

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS:

Geología y Recursos Minerales del Prospecto

Minero Tarmatambo

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor : Bach. Keevin Harold TRINIDAD MENDOZA

Asesor : Mg. Magno LEDESMA VELITA

Cerro de Pasco – Perú- 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS:

Geología y Recursos Minerales del Prospecto

Minero Tarmatambo

Sustentada y aprobada ante los miembros del Jurado:

Mg. Reynaldo MEJÍA CÁCERES
PRESIDENTE

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

Mg. Javier LÓPEZ ALVARADO
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, por las fuerzas, la constancia y la sabiduría que me brinda en el sendero para culminar mi meta académica. A mis padres, hermanita y mi novia, por su apoyo incondicional.

A mi Alma Mater, por acogerme en sus claustros y ser parte importante en mi formación.

RECONOCIMIENTO

Agradezco a mi alma mater, la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión y la Escuela de Formación Profesional de Geología, la cual me formó académicamente mediante grandes profesionales, de los cuales guardo grandes enseñanzas y recuerdos.

A mi asesor, Mg. Ing. Magno Ledesma Velita, por sus aportes, paciencia, tiempo, supervisión, sugerencias, correcciones y facilidades prestadas al presente trabajo, además de su amistad y ayuda desinteresada.

A todos ellos, a mi familia y a mis compañeros de trabajo por sus orientaciones y apoyo recibido en todo momento y a todas las personas que han colaborado con el desarrollo de los trabajos de esta Tesis, mi mayor agradecimiento.

RESUMEN

El prospecto minero Tarmatambo se encuentra ubicado en la zona central de Perú, específicamente en la Provincia de Tarma, Departamento de Junín. Es un depósito sedimentario formado por la deposición y precipitación de carbonatos de calcio en un mar somero ocurrido durante la transgresión del mar en el periodo Triásico - Jurásico, en donde se formó el Grupo Pucará, posteriormente fue la deposición de la Formación Pariatambo de edad Cretácico Medio.

El cuerpo mineral se presenta en forma estratificada concordante en forma de mantos extensos conformados por calizas y dolomías que contienen venas, bandas y pequeños cuerpos de calcita, generalmente aflora en la llanura o lugares débilmente montañosos con sobrecarga de potencia variable.

Su origen de formación es sedimentario por la presencia del mar en el proceso de transgresión marina durante el Pérmico Superior; esto se lo puede confirmar por la presencia de algunos fósiles de conchas y otros observados en la parte central del depósito, con alto contenido de carbonato de calcio, debido a los procesos químicos posteriores originándose así este tipo de yacimiento de caliza.

El prospecto minero Tarmatambo, al ser un tipo de depósito no metálico con potencial de alto contenido de carbonato de calcio, presente como calcita y con posible bajo contenido de contaminantes (según los parámetros mínimos para producción de cemento portland). Será estudiado a nivel geológico con técnicas de prospección y exploración, así posteriormente será evaluado para ser considerado como un potencial prospecto minero razonable de valor económico.

El desarrollo de la explotación de calizas en el País, se relaciona en la actualidad principalmente con el comportamiento del mercado del cemento. Sin perjuicio de lo anterior es destacable señalar la potencialidad que puede adquirir el prospecto Tarmatambo como consecuencia de las investigaciones que se efectúan a fin de disponer de nuevos recursos minerales no metálicos.

Palabras clave; Prospecto Tarmatambo, Yacimiento no metálico.

ABSTRACT

The Tarmatambo mining prospect is located in the central zone of Peru, specifically in the Province of Tarma, Department of Junín. It is a sedimentary deposit formed by the deposition and precipitation of calcium carbonates in a shallow sea occurred during the transgression of the sea in the Triassic - Jurassic period, where the Pucará Group was formed, later it was the deposition of the Pariatambo Formation of Cretaceous Medium.

The ore body is presented in a concordant stratified form in the form of extensive mantles formed by limestones and dolomites that contain veins, bands and small calcite bodies, usually outcrops in the plain or weakly mountainous places with variable power overload.

Its origin of formation is sedimentary by the presence of the sea in the process of marine transgression during the Upper Permian; This can be confirmed by the presence of some shell fossils and others observed in the central part of the deposit, with a high content of calcium carbonate, due to subsequent chemical processes, thus originating this type of limestone deposit.

The Tarmatambo mining prospect, being a type of non-metallic deposit with high calcium carbonate content, present as calcite and with possible low contaminant content (according to the minimum parameters for portland cement production). It will be studied at the geological level with prospecting and exploration techniques, so it will be evaluated later to be considered as a potential reasonable mining prospect of economic value.

