricas en un punto fueron promediadas para obtener una medición final la cual será tomada para el procesamiento. Parámetros que se han tenido en cuenta para un control de calidad óptimo:

## **Deriva Normal del Instrumento**

La deriva específica del gravímetro es obtenida repitiendo mediciones en una misma estación. Cada instrumento tiene una deriva natural, la cual puede ser positiva o negativa. El valor de la deriva normal del instrumento es considerado en la determinación del error del cierre del circuito diario. Se utilizó la deriva normal del instrumento obtenida de monitoreos previos al estudio geofísico (G642, 0.01 – 0.02 mGal/día). El factor del gravímetro utilizado en el proyecto fue de 1.02579.

## **Lecturas Repetidas**

Las lecturas repetidas aseguran que los valores obtenidos durante el estudio gravimétrico fueron correctos. En algunos casos estos valores reemplazaron a los datos que inicialmente no superaron el control de calidad. Un total de 46 repeticiones de la base gravimétrica fueron realizadas durante el estudio, la desviación estándar de las lecturas corregidas por efecto de marea es menor de 0.03 mGal/día, lo cual es un buen factor de repetitividad.

Altura del Instrumento: Cada lectura fue corregida por la altura del instrumento respecto al nivel del suelo aplicando el factor de corrección al aire libre equivalente a 0.308596 mGal/metro. Los valores de gravedad absoluta son obtenidos a partir de la diferencia entre la estación Base y las estaciones del estudio gravimétrico.

### ***Corrección de las observaciones gravimétricas***

- ***Corrección por altitud o de Aire Libre:*** El campo gravimétrico terrestre varía directamente con la altura. El factor de corrección es constante y equivale a 0.308596 mGal / metro.
- ***Corrección de Bouguer:*** La corrección de Bouguer compensa la atracción de la capa rocosa entre el punto de medición y la altura de la base gravimétrica. Cuando el punto de medición se encuentra debajo del nivel de la base gravimétrica, el valor

que corresponde a la atracción de dicha capa se suma al valor de Gravedad de aire libre, y viceversa. La corrección de Bouguer depende directamente de la densidad de la capa rocosa (llamada “densidad de Bouguer”). La densidad promedio de la corteza terrestre es de 2.67 gr/cc, y puede variar de acuerdo a la roca caja. La densidad de Bouguer para el proyecto fue estimada aplicando el método de Nettleton (la menor correlación posible con la topografía). Se eligió una densidad de 2.67 gr/cc como valor representativo de la roca en el área de estudio.

- ***Corrección de Deriva Instrumental:*** Cada gravímetro posee una deriva propia que depende únicamente del tiempo. La deriva natural de un equipo forma una línea recta cuya pendiente representa la deriva instrumental por día y su equivalente por hora. El gravímetro G-642 posee una deriva de 0.01 - 0.02 mGal / día. Al cierre de un circuito la diferencia entre el valor de la Gravedad absoluta representa la deriva instrumental. La corrección se aplica considerando una deriva constante entre dos mediciones sucesivas de la base gravimétrica.
- ***Corrección de Terreno:*** La corrección de terreno compensa las imperfecciones de la masa rocosa descrita anteriormente, es decir compensa por el relieve topográfico.
  - Parámetros aplicados para la corrección de terreno:
  - Tamaño de celda local 10 metros.
  - Tamaño de celda regional 20 metros.
  - Distancia de corrección interna local 200 metros.
  - Distancia de corrección externa regional 5000 metros.

### ***Interpretación***

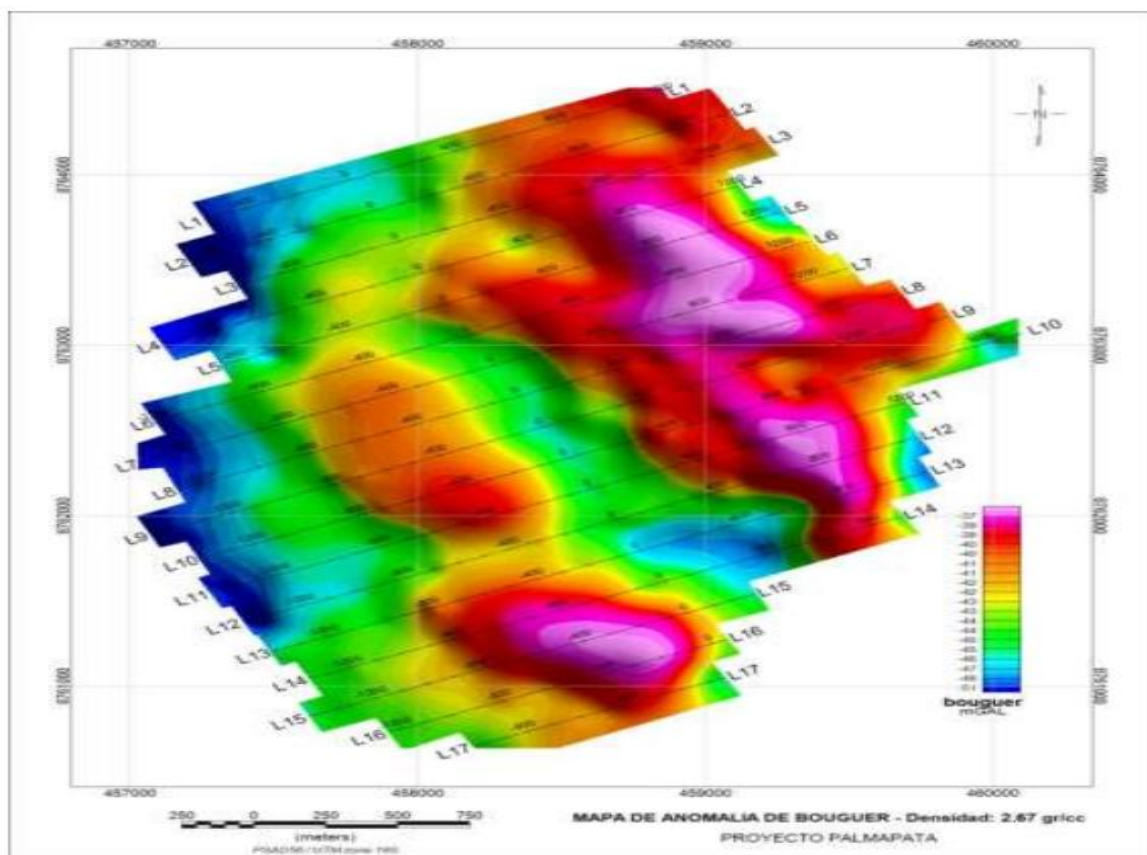
Para el análisis e interpretación de los datos obtenidos se han elaborado los Mapas de Anomalía de Bouguer, Anomalía Regional y el mapa de Anomalía Residual,

los mismos que se presentan a continuación y que finalmente nos ayudarán a obtener un mapa final de interpretación.

### ***Anomalía de Bouguer***

El mapa de Anomalía de Bouguer tiene un rango de variación entre -51 y -37 mgal que refleja la suma de todos los efectos debidos a las masas presentes tanto en profundidad como en superficie es decir mostraría la suma de los efectos debido a las rocas sedimentarias próximas, al basamento ígneo. El mapa representa los efectos de contraste de densidades profundas y no tan profundas, Las zonas de mayor anomalía negativa se asocian a un defecto de masa que se puede relacionar con una cuenca. Mientras que la zona de anomalías positivas se relaciona con un exceso de masa y por estar próximo a altos topográficos.

*Figura 20. Mapa de anomalía de Bouguer*

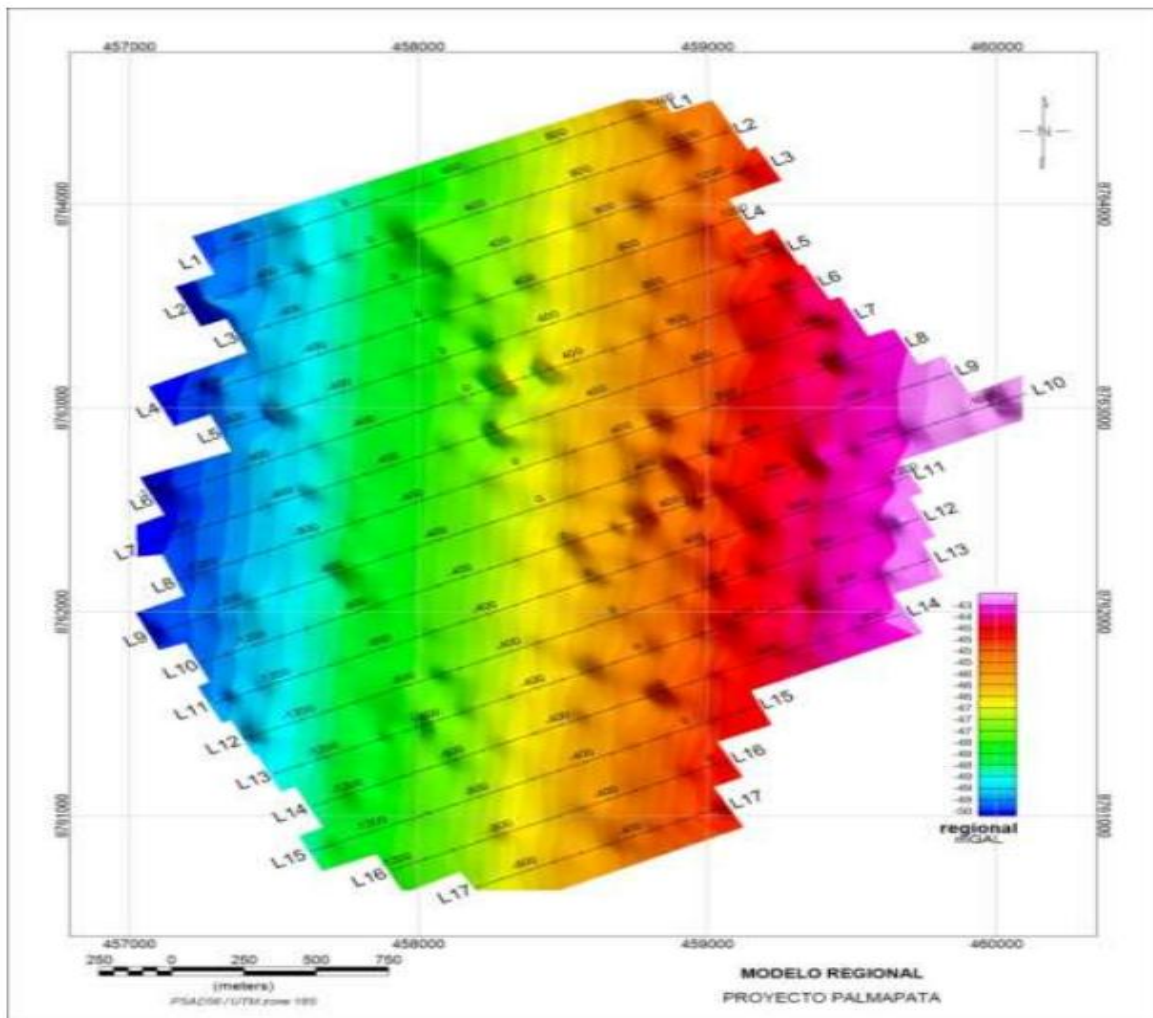


*Fuente: Mapa de anomalías recopilados por el autor.*

### *Anomalía regional*

El mapa de anomalía regional presenta un rango de valores entre -50 y -43 mGal. y su tendencia regional es parte de la anomalía de Bouguer que está producida por la presencia de masas grandes y profundas las que son necesario retirar de la anomalía de Bouguer, siendo su resultante la anomalía residual que es producida por masas superficiales y es la que se aplica en prospección minera.

*Figura 21. Mapa de Anomalía Regional - Tendencia Regional del Proyecto*

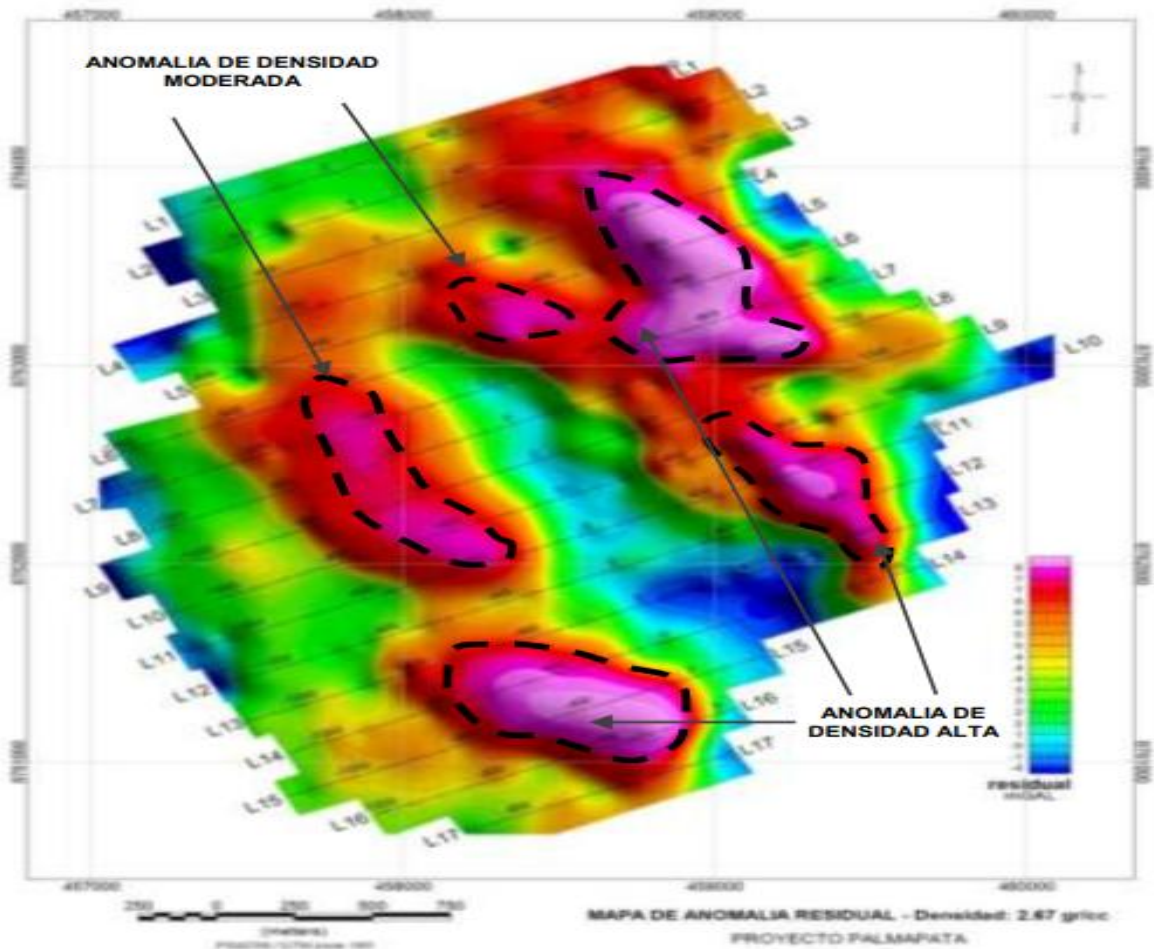


*Fuente: Mapa de anomalías recopilados por el investigador.*

### *Anomalía residual*

El mapa de anomalía residual refleja las variaciones de densidad de las rocas del subsuelo y resalta las distorsiones locales del campo gravimétrico. Dicho mapa presenta un rango de valores entre -4 y 8 mGal, donde la zona de anomalías negativas se asocia a la acumulación de sedimentos. Existe una zona de transición entre las anomalías negativas y las positivas que indican posiblemente una mayor pendiente del basamento, lo cual implica un adelgazamiento de la columna sedimentaria. Finalmente, en la zona de anomalías positivas existe una diferencia de valores que puede sugerir un cambio en el carácter de los sedimentos o un cambio estructural.