The development of the exploitation of limestone in the country, is currently related mainly to the behavior of the cement market. Notwithstanding the foregoing, it is worth pointing out the potential that the Tarmatambo prospect may acquire as a result of the investigations carried out in order to dispose of new non-metallic mineral resources.

Keywords; Tarmatambo Prospect, non-metallic deposit.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
ÍNDICE GENERAL	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del Problema	01
1.2 Delimitación de la Investigación	02
1.3 Formulación del Problema	03
1.3.1 Problema principal	
1.3.2 Problema específico	
1.4 Formulación de Objetivos	03
1.4.1 Objetivo General	03
1.4.2 Objetivos Específicos	03
1.5 Justificación de la Investigación	04
1.6 Limitaciones de la investigación	04

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio	05
2.2 Bases Teóricas – Científicas	06
2.3 Definición de Términos básicos	07
2.4 Formulación de Hipótesis	13
2.4.1 Hipótesis General	13
2.4.2 Hipótesis específica	13
2.5 Identificación de las Variables	13
2.5.1 Variables Independientes	13
2.5.2 Variables Dependientes	14
2.5.3 Variables Intervinientes	14

2.6 Definición Operacional de variables e indicadores	14
---	----

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación	15
3.2 Métodos de investigación	15
3.2.1 Fase I. Revisión bibliográfica y análisis de la Línea de Base ambiental	16
3.2.2 Fase II. Trabajo de campo:	16
3.2.3 Fase III. Trabajo de Gabinete - Diseño del Proyecto	16
3.3 Diseño de investigación	16
3.4 Población y muestra	18
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos	19
3.7 Tratamiento estadístico	20
3.8 Selección, validación y confiabilidad de los inst. de investigación	20
3.9 Orientación ética	20

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de Trabajo de Campo	21
4.1.1 Ubicación	21
4.1.2 Accesibilidad	23
4.1.3 Propiedad minera	23
4.1.4 Geografía	23
4.1.4.1 Cordillera Occidental	23
4.1.4.2 Relieve y drenaje	23
4.1.4.3 Clima y vegetación	24
4.1.4.4 Geomorfología	24
4.1.4.5 Recursos energéticos	24
4.1.5 Geología general del yacimiento	25
4.1.5.1 Geología distrital	25

4.1.5.2 Estratigrafía	27
4.1.5.3 Geología local	29
4.1.6 Geología estructural	30
4.1.6.1 Fracturamiento	30
4.1.6.2 Plegamiento	31
4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados.	33
4.2.1 Geología de yacimientos minerales.	33
4.2.1.1 Tipo de yacimiento	34
4.2.1.2 Mineralización	35
4.2.1.3 Mineralogía	37
4.2.1.4 Controles de mineralización	39
4.2.1.5 Perfiles geológicos	40
4.2.1.6 Cálculo de recursos minerales	41
4.2.1.7 Relación sobre carga – mineral	41
4.2.1.8 Trabajos de exploración	41
4.2.1.9 Principales usos de calizas	44
4.3 Prueba de Hipótesis	46
4.3.1 Recursos Minerales	46
4.3.1.1 Recurso Mineral Inferido	46
4.3.1.2 Recurso Mineral Indicado	47
4.4 Discusión de resultados	48
4.4.1 Recursos Totales	48
4.4.2 Criterio para el cálculo del Recurso Mineral Indicado e Inferido	48

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Mapa de Ubicación del área de estudio	22
Fig. 2. Mapa fisiográfico del área de estudio	26
Fig. 3. Columna Estratigráfica Prospecto Tarmatambo	27
Fig. 4. Plano geológico distrital del área de estudio	28
Fig. 5. Plano estructural del área de estudio	32

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1. Coordenadas UTM del área de estudio	21
Cuadro N° 2. Accesibilidad hacia el área de estudio	23
Cuadro N° 3. Datos de muestras obtenidas en campo	36
Cuadro N° 4. Leyes de muestras obtenidas en campo	36
Cuadro N° 5. Especificaciones mínimas del contenido de CaCO ₃ y CaO para cemento Portland	43
Cuadro N° 6. Contenido de impurezas y contaminantes Prospecto Tarmatambo	43
Cuadro N° 7. Especificaciones de calidad (guía) para la evaluación de los depósitos de caliza	45
Cuadro N° 8. Recursos totales del Yacimiento Tarmatambo	48

LISTA DE PLANOS

Plano N° 1. Plano Geológico Superficial Local – Proyecto Tarmatambo	29
Plano N° 2. Plano de secciones y perfiles	40

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

La evolución del ser humano y el desarrollo de las civilizaciones han estado íntimamente ligados a la utilización de los recursos minerales. Tan marcada ha sido su influencia que se ha recurrido a ellos para marcar los grandes periodos de la prehistoria, tradicionalmente esta se ha dividido en Edad de Piedra (Paleolítico, Mesolítico y Neolítica) y Edad de los metales (Calcolítico o Edad del Cobre, Edad del Bronce y Edad del Hierro). El sílex (la piedra), el bronce (el metal) obtenida a partir de minerales de (cobre y estaño) y el hierro fueron Los primeros recursos minerales emblemáticos utilizados por el hombre.

A estos se fueron incorporando otros muchos, como las arcillas, los mármoles, las calizas y demás rocas ornamentales y de construcción, para la fabricación de piezas de adobe, ladrillos y otros.

Hoy en día es casi imposible de reproducir y basta enumerar algunos minerales para comprender la amplísima utilización de los productos minerales en la casi totalidad de los productos consumidos en la industria y nuestra vida cotidiana:

En resumen los minerales no metálicos son recursos imprescindibles para un sinnúmero de actividades económicas como la construcción, las obras públicas, la industria automovilística, aeronáutica y aeroespacial, naval, equipo electrónica e informática, herramientas, vidrio, cerámica, alimentación, farmacia, cosmética, papeleras, cemento, cauchos, en la agricultura, etc.

El proyecto de investigación que se plantea, garantiza el cumplimiento del currículo de estudios en los aspectos de educación e investigación y servirá como referencia y banco de datos para los alumnos especialmente de la Escuela de Ingeniería Geológica.

1.2 Delimitación de la Investigación

La ejecución del presente estudio de investigación, es importante por las siguientes razones:

- ✓ Constituye una herramienta fundamental en los procesos de educación e investigación para los alumnos de la facultad de ingeniería geológica.
- ✓ Contribuirá en la consecución de objetivos trazados en el Plan Curricular de estudios de la escuela de Ingeniería Geológica.
- ✓ Los alumnos de la escuela de geología tendrán una herramienta básica para la exploración y evaluación económica de yacimientos de rocas calizas.

1.3 Formulación del problema

- **Problema Principal**

¿Es importante determinar la geología y los recursos minerales potenciales del prospecto minero Tarmatambo?

- **Problemas Especifico**

¿En qué grado influye la ejecución de labores de prospección y exploración en el prospecto minero Tarmatambo?

¿Por qué es importante la ejecución de labores de prospección y exploración en el prospecto minero Tarmatambo?

¿Qué métodos de prospección y exploración serán aplicados al prospecto minero Tarmatambo para determinar los recursos minerales potenciales?

1.4 Formulación de Objetivos

- **Objetivo General**

Determinar la geología y recursos minerales del prospecto minero Tarmatambo

- **Objetivo Especifico**

✓ Cuantificar las reservas minerales mediante la ejecución de trabajos de exploración en el yacimiento minero Tarmatambo.

✓ Determinar los minerales contaminantes que existen en el depósito mineral Tarmatambo.

1.5 Justificación de la investigación

✓ La ejecución del presente estudio, permitirá determinar la cuantificación de recursos minerales en el prospecto minero Tarmatambo.

✓ Permitirá determinar la geología del yacimiento prospecto.

- ✓ Permitirá conocer los probables límites económicos del prospecto minero.

1.6 Limitaciones de la investigación

La ejecución del presente estudio tiene las siguientes limitaciones:

- ✓ El acceso al área de estudio es bastante restringido.
- ✓ La topografía del terreno impide en cierto grado la accesibilidad y trabajo de campo a realizar.
- ✓ La cubierta vegetal dificulta el reconocimiento superficial de las estructuras mineralizadas.
- ✓ La falta de recursos económicos impidieron la aplicación de métodos geofísicos de exploración.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Los trabajos de investigación realizados en el cuadrángulo de La Oroya, Jauja y Tarma en años anteriores por el INGEMMET y otros autores, dio como resultado el reconocimiento geológico de áreas importantes de exploración, además la ocurrencia de depósitos minerales no metálicos tales como: calizas, arcillas, arenas de cuarzo y otros.

El desarrollo del estudio de investigación realizado sobre rocas calizas, dio como resultado la identificación y el reconocimiento de un cuerpo mineral que aflora por más de 500 metros de largo por 400 metros de ancho, este cuerpo mineral ha sido estudiado mediante trabajos de exploración las cuales indican que el área a investigar representa un gran potencial minero, por lo que ejecutando el estudio geológico se estaría cuantificando potenciales recursos minerales, el cual justificaría la ejecución del proyecto de investigación.