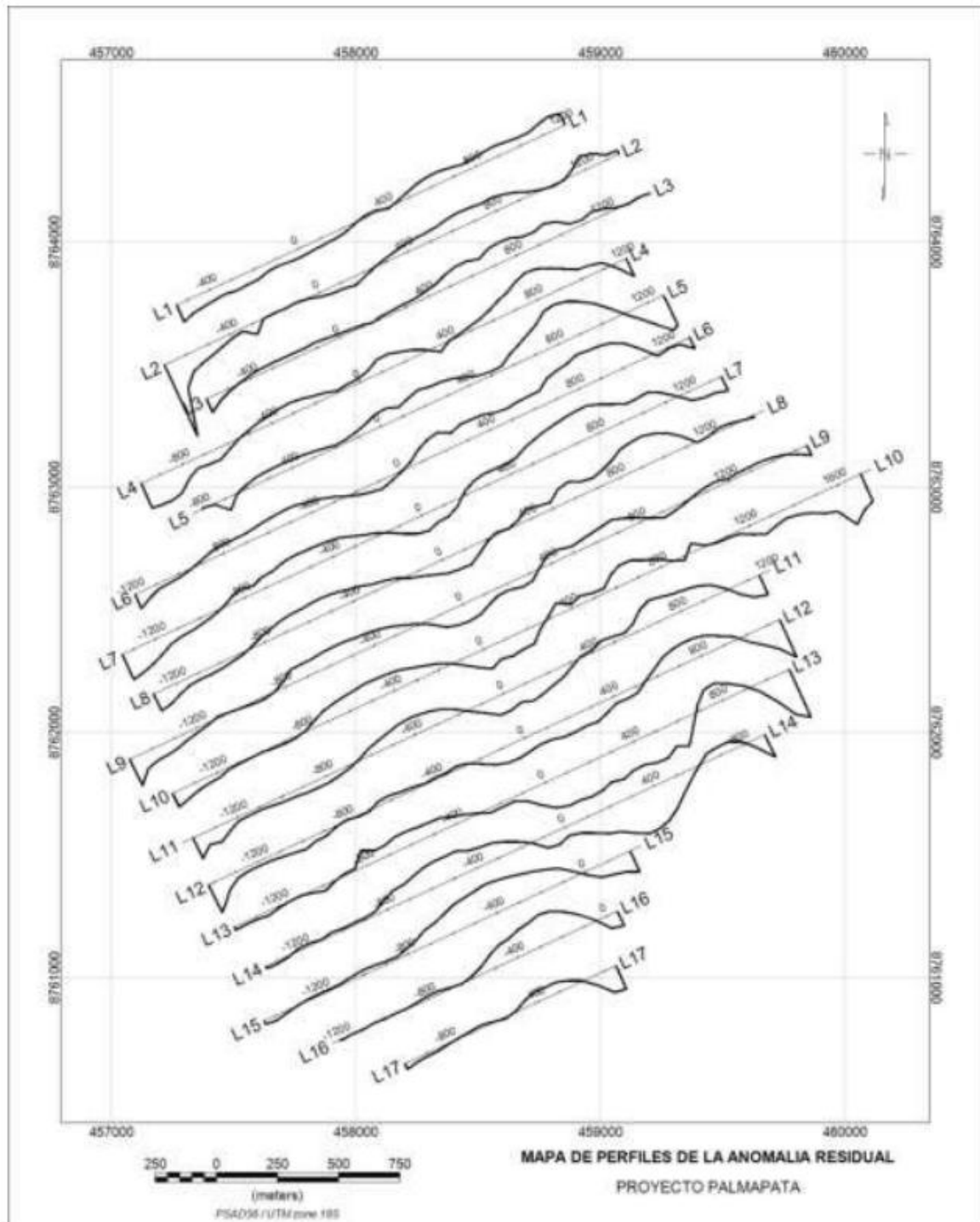
*Figura 22. Mapa de Anomalía Residual*



*Fuente: Mapa de anomalías recopilados por el investigador.*

## Perfiles de la anomalía residual

Figura 23. Mapa de perfiles de la anomalía residual

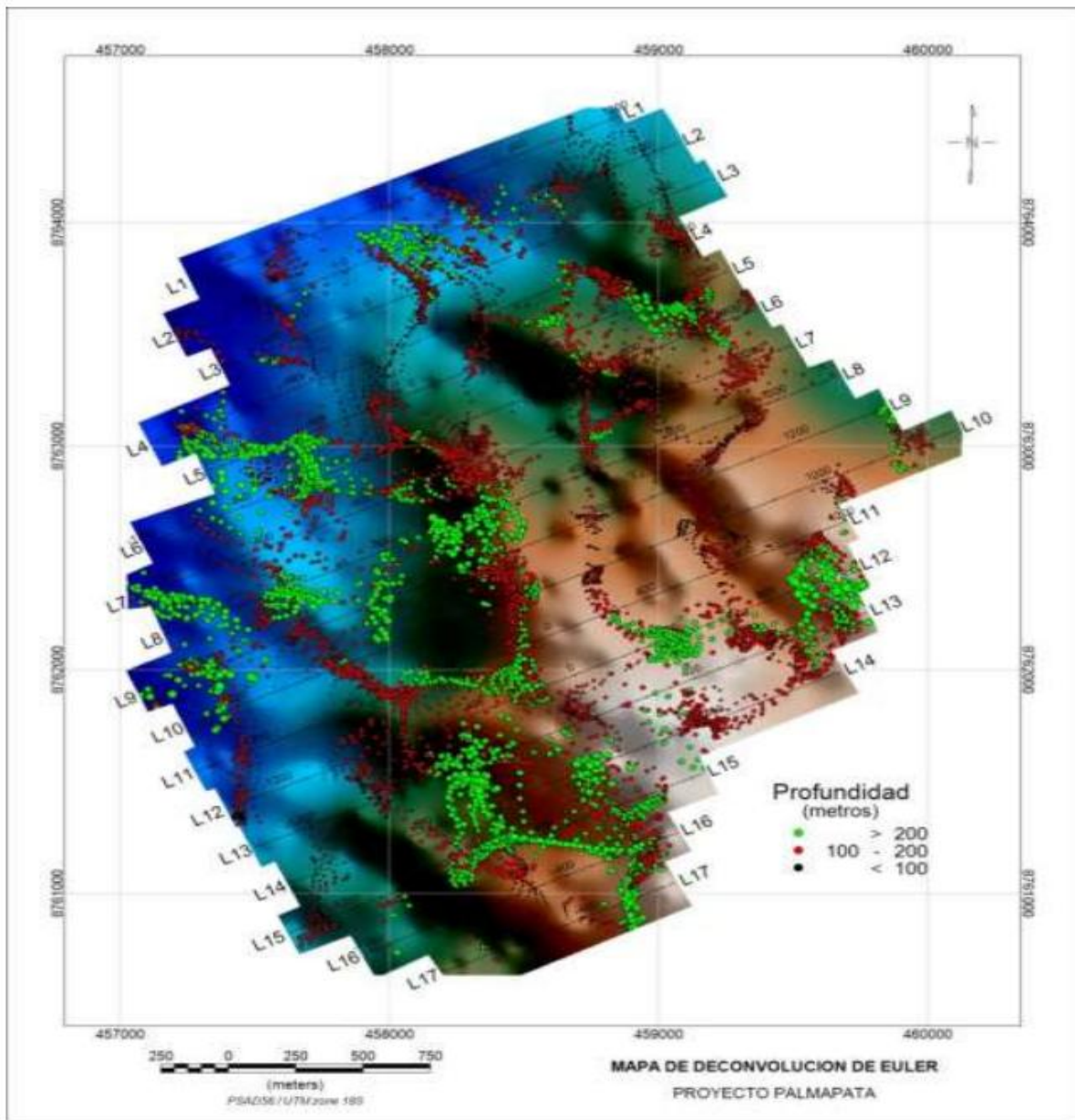


Fuente: Mapa de perfiles recopilados por el investigador.

### *Deconvolución de Euler*

El mapa de Euler presenta valores que oscilan entre 50 y 300 m de profundidad. Las zonas de mayor profundidad se encuentran en el límite intermedio entre los valores altos y bajos de la anomalía residual.

*Figura 24. Mapa de Deconvolución de Euler*

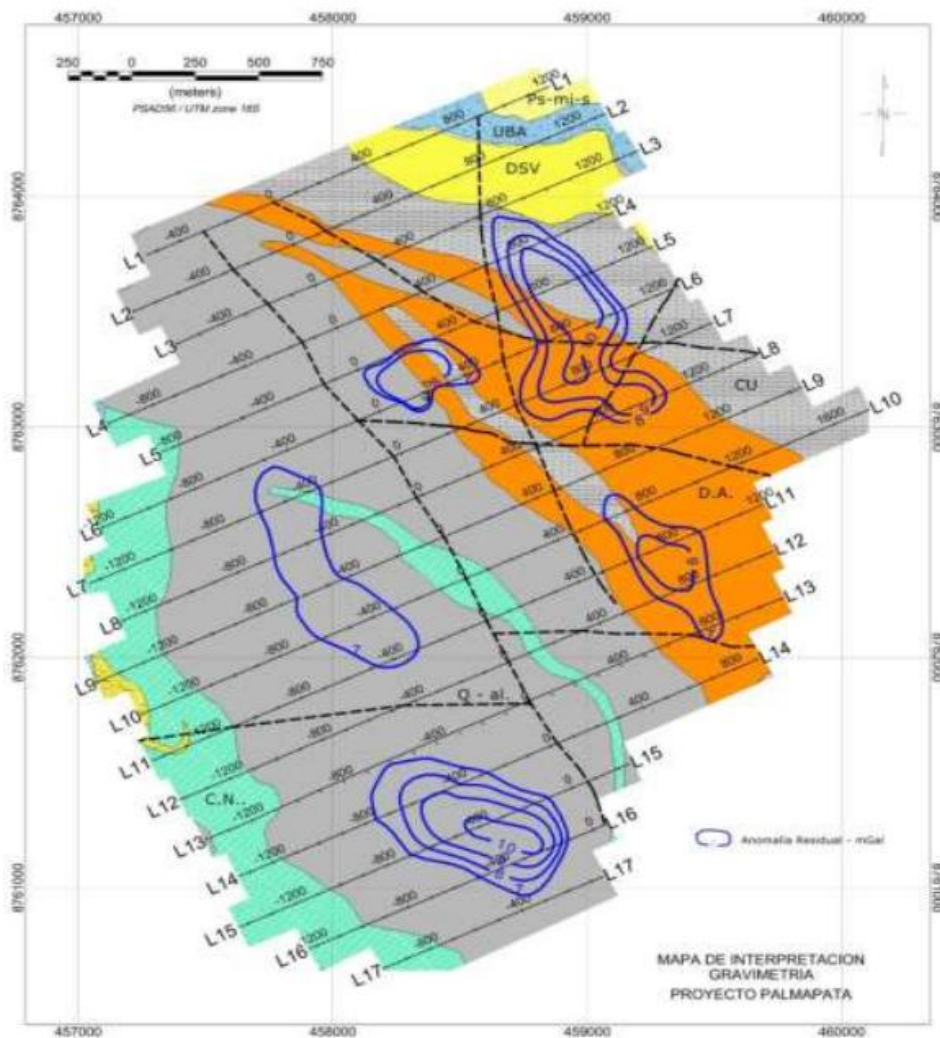


*Fuente: Mapa realizado por el investigador.*

### **Mapa de interpretación**

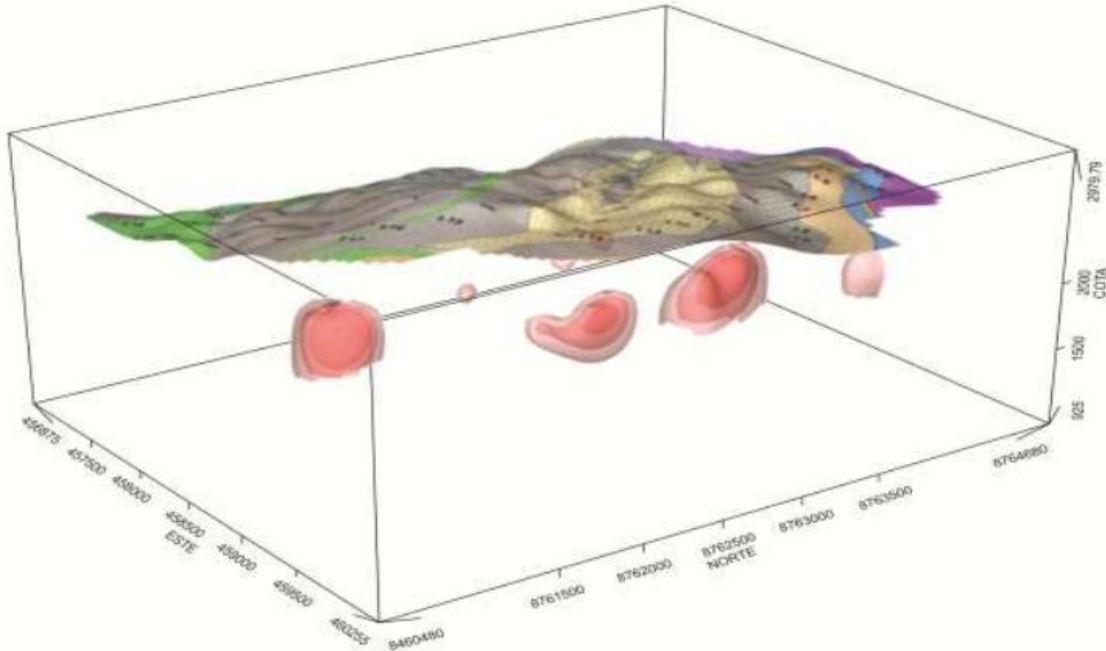
Para una mejor explicación de los resultados se ha elaborado el mapa de interpretación, en donde las líneas isonómalas (color azul) indican la presencia de anomalías residuales importantes, dichas anomalías están distribuidas en forma elíptica y controladas estructuralmente. La explicación de las anomalías indicaría la presencia de rocas con densidades mayores que el área circundante.

*Figura 25. Mapa de Interpretación de Anomalías Residuales*



*Fuente: Mapa realizado por el investigador.*

Figura 26. Isométrico de Anomalías Gravimétricas - vista en 3D



Fuente: Isométrico realizado por el investigador.

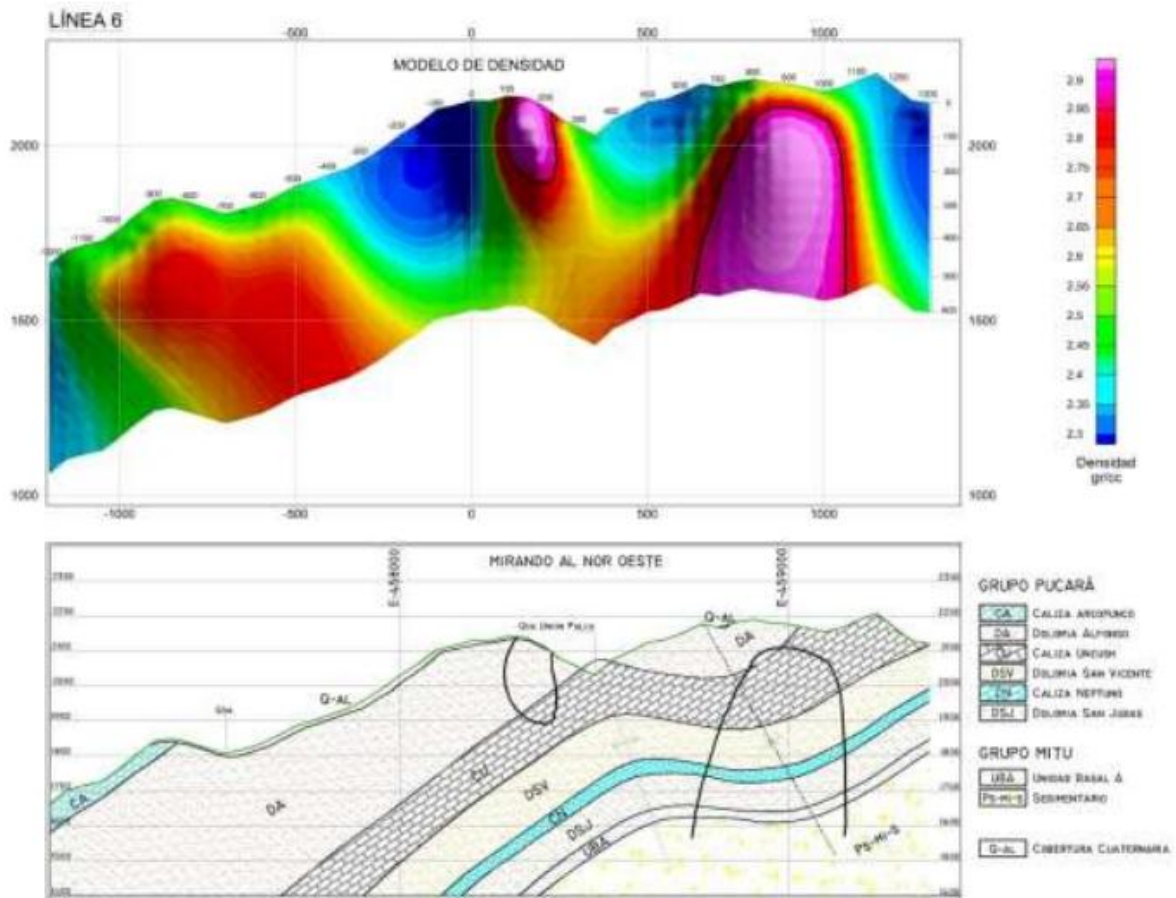
### **Secciones de inversión**

Para complementar los resultados se ha realizado un trabajo de inversión de gravedad 3D con el programa GRAV3D (UBC) del cual se han extraído secciones (ver secciones).