Los primeros diagnósticos del estudio de investigación geológica del prospecto minero Tarmatambo dio como resultado la presencia de minerales de calcita y dolomita, constitutivos principales de las rocas calizas, las cuales representan un gran potencial mineral y garantiza la ejecución de futuras labores horizontales (bancos) labores verticales (taludes) e inclinados.

La ocurrencia de estas rocas calcáreas que corresponden a una gran estructura sedimentaria, albergan importantes contenidos minerales no metálicos como calcita y dolomita.

2.2 Bases teóricas – Científicas

Los carbonatos son compuestos químicos, sustancias formadas por dos o más elementos químicos en una proporción fija por peso, contiene los elementos carbono y oxígeno en forma del grupo CO_3 , conteniendo un átomo de (CaCO_3) , Según la clasificación elaborada por Strunz, los carbonatos se dividen en anhidros, hidratados y con o sin aniones extraños, las especies minerales forman dos grupos: en el primero están principalmente la calcita y dolomita y en el segundo el aragonito.

Dentro de estos minerales la calcita y la dolomita son los más importantes por su abundancia y usos ya que forman parte de muchas rocas y minerales.

Las principales rocas carbonatadas utilizadas por la industria son las calizas y dolomías, las calizas son rocas sedimentarias compuestas principalmente por calcita (CaCO_3), y las dolomías son rocas compuestas principalmente por dolomita ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$). Otros carbonatos como el aragonito (CaCO_3), la siderita (FeCO_3), y la ankerita ($\text{Ca}_2\text{MgFeCO}_3$)₄ y la magnesita (MgCO_3), son comúnmente asociados con calizas y dolomías pero generalmente en menor cantidad.

- **Calcita**

Carbonato cálcico (CaCO_3), con cristalografía hexagonal, tiene tres hábitos muy variados: el prismático, romboédrico y el escalenoédrico, la calcita también se presenta en masas granuladas finas a compacto de aspecto terroso, brillo vítreo, de colores blancos mayormente, pero puede tener diversos tonos (grises, verdosos, rojizos).

Es el mineral más abundante de las rocas calcáreas, también es un mineral secundario de las rocas ígneas.

- **Dolomita**

Carbonato de calcio y magnesio ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$), de cristalografía hexagonal a romboédrica, presenta brillo vítreo con tonalidades rosadas, pudiendo ser incoloro, es transparente a translucido, es el mineral que constituye las rocas dolomíticas, también se presenta como un mineral filoneo junto a minerales de plomo, zinc y otros minerales.

2.3 Definición de términos básicos

Para la elaboración del presente proyecto de investigación citaremos algunos conceptos básicos:

- **Desarrollo sostenible**

Implica un proceso de cambio global, fluido y equilibrado entre lo económico, social y ecológico, con el fin de producir bienestar general de los individuos en armonía con la protección y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

- **Depósitos minerales**

Es una ocurrencia mineral (concentración anómala de un mineral o elemento metálico) de tamaño (volumen) y ley suficiente para que en circunstancias favorables sea considerado como potencial económico.

Es la concentración de sustancias metálicas y no metálicas de valor económico comercial, emplazados en rocas de la corteza terrestre.

- **Recursos minerales**

Es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencias y conocimientos geológicos específicos. Los Recursos Minerales se subdividen, en orden ascendente de la confianza geológica, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos.

- **Reserva Mineral**

Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración de modificaciones por factores razonablemente asumidos de extracción, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran en la fecha en que se reporta que podría justificarse razonablemente la extracción. Las Reservas de Mena se subdividen en orden creciente de confianza en Reservas Probables Minerales y Reservas Probadas Minerales.

- **Rocas y minerales industriales**

Minerales industriales son los materiales geológicos que se minan para su valor comercial, que no son combustible (los minerales del combustible o combustibles mineral) y no son las fuentes de metales (metálico minerales). Se utilizan en su estado natural o después reducción como materias primas o como añadidos en una amplia gama de usos.

Los minerales industriales son aquellos que, en función de sus características físicas principalmente, se utilizan en la fabricación de productos, ya sea directamente o con un tratamiento previo.

- **Minería no metálica**

La minería no metálica comprende las actividades de extracción de recursos minerales que, luego de un adecuado tratamiento, se transforman en productos aplicables en diversos usos industriales y agrícolas, gracias a sus propiedades físicas y/o químicas. De allí que el interés público y privado por su desarrollo se orienta tanto a su fase productiva como en el uso final de sus productos. Esta actividad se considera como una oportunidad para la mediana y pequeña minería, su explotación es generalmente en operaciones a tajo abierto, seguida inicialmente de un tratamiento simple, que puede incluir molienda, clasificación, lavado, secado, etc.

- **Fluido hidrotermal**

Fluidos calientes, generalmente dominados por agua, a veces ácidos las cuales pueden transportar metales y otros compuestos en solución al lugar de deposición o producir alteración de la roca caja.

- **Grupo Pucará**

Secuencia litológica perteneciente al Triásico superior – Jurásico inferior y está compuesta por capas delgadas y potentes de calizas gris oscura con intercalación de delgados niveles de lutitas calcáreas, Presenta horizontes bituminosos ocasionalmente

fosilíferos y dolomíticos con presencia de sílice. Ha desarrollado espesores variables llegando hasta los 1500m.

En la zona de estudio se observa la presencia de las Formaciones Aramachay y Condorsinga.

- **Formación Aramachay**

Se compone de calizas grises de grano fino con chert, se intemperiza a tonos beige hasta morados, presentando nódulos calcáreos discoidales lo cual constituye como unidad guía para el mapeo. Su grosor es variable alcanzando hasta los 400 m en las partes centrales de las altiplanicies.

- **Formación Condorsinga**

Se compone de calizas grises en bancos regulares de 0.2 hasta 1m, intercalado con dolomitas y escasos niveles de lutitas. Las calizas contienen oolitos y pellets cementados por micrita, los bioclastos son frecuentes y sus núcleos están formados por restos de crinoideos y pelecípodos. La formación presenta un grosor variable hasta 500 m en la zona de estudio.

- **Grupo Goyllarisquizga**

Se compone de un miembro inferior de limolitas y areniscas de grano fino y un miembro superior que consiste en areniscas macizas, limpias y conglomeráticas. Se intercala con niveles de limo arenas carbonosas. Presenta espesores variables pudiendo llegar hasta los 100 m cerca de la zona de estudio.

- **Formación Pariahuanca**

Se encuentra en la Cordillera Occidental tanto como en las Altiplanicies, con espesores variables, está constituido en la base por un lecho de arenisca cuarzosa de grano grueso

intercalando con limolitas rojas, las areniscas que siguen se vuelven calcáreas intercalando con calizas, por lo general oolíticas, con cemento micritico esparitico con intraclastos y bioclastos (restos fósiles).

- **Caliza**

La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita (MgCO_3) y otros carbonatos. También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc., que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca.

- **Dolomía**

Roca sedimentaria calcárea compuesta por carbonato de calcio y carbonato de magnesio (mayor a 20%). Compuesta por el mineral dolomita.

- **Mapeo geológico**

Es la representación gráfica de los rasgos geológicos del terreno llevados a un plano a una escala determinada.

- **Cateo**

Es la acción conducente a poner en evidencias indicios de mineralización por medio de labores mineras elementales.

- **Prospección**

Es la investigación conducente a áreas de posible mineralización, por medio de indicaciones químicas, físicas. Medidas con instrumentos y técnicas de precisión.

Es prohibido el cateo y la prospección en zonas urbanas o de expansión urbana, en zonas reservadas para la defensa nacional en zonas arqueológicas y sobre bienes de uso público.

- **Explotación de minas**

Es una técnica, que utilizando métodos es posible extraer los minerales del interior de la tierra.

- **Comercialización de minerales**

La comercialización de productos minerales es la compra y venta de productos minerales regidas a un marco Legal. Los productos minerales comprados a personas autorizadas para disponer de ellos no son reivindicables; la compra hecha a persona no autorizada sujeta al comprador a la responsabilidad correspondiente.

2.4 Formulación de Hipótesis

- **Hipótesis general**

Realizando estudios y trabajos de exploración minera necesarios, se determinará la Geología y recursos minerales del prospecto minero Tarmatambo.

- **Hipótesis específicas**

La presencia de rocas calcáreas en el prospecto minero, indican la presencia de minerales económico de calcita.

La presencia de óxidos en superficie, nos permiten determinar depósitos mineralizados no metálicos.

La presencia de falla regionales, permitieron la formación de estructuras mineralizadas rellenas con carbonatos de calcio.

2.5. Identificación de Variables

- **Variables independientes**

Geología y recursos minerales.

- **Variables dependientes**

Prospecto minero Tarmatambo.

- **Variables intervinientes**

- Reservas minerales
- Longitud de las estructuras mineralizadas.
- Potencias de las estructuras mineralizadas.
- Profundización de las estructuras mineralizadas.