### **Línea 6**

En la sección se observa dos anomalías de densidades altas, la primera se encuentra cerca de la superficie y se ubica entre las estaciones 100 y 200 y la segunda anomalía más importante se encuentra al NE a una profundidad de 100 metros y está ubicada entre las estaciones 800 a 1000. Existe también una tercera anomalía de densidad moderada que se ubica entre las estaciones -1000 a - 400.

Figura 27. Sección de Inversión - Línea L6

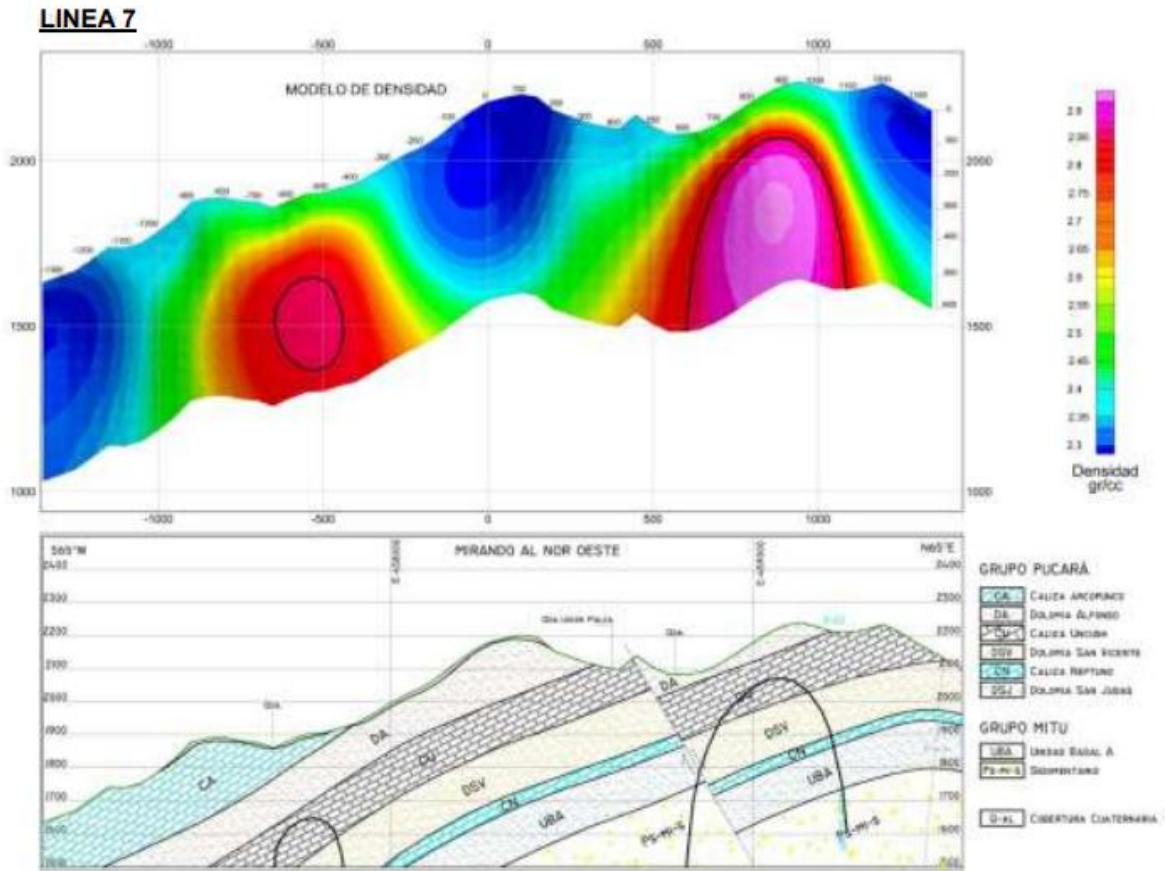


Fuente: Sección realizado por el investigador

### Línea 7

Al NE de la sección se ubica la anomalía de densidad alta entre las estaciones 700 a 900, y se encuentra a una profundidad de 100 metros aproximadamente, la cual está controlada por un lineamiento estructural. Al SW entre las estaciones -500 a -600 de encuentra la anomalía moderada en profundidad.

Figura 28. Sección de Inversión- Línea L7

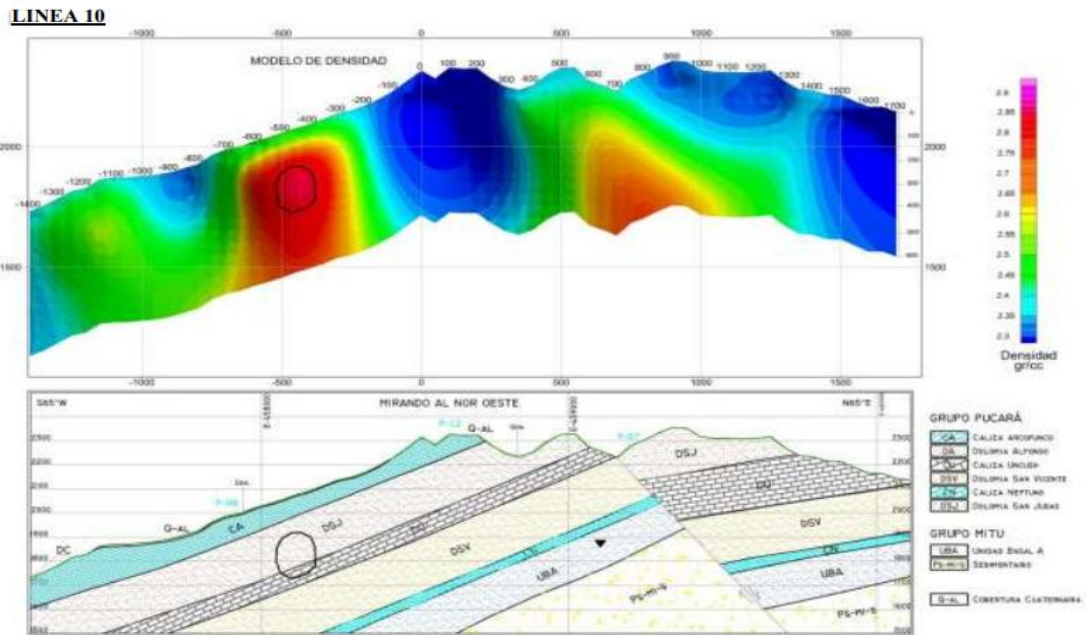


Fuente: Sección realizado por el investigador

### Línea 10

El aspecto más importante de esta sección es la anomalía de densidad moderada que se superpone sobre la falla y se ubica en la estación 700, también se observa al SW la anomalía de densidad moderada/alta que se encuentra en la estación -500.

Figura 29. Sección de Inversión Línea L10

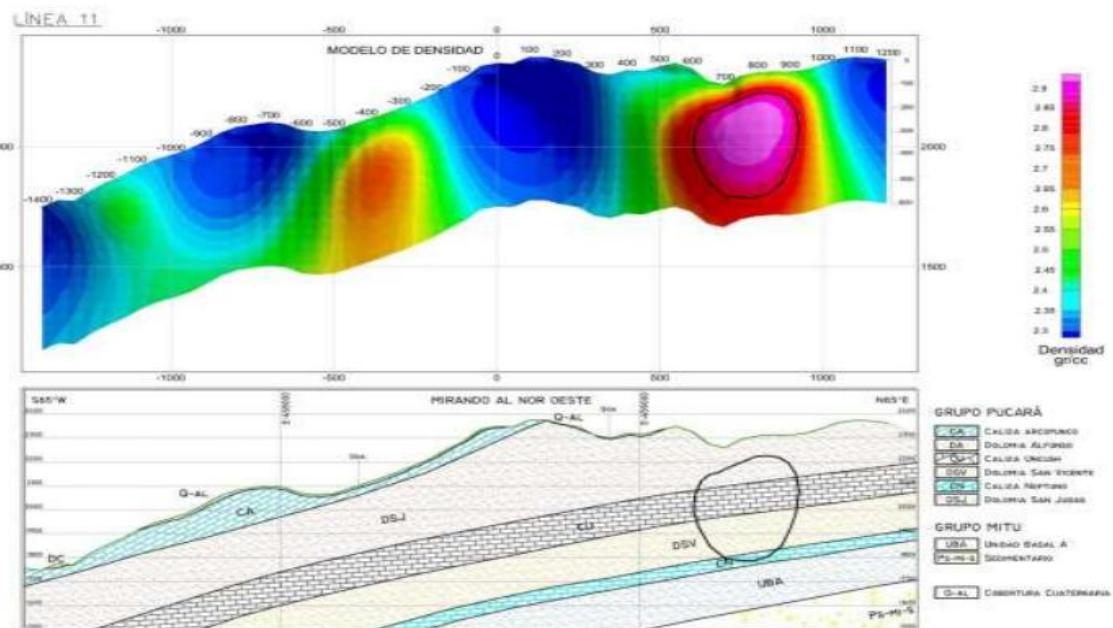


Fuente: Sección realizado por el investigador

### Línea 11

Al NE de la sección, en la estación 700 se muestra claramente la anomalía de densidad alta, que se caracteriza por su extensión y profundidad

Figura 30. Sección de Inversión Línea- L11

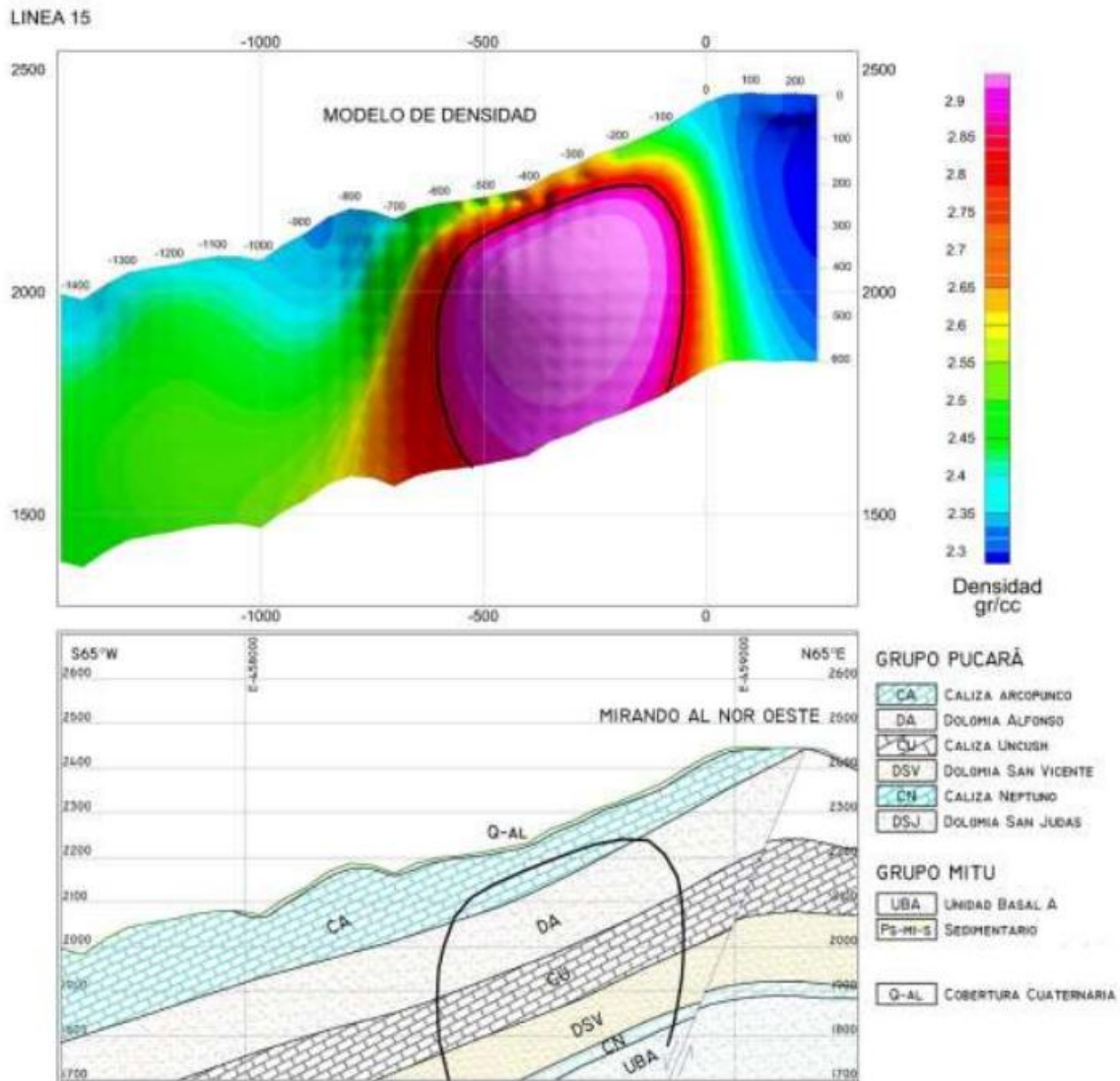


Fuente: Sección realizado por el investigador

## Línea L15

Esta sección muestra claramente una anomalía de densidad alta que se encuentra entre las estaciones -500 a -200 aproximadamente, la anomalía tiene una considerable extensión y se observa zonas de densidad baja a ambos extremos de la anomalía alta.

Figura 31. Sección de Inversión- Línea L15



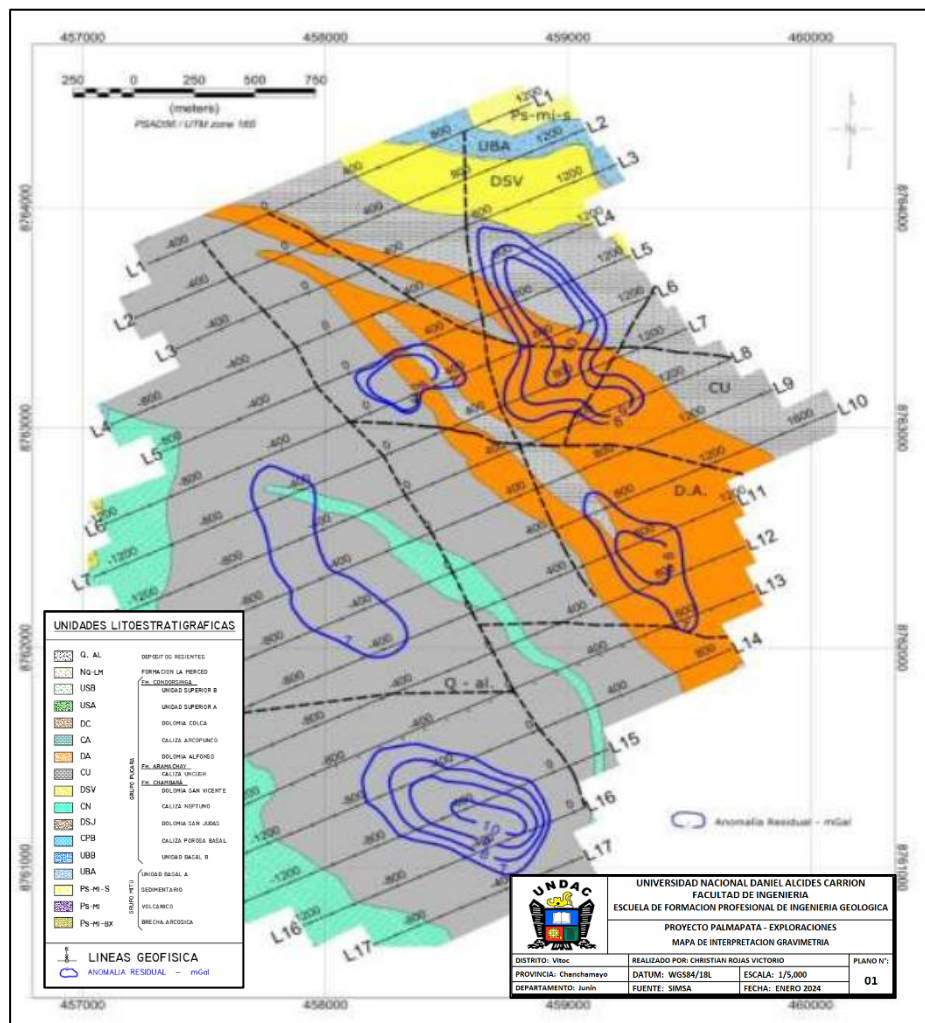
Fuente: Sección realizado por el investigador