2.6 Definición Operacional de variables e indicadores

Se determinara como Recurso Indicado o Inferido, de acuerdo a la comparación de indicadores como contenido de CaCO_3 y CaO , longitud, potencia, profundización de la estructura y contenido de contaminantes. Para la medición de indicadores se realizara análisis químico, y cálculos topográficos para determinar el área de la estructura.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

- **Investigación básica**

Permitirá la aplicación de conocimientos básicos de geología y exploración de recursos minerales no metálicos.

- **Investigación aplicada**

Aplicación de conocimientos científicos y usos de tecnologías para cuantificar y determinar depósitos y reservas minerales.

3.2 Métodos de investigación

Método científico, diseño experimental (experimentos puros), en donde se tiene las siguientes fases de investigación: (Medición, Observación, Experimentación).

FASES:

- **Fase I.** Revisión bibliográfica y análisis de la línea de base:

Elaboración del marco teórico, revisión bibliográfica y antecedentes de la investigación.

- **Fase II.** Trabajo Geológico - minero de campo:

Recolección de datos

Identificación de estructuras mineralizadas

Levantamiento de planos topográficos y geológicos en el área de interés.

Toma sistemática de muestras en afloramientos de las estructuras mineralizadas.

Análisis químico de muestras de minerales.

Cuantificación de los recursos minerales sus respectivas leyes.

- **Fase III.** Trabajo de gabinete - diseño del proyecto:

Descripción de las actividades del proyecto.

Diseño de ingeniería del proyecto.

Elaboración de planos topográficos, geológicos y mineros.

Cuantificación de reservas mineral de la zona de interés.

3.3 Diseño de investigación

La estrategia para obtener la información corresponde al diseño de la investigación, sin embargo, para la presente información aplicaremos el diseño descriptivo, correlacional y experimental.

- **Investigación exploratoria**

Investigaremos el tema geológico, minero, y económico que es poco estudiado a nivel regional. Se aplicarán técnicas en la exploración con el fin de identificar las reservas minerales y toma de datos de campo para luego procesarlos en el gabinete y determinar el tipo de depósito mineral; cantidad de reservas minerales, métodos de explotación minera que serán económicamente explotables.

- **Investigación descriptiva**

Describirá el tipo de depósito mineral, mineralización, mineralogía, petrología, ambiente mineralizante, probables alteraciones hidrotermales, diseño de métodos de explotación superficial, pruebas metalúrgicas fenómenos, contextos y eventos, especificará las propiedades, las características de los fenómenos a analizar, recolectará información sobre cada una de ellas, para describir lo que se investiga.

- **Investigación correlacional**

Tiene como propósito conocer la relación que existe entre dos o más variables, es decir hacer una correlación de datos, características y parámetros establecidos con los valores obtenidos durante el estudio del depósito mineral Tarmatambo.

- **Investigación experimental**

El presente estudio de investigación está orientado a experimentos puros como muestreos de minerales, análisis químicos de minerales, levantamiento de planos topográficos y geológicos, mapeos geológicos superficiales, perforaciones diamantinas y logueos de muestras, etc.

3.4 Población y muestra

La población será representada para la extensión del área de estudio en 127 hectáreas.

El número de muestras a procesar dependerá del criterio geológico, dureza de la roca, dimensiones del yacimiento, se estima en más de 10 muestras al inicio de los estudios de investigación.

El muestreo será sistemático, siguiendo normas internacionales.

La exploración minera se ha convertido hoy en día, en una técnica altamente desarrollada con una fuerte base científica y al mismo tiempo se utiliza muchas otras disciplinas desde teorías científicas y técnicas experimentales sofisticadas hasta técnicas empíricas.

La exploración minera utiliza métodos propios que se han desarrollado mucho en los últimos tiempos, y el objetivo es el descubrimiento de yacimientos mineros económicos.

Finalmente, obtenidos los resultados serán procesados mediante una simulación de data, con la finalidad de cuantificar los recursos minerales en la primera fase de estudio.

De acuerdo a estos cálculos de reservas se tendrá que diseñar la vida útil de la mina, dependiendo de la producción estimada en el proyecto de explotación, y es importante priorizar este proyecto por los precios altos de los minerales.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Levantamiento de planos topográficos y geológicos.
- Muestreo superficial de estructuras mineralizadas.
- Muestreo geotécnico de rocas.

Equipos e instrumentos

- Estación total Leica T 2

- Brújula Brunton.
- Picotas de geólogo.
- Equipos de GPS Garmin.
- Picos, lampas, cinceles, combas, perforadoras neumáticas, etc.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Procesamiento confección de planos topográficos y geológicos
- Análisis macroscópicos de rocas y minerales.
- Análisis químico de muestras de minerales.
- Estudio mineralógico de rocas y minerales.
- Interpretación de datos
- Elaboración del estudio
- Los resultados obtenidos serán procesados mediante un ordenador, la impresión de los planos, luego toda la información obtenida será procesada mediante un estadístico y la presentación del estudio de investigación definitivo.

3.7 Tratamiento estadístico

Los resultados obtenidos serán procesados mediante un ordenador, la impresión de los planos, luego toda la información obtenida será procesada mediante un análisis estadístico y la presentación del estudio de investigación definitivo.

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La validación y confiabilidad de los instrumentos será medido por la certificación internacional del laboratorio donde se enviarán a hacer las pruebas de análisis químico de las muestras.

3.9 Orientación ética

La investigación cumple con los estándares de comportamiento ético esperado. Autoría del artículo, originalidad, acceso y retención de datos, reconocimiento de fuentes externas, etc.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de trabajo de campo

4.1.1 Ubicación

El yacimiento mineral Tarmatambo, se encuentra políticamente ubicado en el distrito de Tarmatambo, provincia de Tarma y región Junín, al sur del centro poblado Tarmatambo, sobre una altitud de 4,400 m.s.n.m. siendo sus posiciones geográficas las siguientes (coordenadas UTM WGS 84):

Vértice	Norte	Este
A	8'722,800	414,098
B	8'722,800	415,023
C	8'721,417	415,023
D	8'721,417	414,098

Cuadro N° 1. Coordenadas UTM del área de estudio. *(Fuente propia)*

Superficie Total de estudio : 127 hectáreas
Tipo de mineral 1 : No metálica (calcita).
Tipo de mineral 2 : No metálica (roca caliza).
Altitud : 4,400 msnm.