## Interpretación general

### Mapa global de interpretación

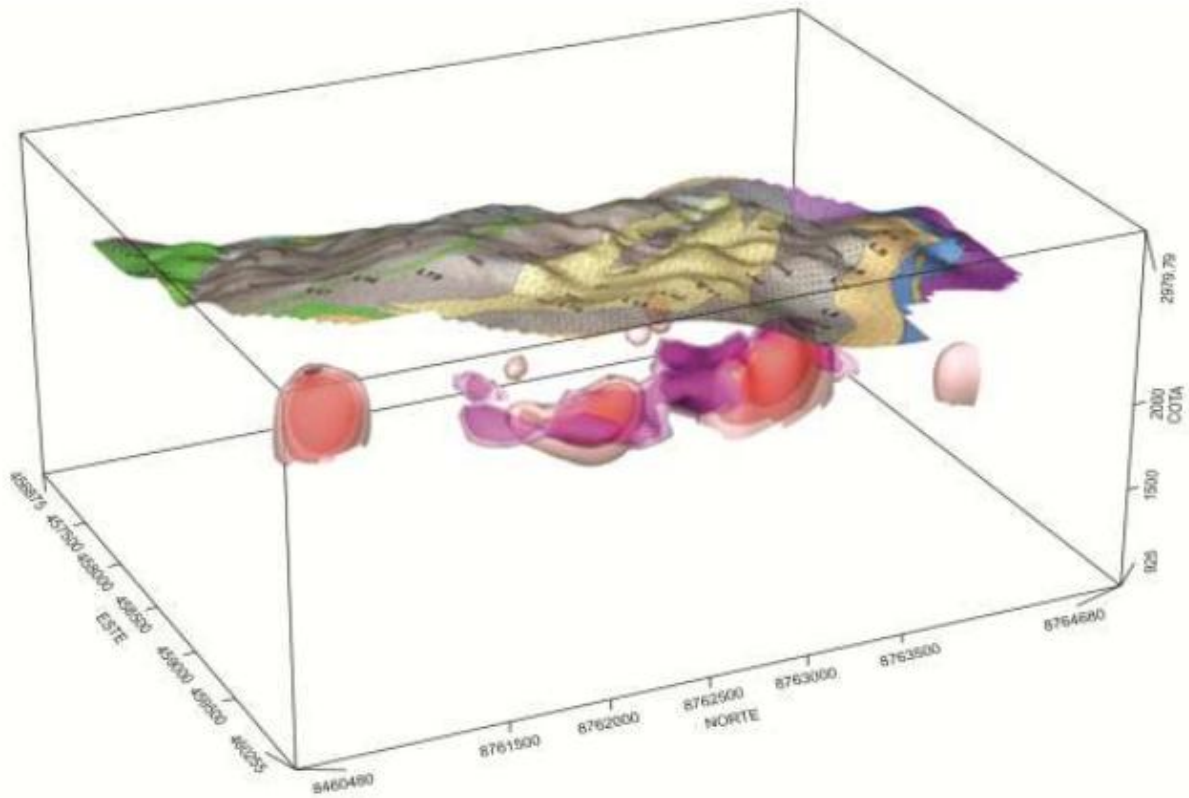
La estructura polarizable (contorno negro) guardan relación con las anomalías gravimétricas (contorno azul), que están controladas por el sistema de lineamientos que reflejarían controles estructurales favorables para la inyección de alteración y mineralización. Dicha correlación presenta los mejores objetivos para la exploración geológica.

Figura 32. Mapa global de Interpretación de Polarización Inducida – Gravimetría-Geología.



Fuente: Mapa realizado por el investigador

*Figura 33. Composito de las anomalías de polarización inducida (color morado) y gravimetría (color anaranjado) vista en 3D.*

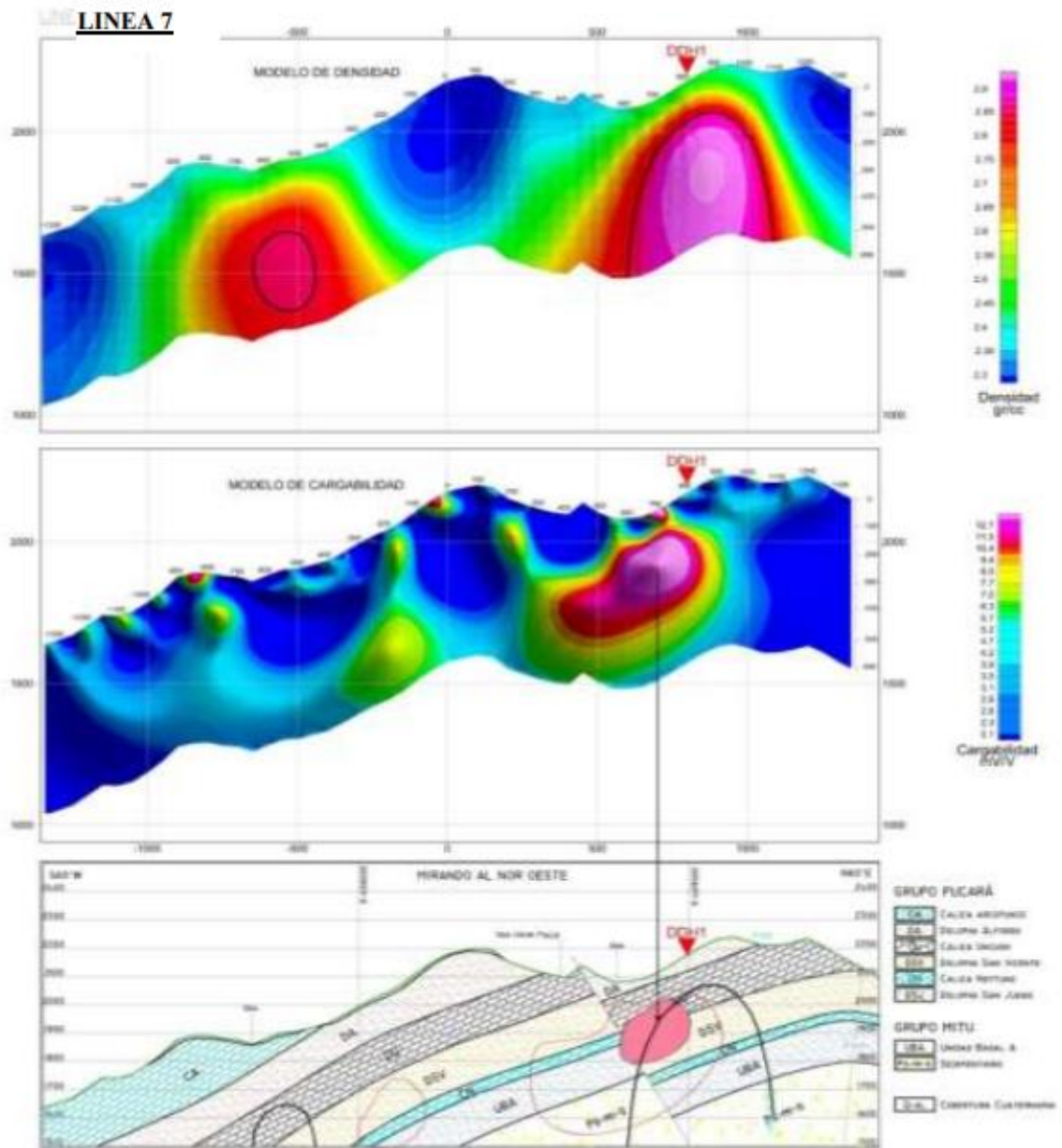


*Fuente: Modelado realizado por el investigador*

### ***Correlación de las secciones de interpretación***

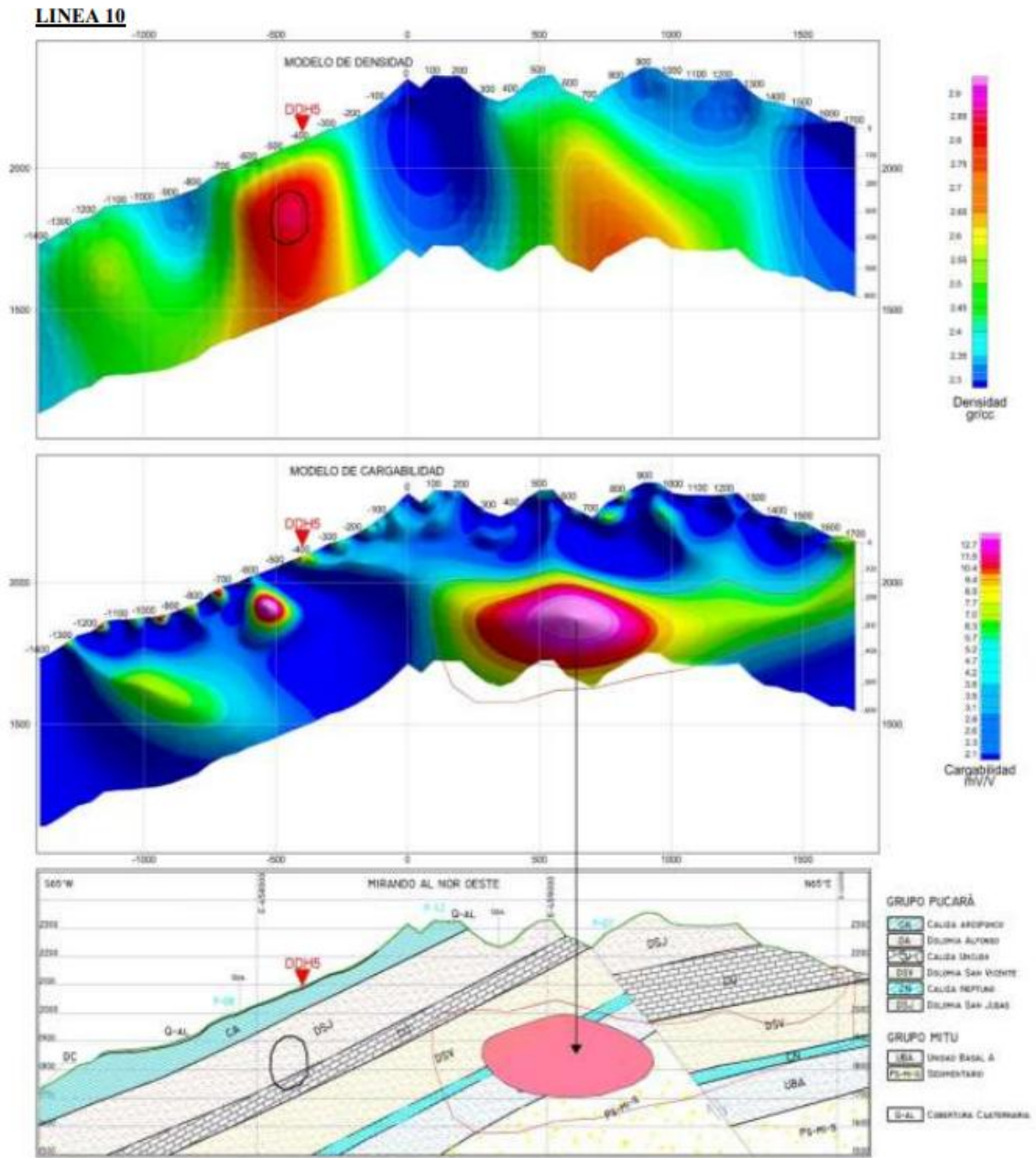
En las secciones de interpretación de gravimetría y de polarización inducida se han definido las anomalías más puntuales para la ubicación de las perforaciones exploratorias.

Figura 34. Secciones de correlación de gravimetría-polarización inducida-geología.



Fuente: Sección realizado por el investigador

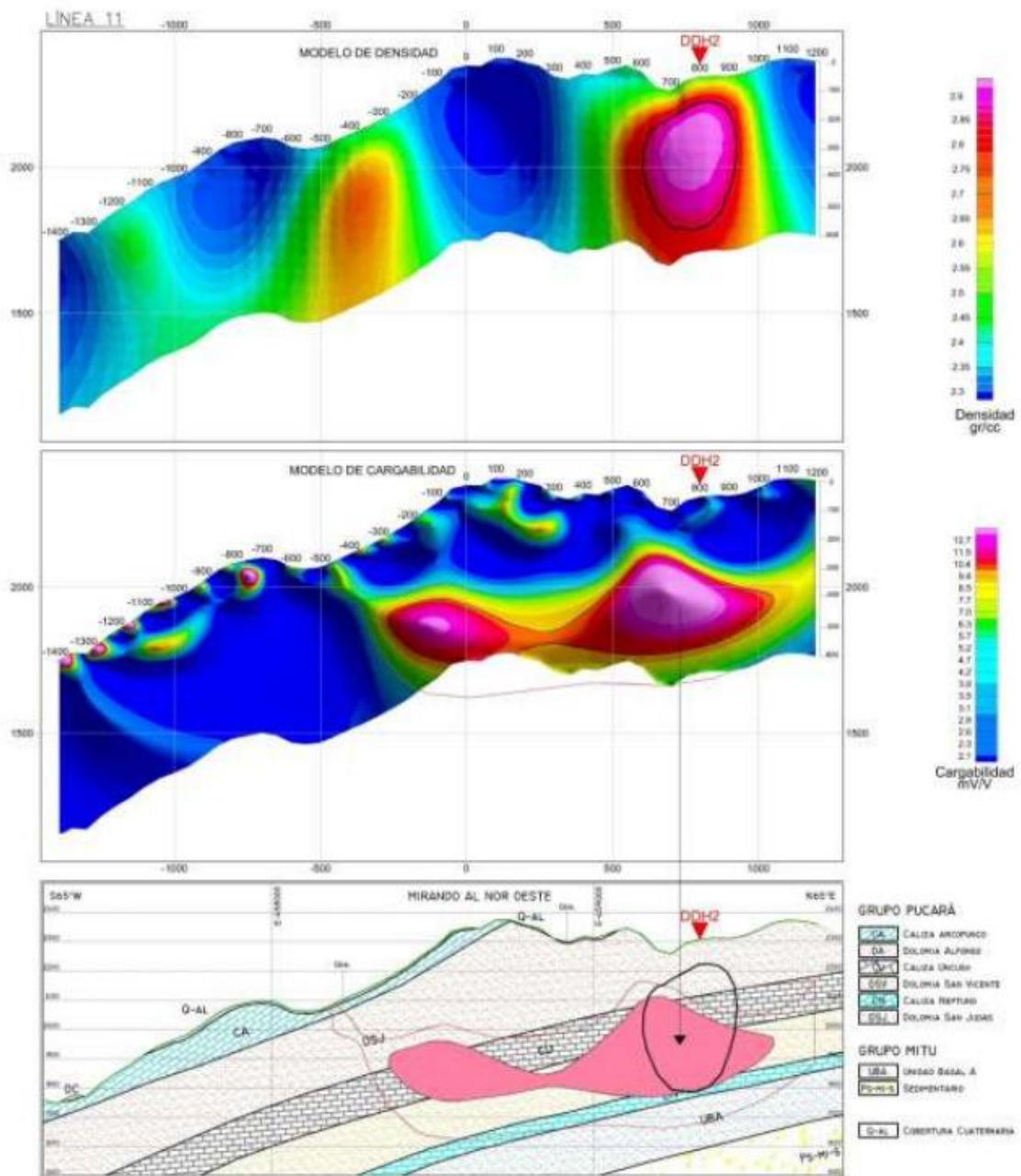
Figura 35. Secciones de correlación de gravimetría-polarización inducida-geología.



Fuente: Sección realizado por el investigador

Figura 36. Secciones de correlación de gravimetría-polarización inducida-geología.

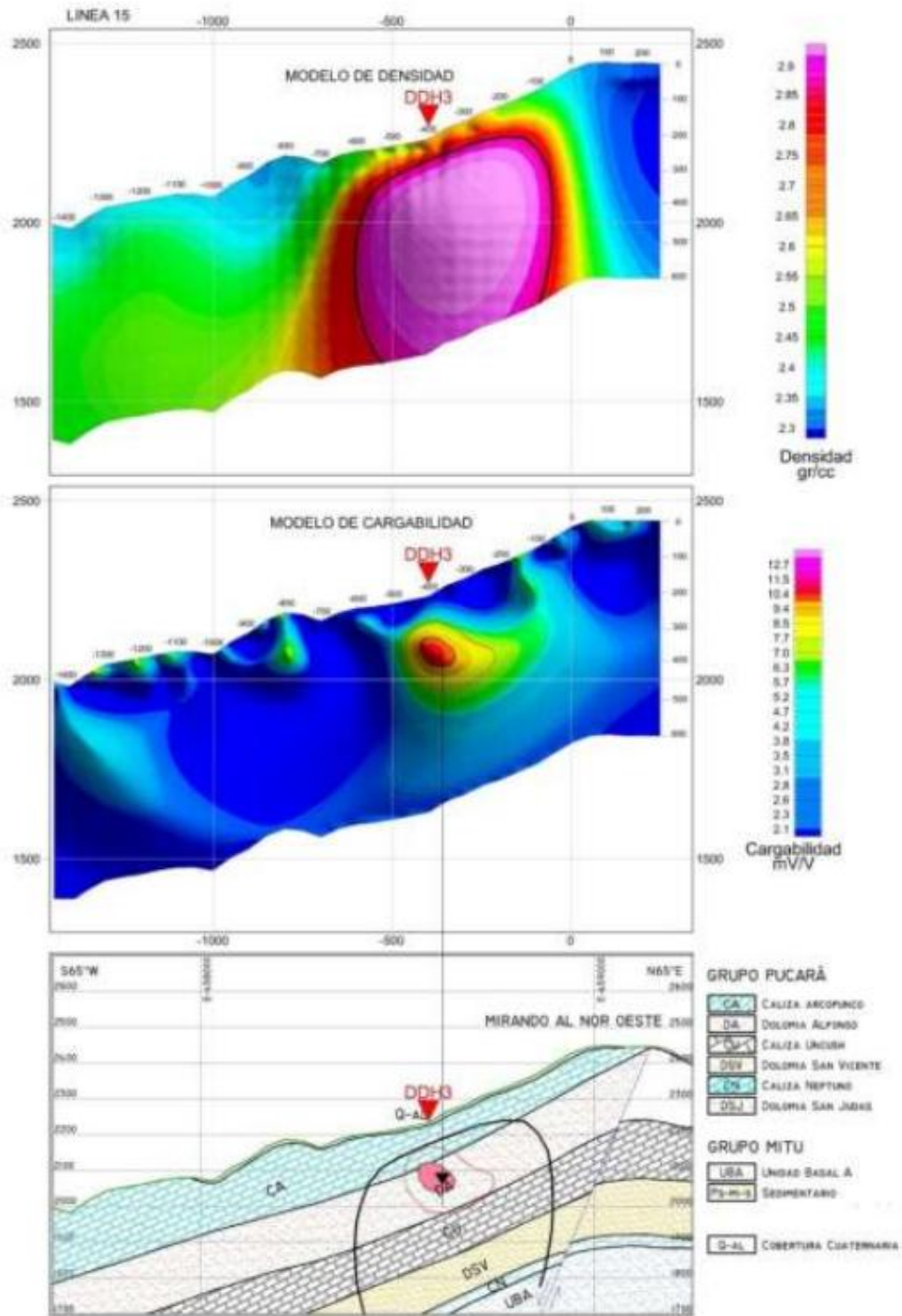
**LINEA 11**



Fuente: Sección realizado por el investigador

Figura 37. Secciones de correlación de gravimetría-polarización inducida-geología.

**LINEA 15**

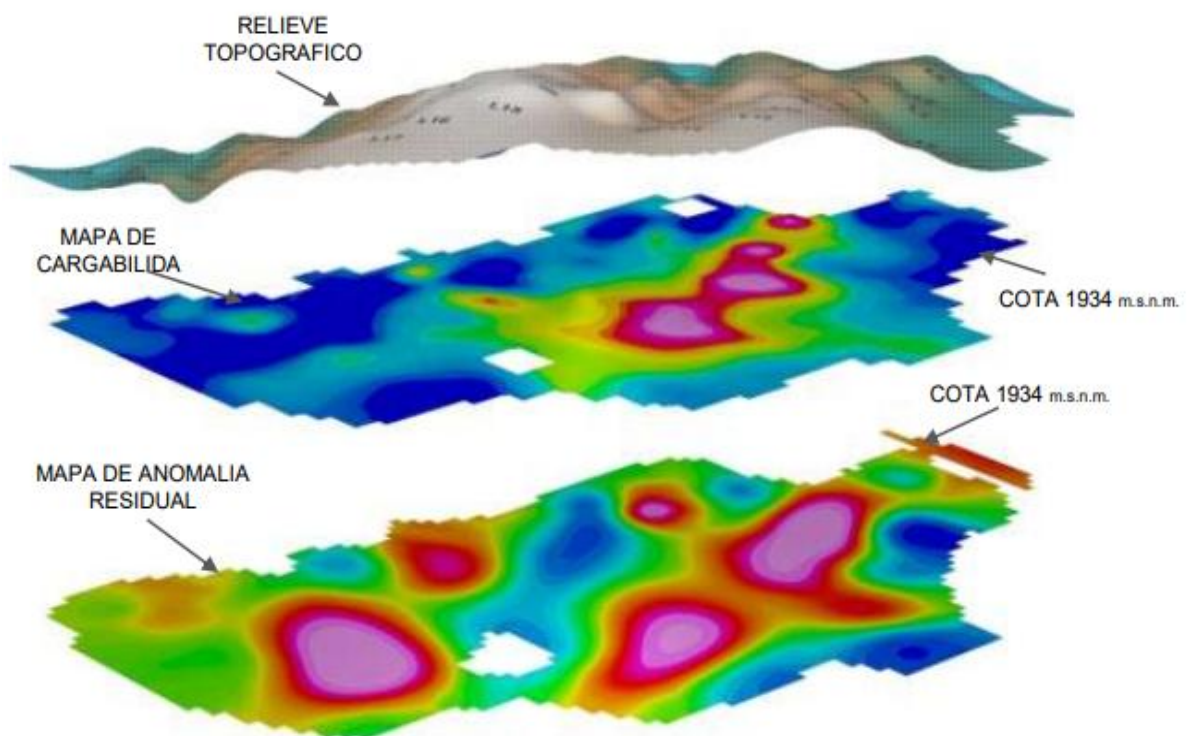




### ***Correlación de gravimetría - polarización inducida en la cota 1934 m.s.n.m.***

La correlación de los diferentes parámetros físicos está aparentemente relacionada en forma directa con la mineralización de sulfuros diseminados.

*Figura 39. Correlación de los mapas de gravimetría y de polarización inducida en cota 1934 m.s.n.m.*



*Fuente: figura de correlacion realizado por el investigador*

#### **4.1.9. Gravimetría en la zona Orcopunco 2515**

##### ***Proyecto Palmapata***

La zona Orcopunco 2515 se encuentra ubicada al sur del Proyecto Palmapata y al norte de la mina San Vicente. Específicamente, se encuentra en la línea geofísica número 9 y 10.

Se seleccionó la zona Orcopunco 2515 por ser el área mas cercana a las infraestructuras de la Mina San Vicente y también la zona con anomalía geofísica gravimétrica más cercana.

Si bien es cierto, las anomalías geofísicas gravimétricas mayores se encuentran más al este y por tanto también más distantes (800 -1000 mts en planta). Los cuales en un futuro serán exploradas mediante Perforación Diamantina.

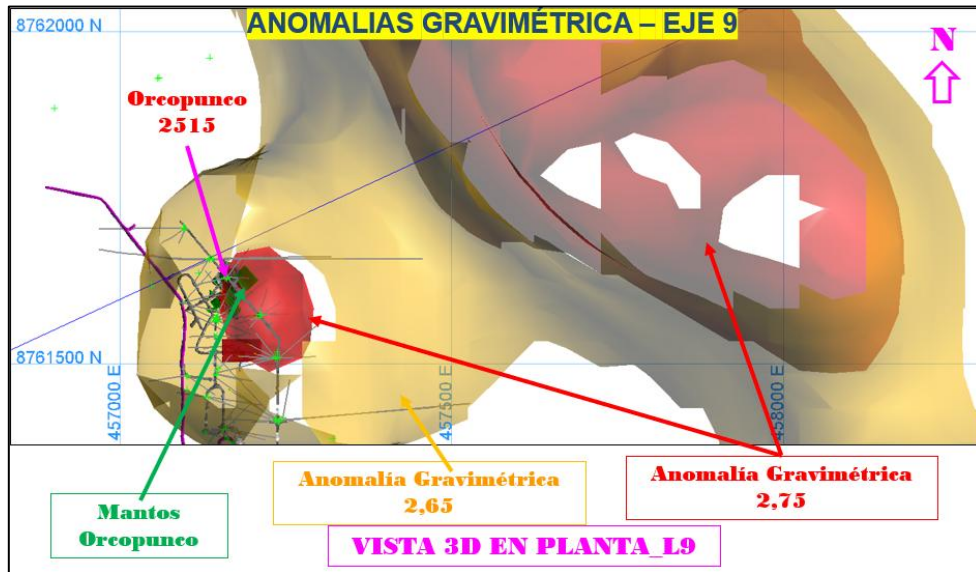
Luego de seleccionar la zona Orcopunco 2515 para confirmar mediante perforación diamantina las anomalías geofísicas gravimétricas. Se desarrollo el programa de avance con laboreo de la Gal 1275 (Desde ahí se realizó la perforación diamantina) y las Rampas 1280 y posteriormente la Rampa. 2515.

La perforación diamantina de la Gal.1275 intercepto estructuras mineralizadas, confirmando así la relación con las anomalías geofísicas gravimétricas en ese sector (Orcopunco 2515). Es así que se da prioridad al laboreo de las rampas y accesos y a continuar explorando mediante sondajes diamantinos.

De los cálculos de recursos a la actualidad (enero 2024) se tiene un total de 60,542 TMS con leyes de 4.03%Zn. En los mantos Ayala, Jesús, AIII, AII, AI. De los laboreos mineros en pisos se evidencia que, a mayor profundidad, las leyes mejoran >5.00%Zn.

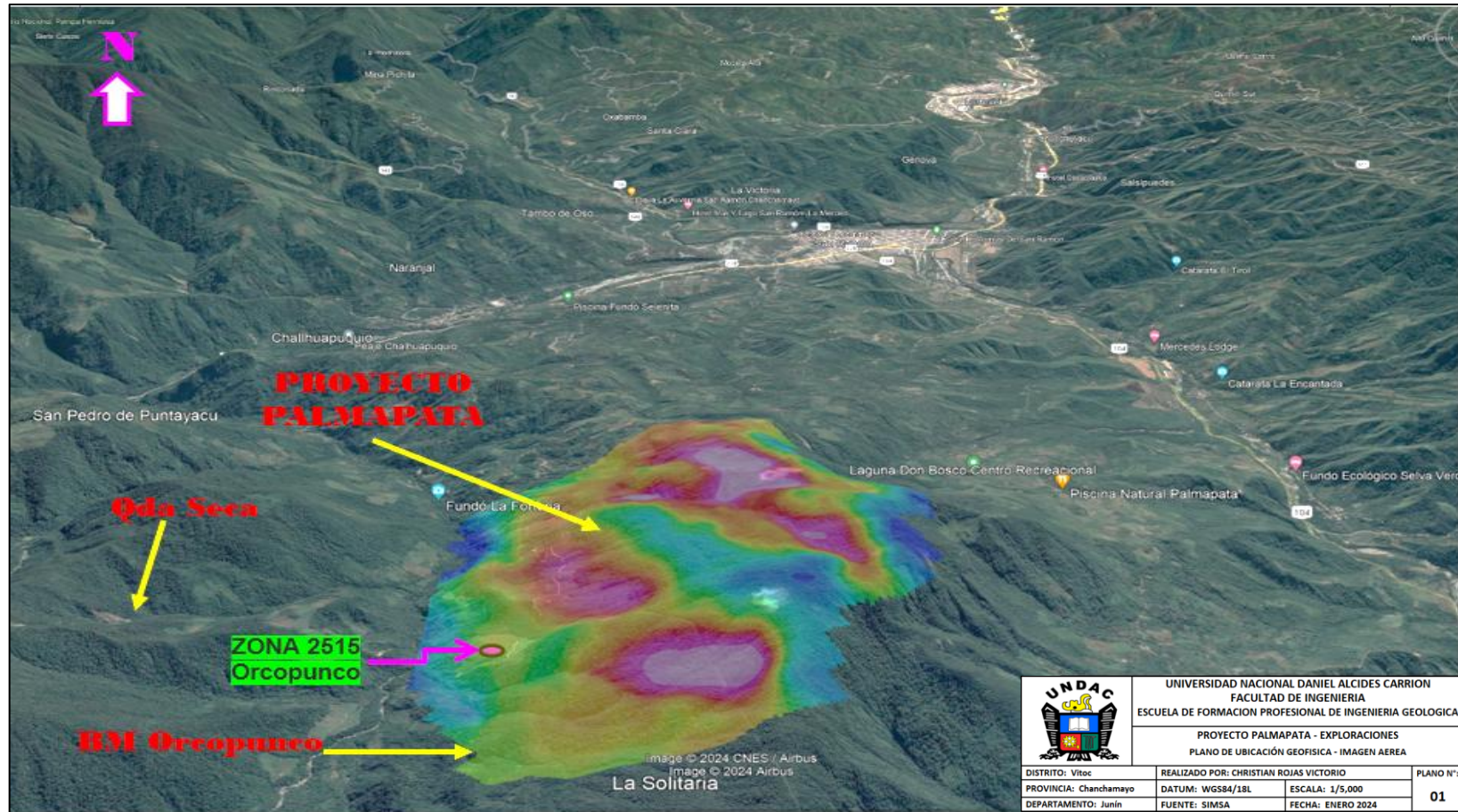
Este sector Orcopunco 2515 como prueba de mineralización relacionados a la anomalía geofísica Gravimétrica es importante, ya que es el punto de inicio de posibles mineralizaciones mayores (anomalías gravimétricas al este) las cuales se confirmarán en un futuro mediante Perforaciones Diamantinas ya sean de superficie o interior mina.

Figura 40. Mantos y anomalía geofísica gravimétrica – Orcopunco 2515.



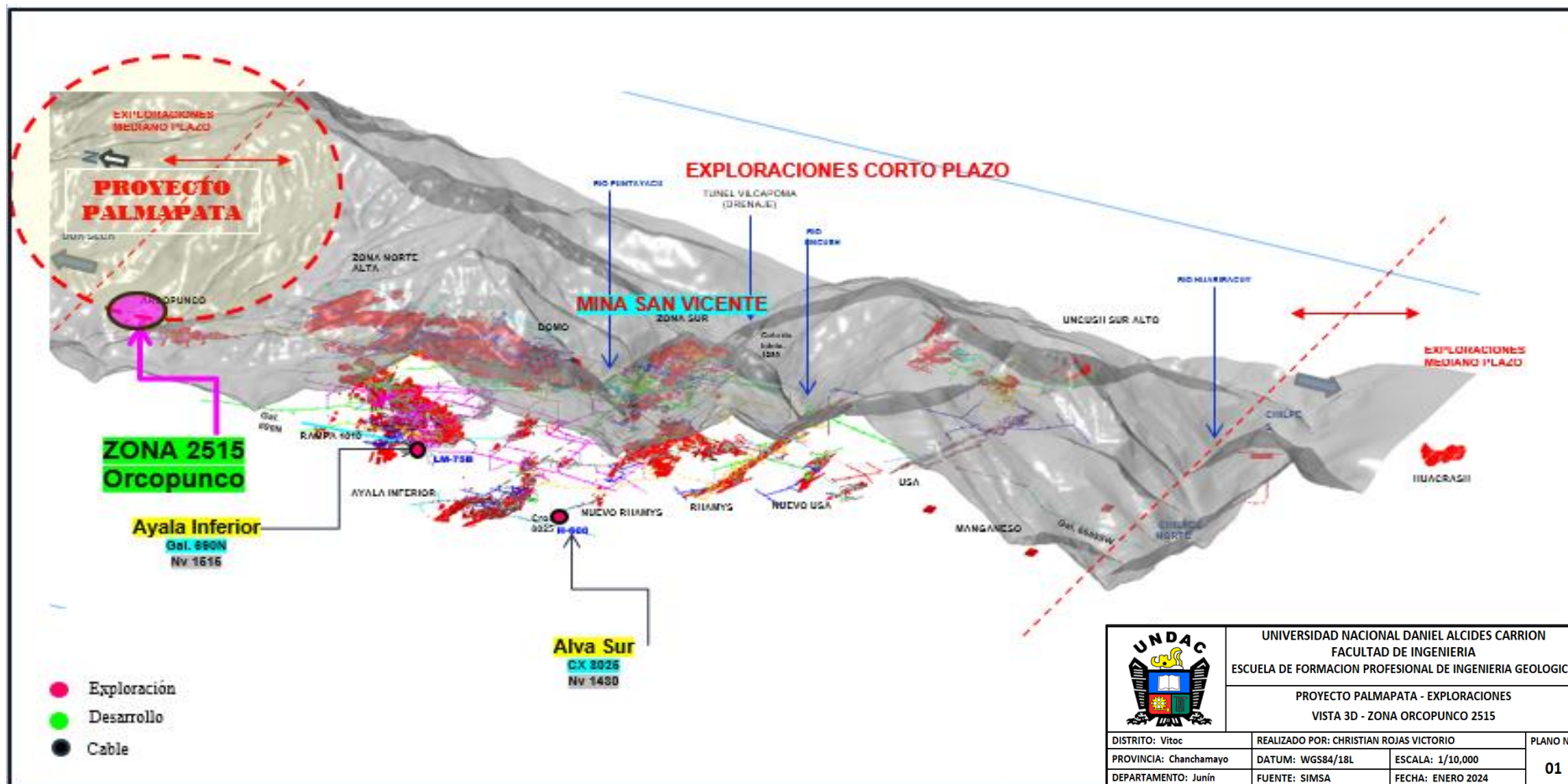
Fuente: Imagen de mantos de anomalías realizado por el autor

Figura 41. Plano de ubicación Geofísica – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.



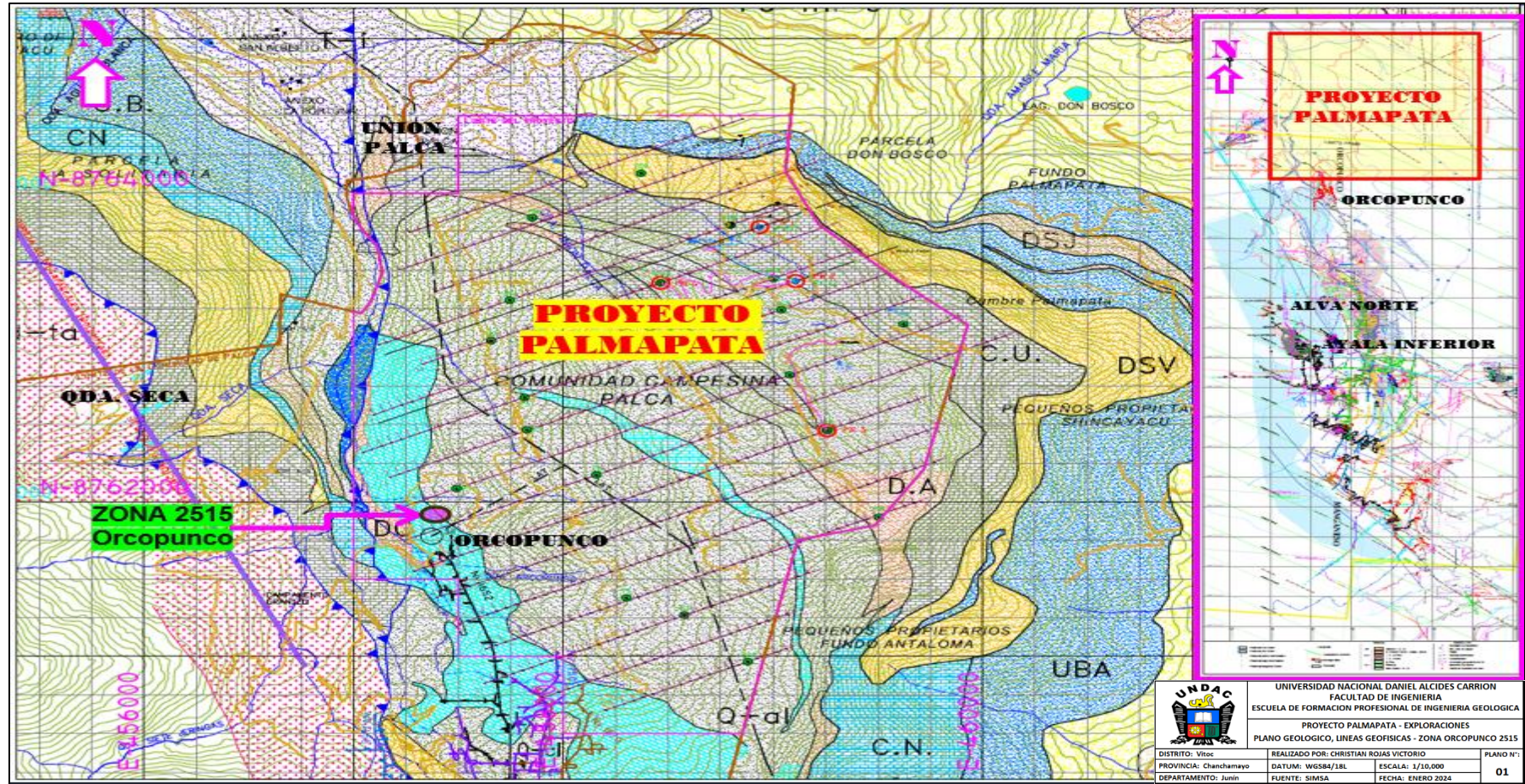
Fuente: Plano de ubicación geofísica recopilado por el autor

Figura 42. Vista 3D – Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515 – Exploraciones Mina San Vicente.



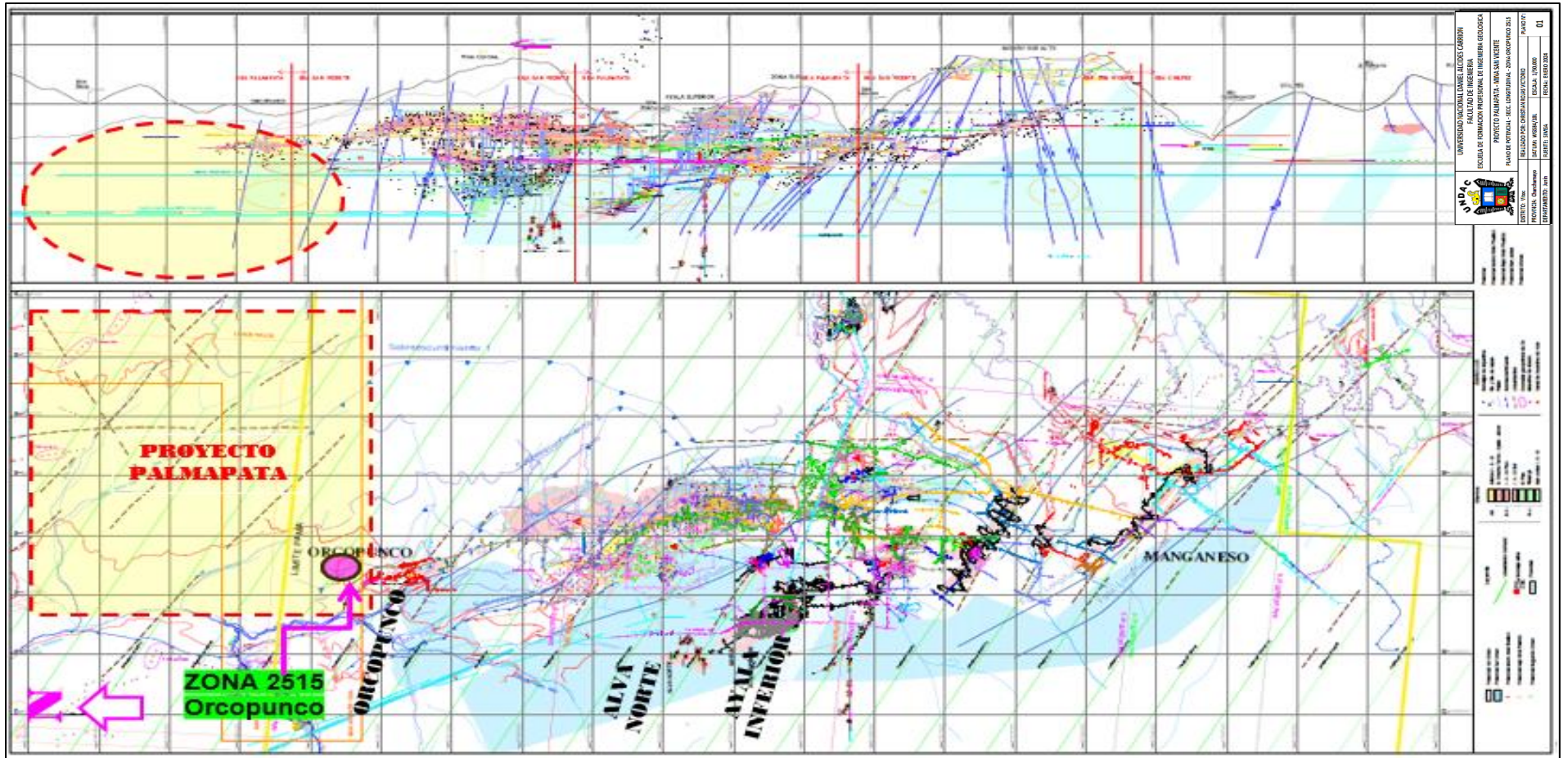
Fuente: Plano integral del proyecto palmapata recopilado por el autor

Figura 43. Plano geológico y Líneas Geofísicas - Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.



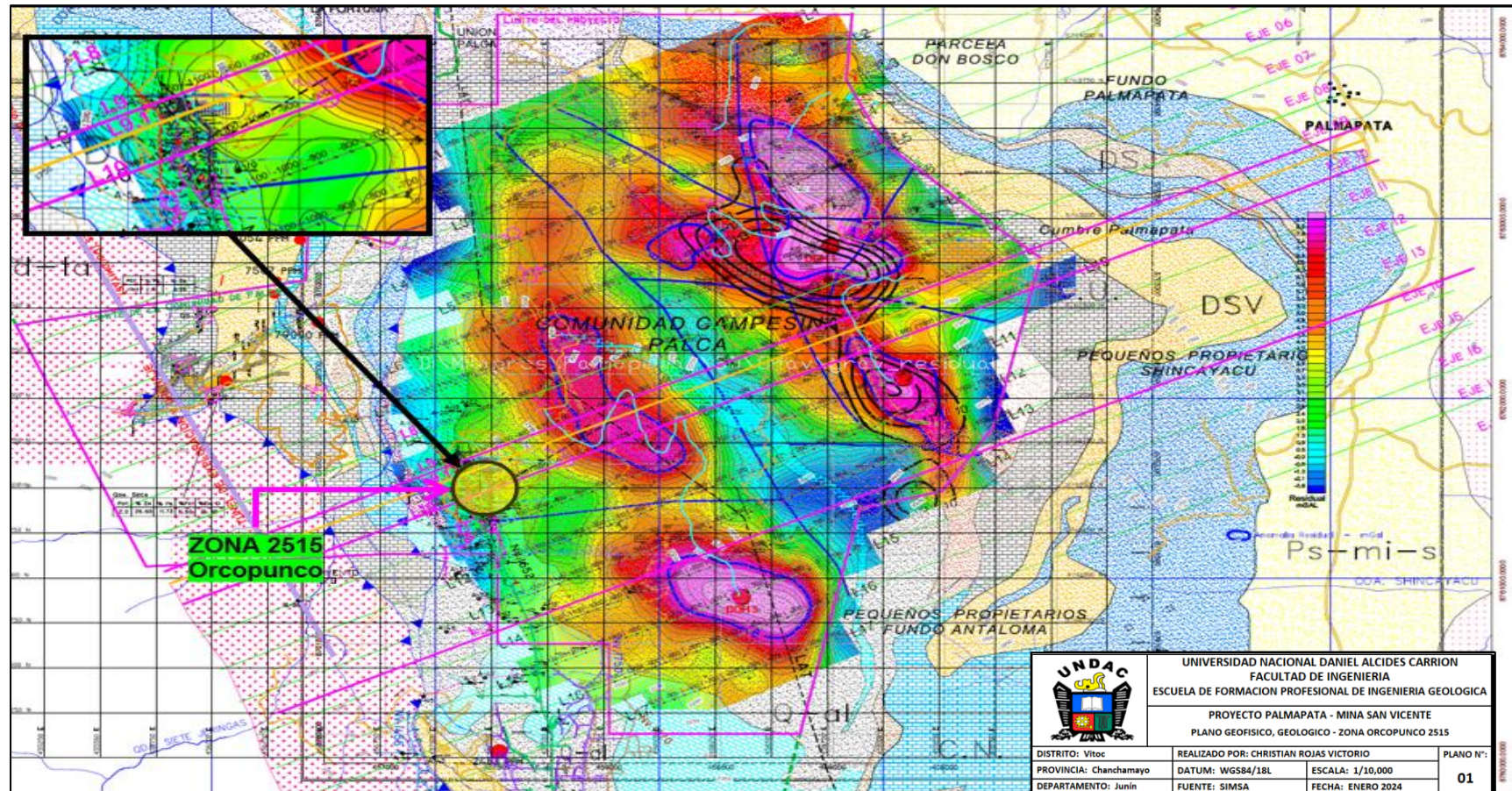
Fuente: Plano geológico realizado por el investigador

Figura 44. Plano de Potencial Secc. Longitudinal - Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.



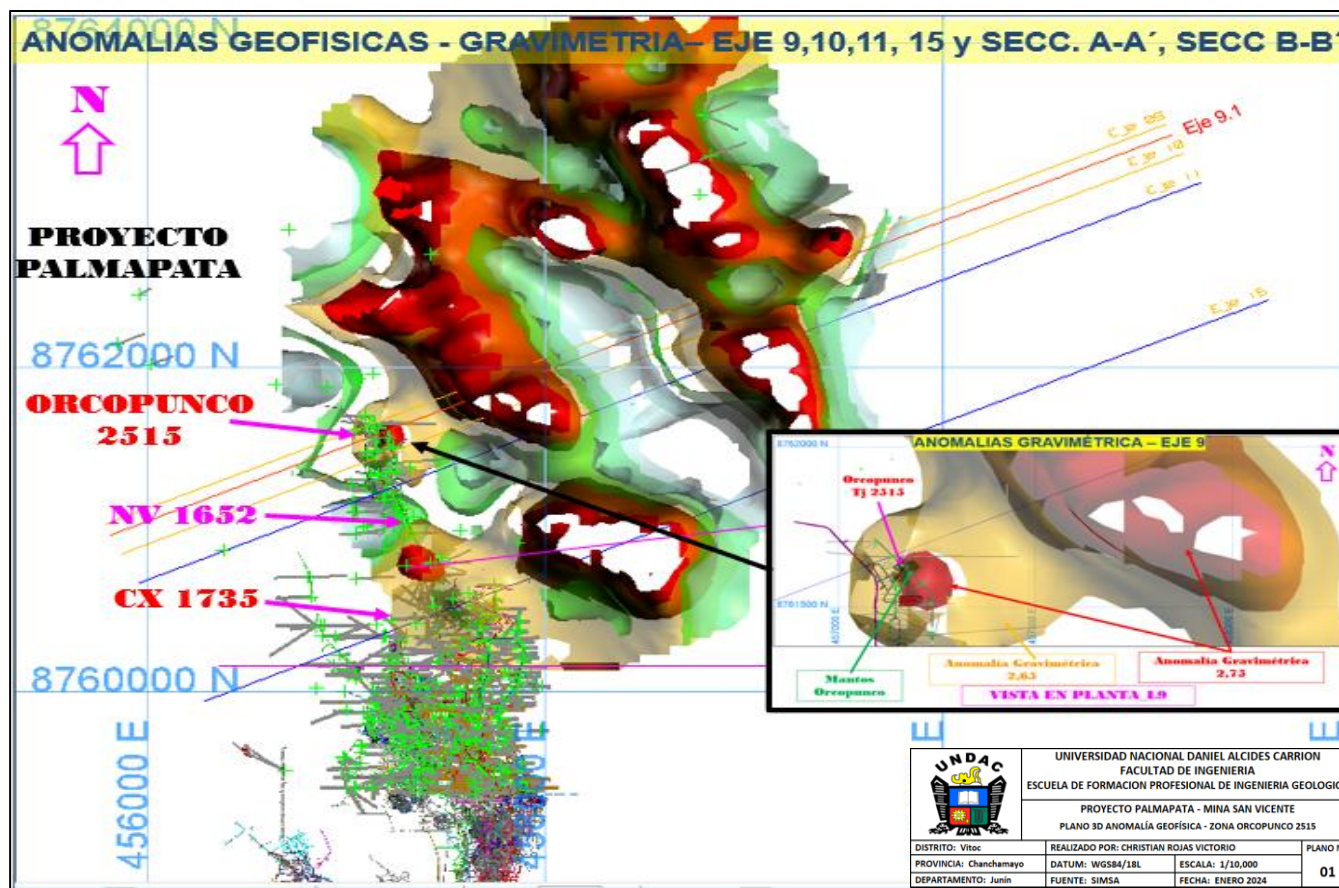
Fuente: Plano potencial realizado por el investigador

Figura 45. Plano Geofísico, Geológico - Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515..



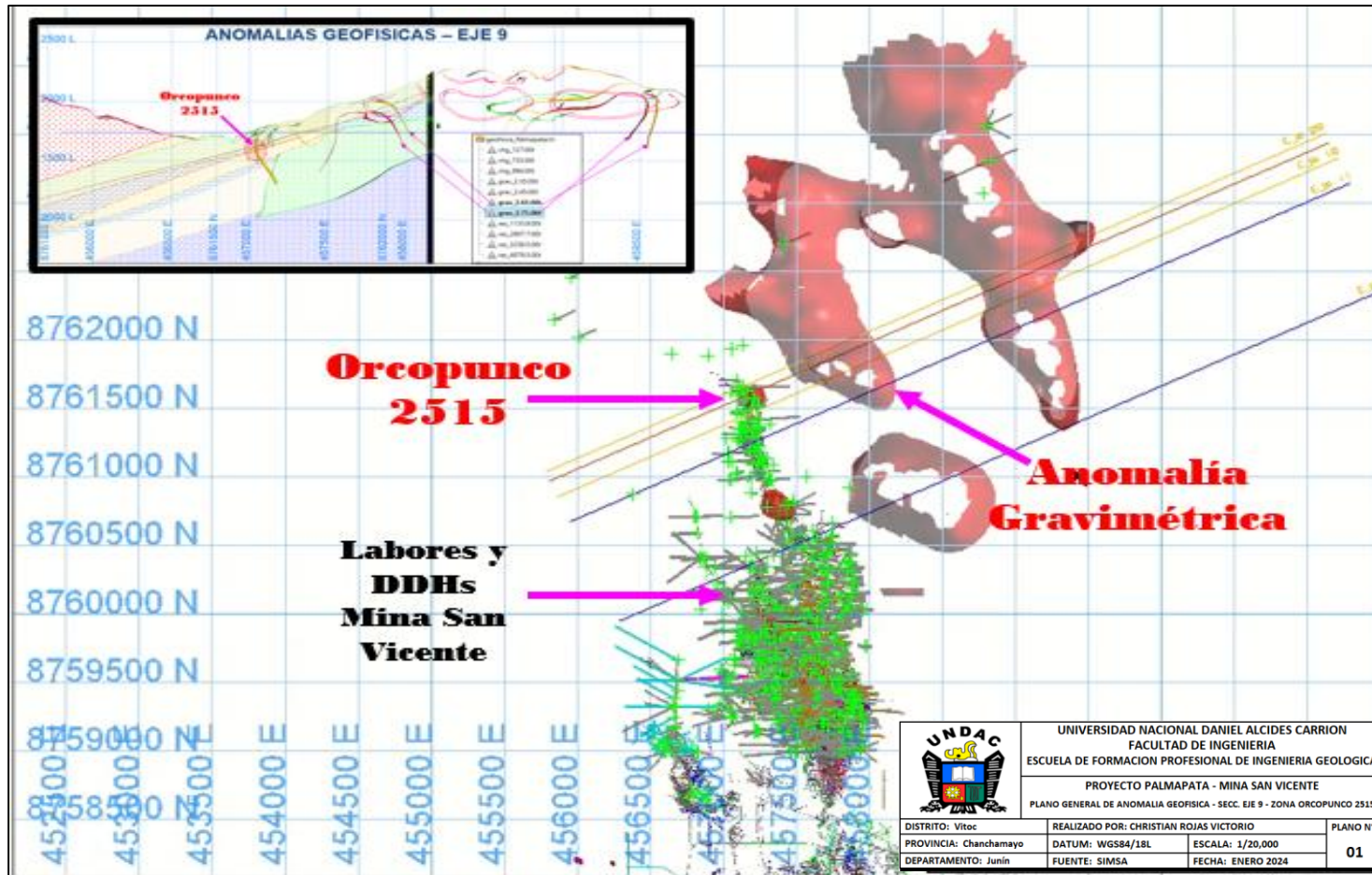
Fuente: Plano Geofísico geológico realizado por el investigador

Figura 46. Plano 3D Anomalia Geofisica, Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.



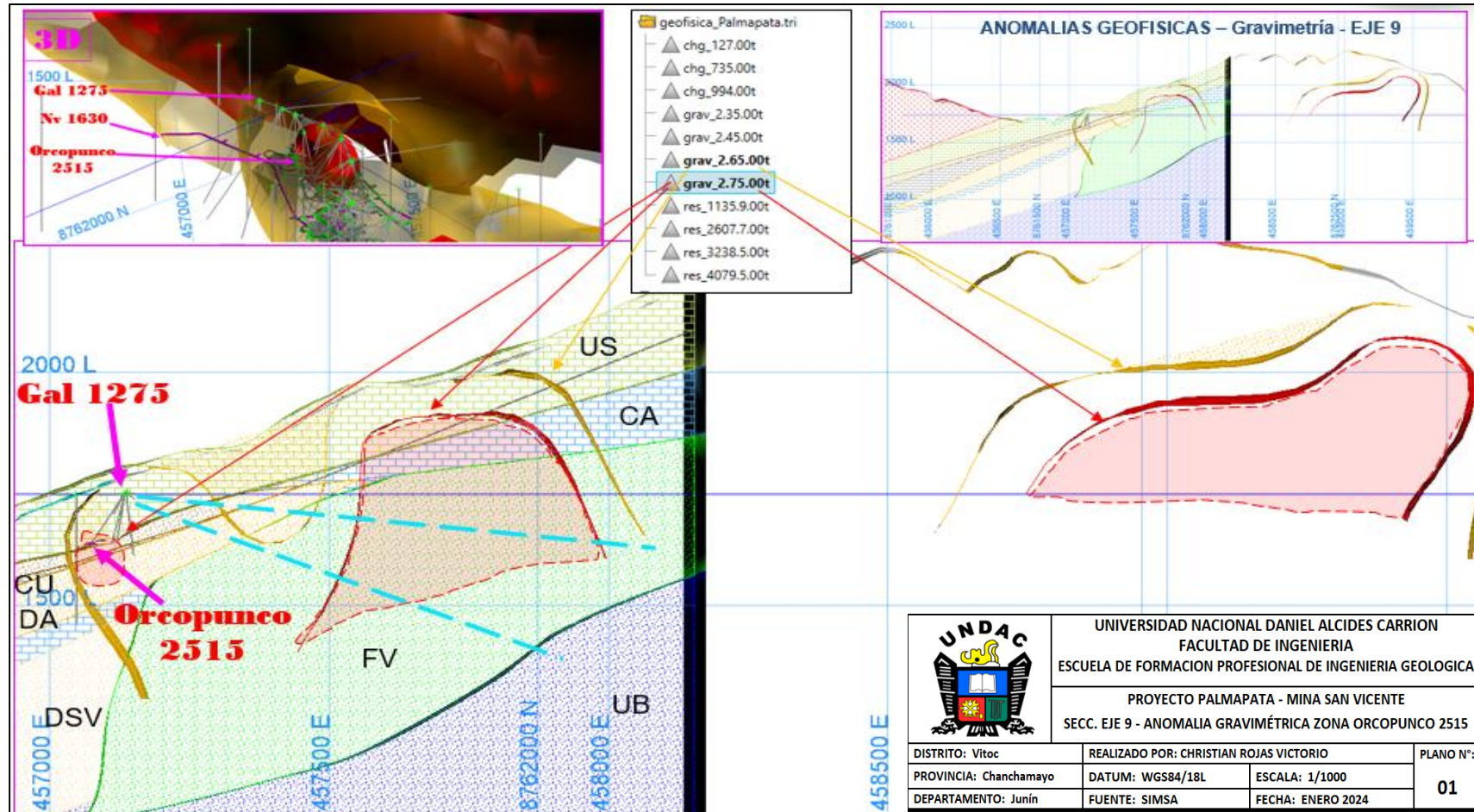
Fuente: Plano 3D de las anomalías geofísicas realizado por el investigador

Figura 47. Plano General de Anomalia Gravimétrica- Secc. Eje 9 - Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515.



Fuente: Plano general de anomalías realizado por el investigador

Figura 48. Sección Eje 9 Anomalia Gravimétrica, Proyecto Palmapata Zona Orcopunco 2515



Fuente: Sección Anomalia Gravimétrica realizado por el investigador.

#### 4.1.10. Cálculo de recursos Orcopunco 2515

De la campaña de perforación en la Zona Orcopunco 2515. Acompañados la información de laboreo (Tj 2515). Se tiene un cálculo de recursos siguientes:

*Tabla 5. Recursos de mineral por manto*

RESUMEN DE RECURSOS DE MINERAL POR MANTOS SECTOR 6: ORCOPUNCO				
MANTO	RECURSOS	TMS	% Zn	% Pb
AIII	MEDIDO	104	1,68	0,03
AYA	MEDIDO	1.451	3,77	0,06
JES	MEDIDO	13.470	4,93	0,19
<b>Total general</b>		<b>15.025</b>	<b>4,79</b>	<b>0,17</b>
MANTO	RECURSOS	TMS	% Zn	% Pb
AII	INDICADO	964	3,30	0,07
AIII	INDICADO	4.235	2,03	0,10
AYA	INDICADO	835	4,21	0,07
JES	INDICADO	11.609	4,86	0,18
<b>Total general</b>		<b>17.643</b>	<b>4,06</b>	<b>0,15</b>
MANTO	RECURSOS	TMS	% Zn	% Pb
AI	INFERIDO	303	2,53	0,04
AII	INFERIDO	3.582	3,21	0,09
AIII	INFERIDO	6.790	2,35	0,12
AYA	INFERIDO	1.929	2,68	0,09
JES	INFERIDO	15.270	4,39	0,15
<b>Total general</b>		<b>27.874</b>	<b>3,60</b>	<b>0,13</b>

RESUMEN POR MANTOS "ORCOPUNCO"				
MANTO	TMS	% Zn	% Pb	
AI	303	2,53	0,04	
AII	4.546	3,23	0,09	
AIII	11.129	2,22	0,11	
AYA	4.215	3,36	0,08	
JES	40.349	4,70	0,17	
<b>Total general</b>	<b>60.542</b>	<b>4,03</b>	<b>0,15</b>	

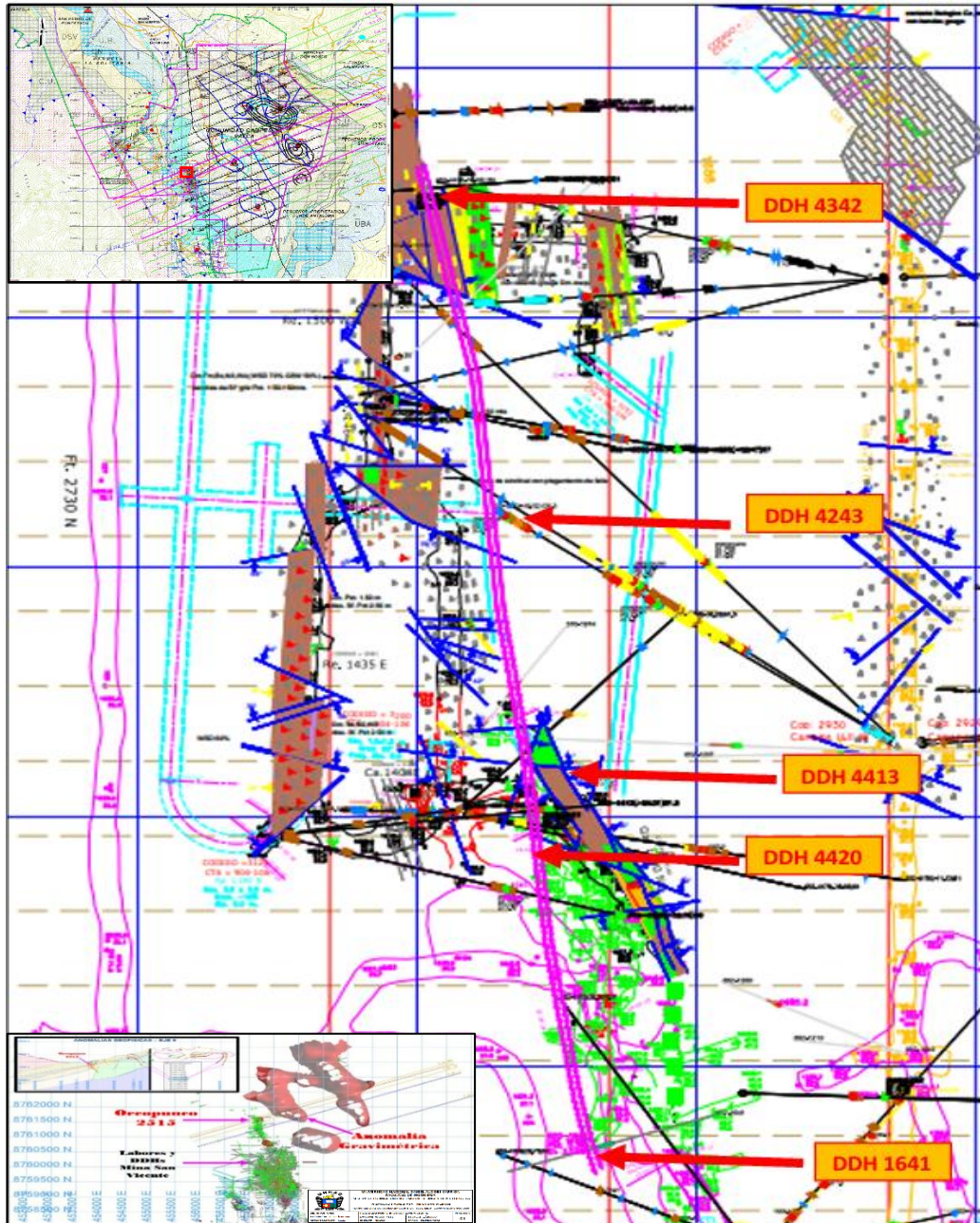
RECURSOS DE MINERAL "ORCOPUNCO"				
RECURSOS	TMS	% Zn	% Pb	
MEDIDO	15.025	4,79	0,17	
INDICADO	17.643	4,06	0,15	
INFERIDO	27.874	3,60	0,13	
<b>Total general</b>	<b>60.542</b>	<b>4,03</b>	<b>0,15</b>	

*Fuente: Tabla recursos de mineral por manto realizado por el autor*

En el siguiente grafico se observa el plano de la zona de Orcopunco 2515, en donde se realizaron sondajes diamantinos para corroborar la Anomalía

Geofísica Gravimetría y se desarrollaron laboreos mineros (muestreos sistemáticos de canales) para la extracción de los recursos mencionados en el cuadro superior (Total general 60,542 TMS con leyes por encima de 4,03%Zn).

Figura 49. Plano de ubicación de DDH



Fuente: Plano ubicación de DDHs ejecutados, zona 2515 Orcopunco. Recopiladas por el investigador.

## 4.2. Programación específica

De toda información obtenida a lo largo de estos años (2013 - 2024), se han realizado lo siguiente:

- I. **Año 2012 – 2013:** Se realizaron levantamientos geofísicos de Polarización Inducida – Resistividad y Gravimetría, con la finalidad de poder determinar la continuidad o presencias de anomalías en profundidad, que estén relacionadas a zonas mineralizadas y a estructuras geológicas favorables, y sobre estas programar los sondajes diamantinos. En la mina se tiene el Nv 1652 Orcopunco el cual comunica a superficie.
- II. **Año 2014:** Se realizo perforación diamantina realizada en 3 plataformas desde superficie Al norte del proyecto Palmapata. con un total de 2371m (7 sondajes).
- III. **Año 2016 – 2017:** Se realizo perforación diamantina en 2 plataformas con fines hidrogeológicos, geofísicos y geológicos.  
**EN MINA:** Se desarrolla el programa de avances en la zona Orcopunco: Avanzar la Rampa 1280 y 2515, Galería 1275 (Para la ejecución de sondajes diamantinos a la zona Orcopunco 2515), para direccionar a las anomalías gravimétricas y correlación de los mantos Alfonso y San Vicente.
- IV. **Año 2018 – 2019:** Se ejecutaron los sondajes diamantinos hacia la zona Orcopunco 2515, donde se encuentran las anomalías geofísicas – gravimétricas, las que se correlacionan con los mantos mineralizados. Encontrándose intercepto de mineral con buenas leyes.
- V. **Año 2020-2021:** Se inicia con el minado del Tj 2515 - Orcopunco, antes mencionado como zona Orcopunco 2515.

VI. **Año 2022-2023:** Se presenta a la gerencia general el composito e historial de información del proyecto Palmapata, Zona Orcopunco 2515 y general del potencial en recursos que se tiene al norte de la mina San Vicente mediante la Información Geofísica – Geológica actual. Y como muestra de esa información se tiene a la zona Orcopunco 2515 en actual producción. Para así tomar enfoque en las demás anomalías geofísicas para la realización y comprobación con sondajes diamantinos.

## CONCLUSIONES

- El estudio geofísico realizado en el Proyecto Palmapata, fue diseñado para ayudar a identificar zonas de alteración y mineralización de sulfuros en profundidad. El mapa de interpretación global (Fig. N° 24) sintetiza el resultado de nuestros análisis, en él se plasma la interpretación conjunta de las anomalías de cargabilidad y de las anomalías residuales, que son indicadores favorables del contenido de mineralización de sulfuros asociados con la densidad alta. La ubicación de los contactos y las tendencias anómalas diferenciales se basan exclusivamente en los resultados geofísicos.
- Del estudio de gravimetría se ha llegado a determinar anomalías residuales que han sido definidas por las curvas isoanómalas que tiene la forma elíptica, cuyo valor máximo llega hasta 8 miligales.
- Se han identificado lineamientos que pueden corresponder con el sistema de fallamiento local los que se relacionarían con estructuras geológicas que conformarían los controles estructurales para la inyección de sistemas de alteración y mineralización, las que deben ser verificadas en el terreno.
- Se a realizado el modelamiento geológico y de recursos de mineral por mantos en la zona de Orcopunco 2515 con la información de los sondajes diamantinos, el muestreo sistemático de labores. Obteniendo así los bloques por mantos, así como también la información de la densidad del mineral en profundidad.
- Este estudio realizado en la zona de Orcopunco 2515 del Proyecto Palmapata muestra el inicio como muestra del aporte geofísico gravimetría para las demás zonas con mayor magnitud de Anomalía Geofísica que se encuentran al Este de la zona de Orcopunco. Pudiendo encontrarse con grandes volúmenes de mantos que se encuentran todavía en zona inexplorada.

## RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos hasta este momento, referente a las propiedades físicas del área, se recomienda llevar a cabo una investigación posterior mediante un programa de perforaciones de diamantina exploratorias, las que permitirán dilucidar el contexto geológico del mismo.

TALADRO	LINEA	CORDENADAS		PROFUNDIDAD
		ESTE	NORTE	
DDH 1	L7	458994.7	8763221.9	> 300m
DDH 2	L11	459330.5	8762495.8	> 300m
DDH 3	L15	458577.1	8761265.9	> 300m
DDH 4	L6	458457.1	8763193.6	> 300m
DDH 5	L10	458157.4	8762173.6	> 300m

- Es importante señalar que el programa de perforaciones debe estar basado no sólo en la geofísica, sino también en la información geológica y geoquímica (conjunto), por lo cual debe ser flexible y proveer retroalimentación a las interpretaciones realizadas mientras se pone en práctica, las cuales deben ser reevaluadas para obtener un mejor resultado.
- Es importante tener en consideración el estudio realizado en la zona de Orcopunco 2515 y del Proyecto Palmapata ya que es un trabajo realizado por el Tesista tomando recopilación de información desde el año 2013 (Trabajos de Geofísica), desarrollando trabajos de Geólogo de Exploraciones en el Proyecto Palmapata (norte de U.M San Vicente). Realizando la supervisión de la Geofísica, perforación diamantina, el mapeo y muestreo de afloramientos en superficie. Así mismo desarrollar trabajos de Geólogo de Mina en la U.M San Vicente y en la zona de Orcopunco 2515 (Interior mina). Desarrollando trabajos de Programa y supervisión de Sondajes Diamantinos, mapeo, muestreo en interior mina y en general desarrollando este trabajo interpretativo global (superficie e interior mina). Siendo en general un trabajo desarrollado con la toma de información de 10 años.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J., Morales, E., & Romero, J. (2016). *Modelado e Interpretación 2.5 d a partir de integración de datos gravimétricos, magnetotelúricos y geología de pozos presentan*. Universidad de el Salvador.
- Balderix. (2024). *Campo gravitatorio (o campo gravitacional)*. <https://www.ingenierizando.com/dinamica/campo-gravitatorio-o-gravitacional/>
- Blakely, R. J. (1995). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
- Ccahuana, A. (2017, September). *Métodos de explotación superficial m\_y*. <https://es.slideshare.net/slideshow/mtodos-de-explotacin-superficial-my-2/79376102>
- El Peruano, & MINEM. (2024, February 10). *Actividad minera en Perú registra tendencia positiva a 2024 con mayor producción*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/904675-minem-actividad-minera-en-peru-registra-tendencia-positiva-a-2024-con-mayor-produccion>
- Flores, C. (2014). *Modelo geológico - estructural de la base del cretácico generado por inversión gravimétrica 3d de datos aerogravimétricos cuenca Ucayali, Perú*. Universidad de ingeniería.
- García Juárez, G. R. (2016). Estudio geológico-geofísico para la determinación de cuerpos intrusivos en la plataforma central del Perú. *Repositorio de Tesis - UNMSM*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4876863>
- Geologysciencie. (2023, December). *Estudios de gravedad: principios básicos, aplicaciones de los estudios de gravedad*. <https://es.geologyscience.com/ramas-de-la-geolog%C3%ADa/geof%C3%ADsica/estudios-de-gravedad/>

- Huaman, M. (2017). *Estudio de prospección geofísica en la ubicación de un pozo tubular para mejorar el servicio de agua potable en el sector de San Luis, distrito de Santa, provincia de Santa – departamento de Ancash*.  
<https://1library.co/document/q5wv7v3q-estudio-prospeccion-geofisica-ubicacion-servicio-distrito-provincia-departamento.html>
- Montalvo Roman, J. L. (2021). *Modelamiento 3D de datos geofísicos de polarización inducida y resistividad para la caracterización de un yacimiento tipo pórfido en el Proyecto Tarata, Tarma Junín*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12666>
- Mora Gonzales, C. E. (2012). *Aplicación de la prospección gravimétrica en la detección de estructuras subterráneas*. Universidad Nacional de Ingeniería.  
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/4104>
- Pliscoft, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). *Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles*.
- Rivas, T. (2016). *Estudio de perfil gravimétrico a lo largo del eje Santa Juana-Carampangue, Cordillera de Nahuelbuta, Octava región del Bío-Bío, Chile*. Universidad de Concepción.
- Rivero, L. (1996). *Estudio Gravimétrico del Pirineo Or*. Universidad de Barcelona.
- R. L. R. (2014). *Geophysical Methods for Mineral Exploration*. Society of Economic Geologists.
- Torres Gaytan, D. E. (2013). *Estudio geofísico aplicado a la exploración minera en El Milagro de Guadalupe, Municipio de Guadalcazar, Estado de San Luis Potosí*.  
<https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/154>

Veloso, A. (2022). *Estudio gravimétrico para prospección de litio en el Salar de Coipasa región de Tarapaca, Chile*. Universidad de Concepción.

Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.  
Blakely, R. J. (2009). *Potential theory in gravity and magnetic applications* (Nachdr.). Cambridge Univ. Press.  
[https://www.academia.edu/5146061/Potential\\_Theory\\_in\\_Gravity\\_and\\_Magnetic\\_Applications\\_Richard\\_J\\_Blakely](https://www.academia.edu/5146061/Potential_Theory_in_Gravity_and_Magnetic_Applications_Richard_J_Blakely)

Castillo Maldonado, A. B. (2015). *Recuperación de oro por flotación y gravimetría de los relaves provenientes de la industria minera artesanal de La Herradura-Chinapintza* [UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/82514959/Castillo\_Maldonado\_\_Ariana\_Baldramina-libre.pdf?1647974119=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRecuperacion\_de\_oro\_por\_flotacion\_y\_grav.pdf&Expires=1764908030&Signature=I3TKTIA937q~lKK5Mr2Q-V0nZDP9K-q1PSvAPqtUz7JORw1ml1CpUX1L7j-i-K8soSfm~omfUy~XoVspRSVmnrwYdPqHtuJVN9AyNzqRAe2GcSHRc66OYB8-xE4U63wvTFYfkLvbWzUFYSwj-ycy6pnJ3OsciPta3wu5fDQPSNshGiO9FxxGfGVbtZjlneXKo3EzHiyAmrv-k1rf9SJ0YqJroZN1rf4wmBR85z0nx0SfxwYNwbpNUiPC88dQwxUdtPdkHPEG9lxr7gSOBu8NKaDdNH8Qn7aVRGrspnuayJfVLqwPrv2TIzoLl-tkPcxmfKU-OBsaRCd2Kh49Css82g\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Colán Nishimoto, T. M., & Ocaña Espinoza, E. E. (2023). *Evaluación para la recuperación de oro a partir de los relaves de amalgamación mediante procesos de gravimetría y lixiviación de la minería artesanal en la zona de Huarochiri-*

- Lima [UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS].  
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/67889ef0-7553-4af3-a22c-b01a365851be>
- De la Cruz Asalde, K. V., Monteza Llempén, H. B., & Valdivia Castillo, N. A. (2020). *Análisis de la recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica en minera artesanal de Algamarca*. [Universidad Cesar Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60495>
- Escalante Escalante, J. B., & Lovera Dávila, D. F. (2023). Geometalurgia aplicada a relaves auríferos cianurados en la región Arequipa y su posterior proceso por Gravimetría. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 26(51), e24969.  
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.24969>
- Geofísica Argentina. (2015). *Gravimetría—Geofísica Argentina*.  
[https://geofisicaargentina.com/gravimetria.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://geofisicaargentina.com/gravimetria.html?utm_source=chatgpt.com)
- Gupta, H. K. (2021). *Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*.  
[https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-3-030-58631-7?utm\\_source=chatgpt.com](https://link.springer.com/referencework/10.1007/978-3-030-58631-7?utm_source=chatgpt.com)
- Hernández-Ávila, J., Cerecedo-Sáenz, E., Salinas-Rodríguez, E., Arenas-Flores, A., Gutiérrez-Amador, M. D. P., & Monroy-Olguín, C. (2022). Concentración Por Gravimetría de un Deposito Tipo Sedex de (Au-Pt). *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10, 10-14.  
<https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial7.9720>
- Hinze, W. J., Von Frese, R. R. B., & Saad, A. H. (2013). *Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications*. Cambridge university press.  
[https://www.researchgate.net/publication/268334869\\_Gravity\\_and\\_Magnetic\\_E](https://www.researchgate.net/publication/268334869_Gravity_and_Magnetic_E)

xploration\_Principles\_Practices\_and\_Applications\_by\_Hinze\_vonFrese\_and\_Saad\_2013

- Lobe Jinez, C. F. (2018). *Concentración De Magnetita Y Oro Libre, En Los Suelos Aluviales De Inguro (Bellavista, Jaén, Cajamarca) Por L Método Gravimétrico, Como Una Alternativa Ambiental* [Universidad Nacional de Cajamarca].  
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2445>
- Long, L. T., & Kaufmann, R. D. (2013). *Acquisition and Analysis of Terrestrial Gravity Data* (1.<sup>a</sup> ed.). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139162289>
- Lowrie, W. (2007). *Fundamentals of Geophysics, Second Edition*.  
[https://www.academia.edu/33233782/Fundamentals\\_of\\_Geophysics](https://www.academia.edu/33233782/Fundamentals_of_Geophysics)
- Okubo, S. (2020). Advances in gravity analyses for studying volcanoes and earthquakes. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 96(2), 50-69.  
<https://doi.org/10.2183/pjab.96.005>
- Philip Kearey, Michael Brooks, & Ian Hill. (2013). *Introducción a la exploración geofísica* [Académico]. Google Libros.  
[https://books.google.com.pe/books/about/An\\_Introduction\\_to\\_Geophysical\\_Explorati.html?id=hcWKltTxdC8C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/An_Introduction_to_Geophysical_Explorati.html?id=hcWKltTxdC8C&redir_esc=y)
- Ramos Vigo, D. Y. (2021). *Caracterización geológica de la zona termal Piñipata entre los centros poblados Tuco y Tallamac—Bambamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Rivera Parra, S. C. (2017). *Optimización de concentración gravimétrica de oro en la mesa vibratoria de la mina “Vicentina”* [Universidad del Azuay].  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7028>

Santos J. D., & Fuentes J.F. (2004). La densidad es una propiedad intensiva de la materia (pero su medida no). *Revista Mexicana de FISICA*, 2, 81-87.

Tecnología Minera. (2025). *Geofísica para la exploración minera: Magnetometría, sísmica y gravimetría al servicio del descubrimiento de recursos*. Revista Tecnología Minera. [https://tecnologiaminera.com/noticia/geofisica-para-la-exploracion-minera-magnetometria-sismica-y-gravimetria-al-servicio-del-descubrimiento-de-recursos-1764619348?utm\\_source=chatgpt.com](https://tecnologiaminera.com/noticia/geofisica-para-la-exploracion-minera-magnetometria-sismica-y-gravimetria-al-servicio-del-descubrimiento-de-recursos-1764619348?utm_source=chatgpt.com)

Varela Zambrano, óscar R. (2022). *ESTUDIO DE CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA DE SEDIMENTOS ALUVIALES DEL RÍO NAMBIJA MEDIANTE CONCENTRADOR KNELSON CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA DE ALUVIALES [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL]*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23371>

W. M. Telford, L. P. Geldart, & R. E. Sheriff. (1990). *Applied Geophysics* [Educativa]. Google Libros. [https://books.google.com.pe/books?id=Q8ogAwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=Q8ogAwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

## **ANEXOS**

**Anexo: Informe de aprobación de la entidad donde se aplicó el trabajo de suficiencia profesional.**

**Informe N° 01/GEOLOGIA/SIMSA/Nov 2023**

PARA : Ing. Víctor Arenas V.  
Gerente General Cia Minera San Vicente

CC : Ing. Carlos Flores Choque  
Superintendente de Geología

DE : Christian Rojas V.  
Geólogo Mina

ASUNTO : Proyecto Palmapata - Zona Orcopunco 2515 (Anomalías Geofísica gravimétrica)

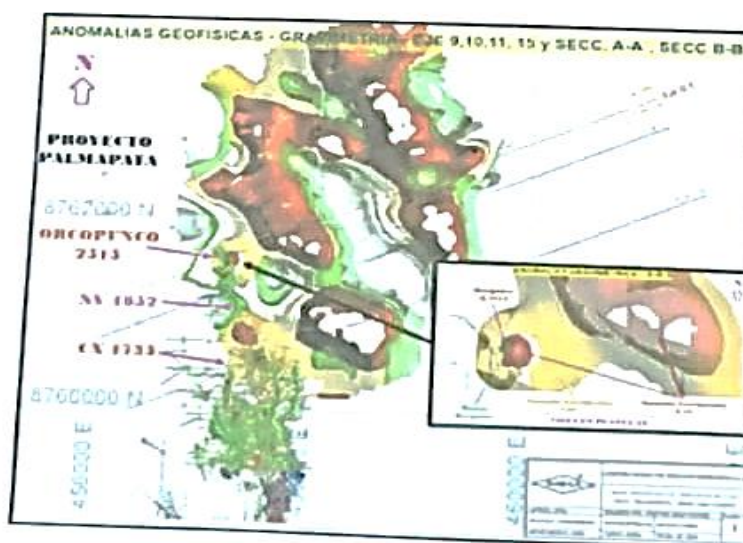
FECHA : Nov. 2023

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. para informarle lo siguiente:

**PROYECTO PALMAPATA - ZONA ORCOPUNCO 2515 (ANOMALIA GEOFÍSICA GRAVIMÉTRICA)**

Se adjunta el informe y diapositivas del Proyecto Palmapata - Zona Orcopunco 2515 (Anomalías Geofísica gravimétrica) realizadas en los años 2012 -2013. Las cuales se cruzó información superficial (geofísica, geológica, sondajes diamantinos y modelamiento) e interior mina de las cuales ya se tiene información de relación geofísica gravimétrica con la mineralización en la zona Orcopunco y del potencial que se tiene de información geofísica e interpretación geológica. Que en un futuro se tiene por confirmar.

Se adjunta los planos y secciones para su evaluación.



COMPANIA MINERA  
SAN IGNACIO DE MOROCOLPA S.A.A  
*Victor*  
VICTOR ARENAS VERA  
GERENTE GENERAL

## GALERÍA FOTOGRÁFICA

*Anexo: Toma de información de las líneas Geofísicas – Proyecto Palmapata*



*Anexo: Imágenes de mapeo y muestreo Superficial – Proyecto Palmapata*



*Anexo: Imágenes de Perforación Diamantina Superficial – Proyecto Palmapata*



*Anexo: Imágenes de Mapeo, Perforación Diamantina - Interior Mina – Proyecto Palmapata*