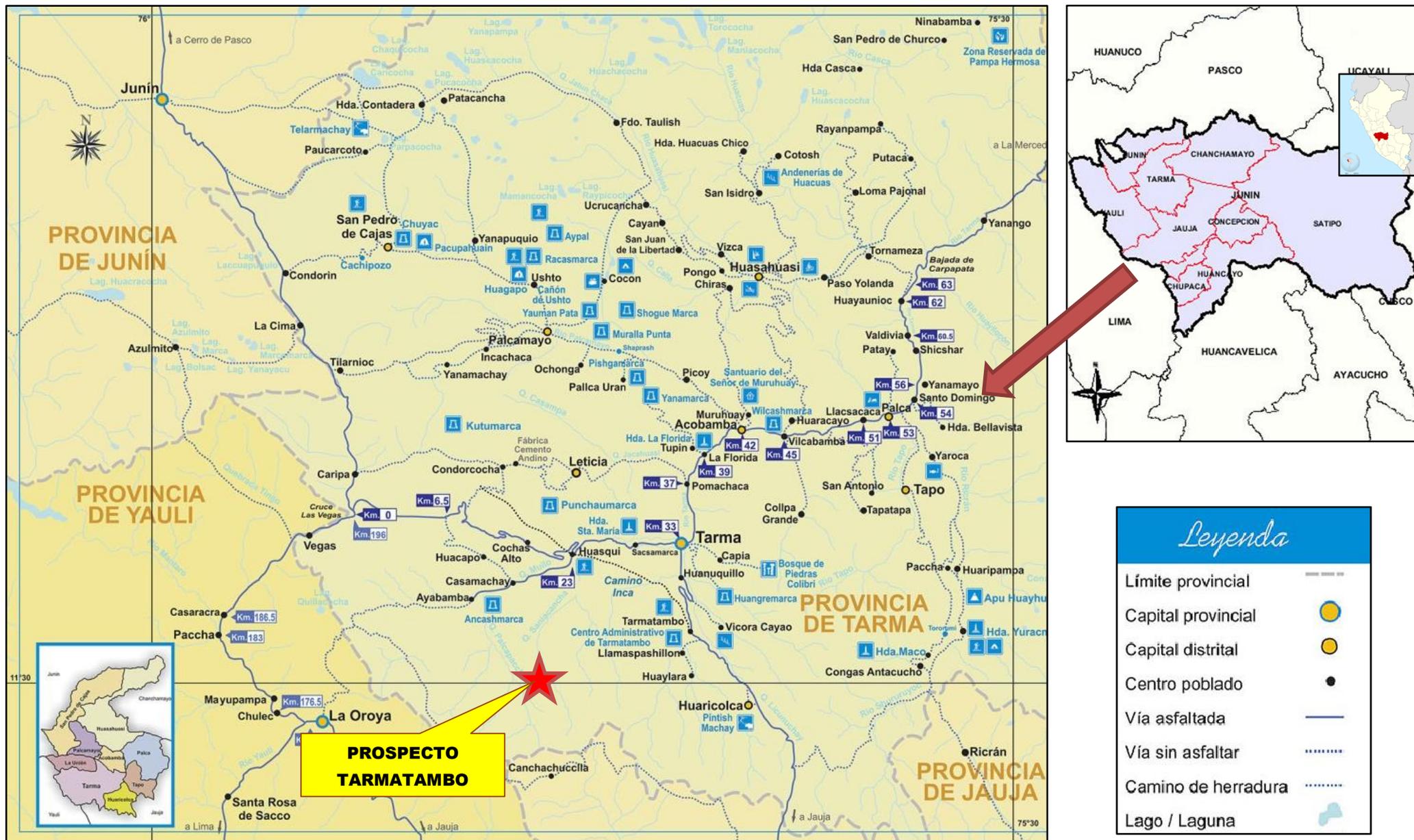


FIG. 1. Mapa de Ubicación del área de estudio. (Fuente Municipalidad Prov. de Tarma)

4.1.2 Accesibilidad

El depósito mineral tiene las siguientes vías de accesibilidad:

TRAMO	DISTANCIA	TIPO	TIEMPO
a) Lima – Oroya - Jauja - Tarmatambo	226 Km	Asfaltado	7 hr
b) Tarmatambo - Zona de estudio	20 Km.	Trocha carrozable	1 hr

Cuadro N° 2. Accesibilidad hacia el área de estudio. (*Fuente propia*)

4.1.3 Propiedad minera

El área de estudio corresponde a la propiedad minera Tarmatambo, denuncia perteneciente a la Corporación Minera Negrocunca, el área explorada abarca una extensión de 127 hectáreas y esta colinda con algunos denuncios mineros, como la de cementos Yura, ubicados hacia el Sur.

4.1.4 Geografía

4.1.4.1 Cordillera Occidental

En el área de estudio, la Cordillera Occidental está conformada por rocas mesozoicas calcáreas que presentan alta deformación de los estratos mostrando pliegues simétricos y asimétricos, pliegues apretados en chevron, fallas inversas y de sobre escurrimientos. En el área de estudio, no se observan rocas ígneas ni metamórficas

4.1.4.2 Relieve y drenaje

La zona de estudio se encuentra ubicado al SE del centro poblado de Tarmatambo, distrito de Tarma, provincia de Tarma y región Junín; en la parte central de la Cordillera Occidental, a una altitud promedio de 4,400 m.s.n.m. La topografía del área es moderada, pronunciada y ondulada, observándose colinas redondeadas (cerros Canchacucho, Cortadera, Talhuish grande, Talhuish Chico, etc.) Cuyas

cotas sobrepasan los 4,400 msnm ubicándose entre las regiones Puna y Cordillera, conformando el relieve cordillerano típico de la Cordillera Occidental.

4.1.4.3 Clima y vegetación

El clima del área de estudio es frígido y lluvioso en invierno, seco en verano el cual no permite el desarrollo de la agricultura solo se observa el predominio del pasto de altura que es el ichu y algunos matorrales a pequeña escala. En las quebradas más bajas sector Tarmatambo los pobladores se dedican a la agricultura de subsistencia, se siembran papa, maíz y otros tubérculos, los pobladores se dedican a la crianza de ganado vacuno, auquénidos, cerdos y otros a pequeña escala.

4.1.4.4 Geomorfología

Las formas del terreno en la zona andina están determinadas por la litología y por las formas de erosión originadas por un régimen climático intenso, de abundantes precipitaciones, bajas temperaturas y humedad permanente durante todo el año.

La planicie ondulada y la forma de cubeta ondulada, es la geoforma dominante en el área de estudio, además esta topografía ondulada fue favorable para la precipitación y concentración del carbonato de calcio cuando esta área correspondía a un mar somero.

Los rasgos geomorfológicos más importantes son los pliegues que han formado los flancos del anticlinal que ocupan las cotas más altas en el área de estudio.

4.1.4.5 Recursos energéticos

En el área de estudio no se observan riachuelos, ríos ni lagunas, por lo que los recursos hídricos en el área de estudio son bastante escasos.

4.1.5 Geología General del Yacimiento

4.1.5.1 Geología distrital

Para comprender la geología del yacimiento minero Tarmatambo, se incluye una descripción de las principales unidades geológicas expuestas dentro del distrito, cabe mencionar que en las zonas adyacentes al prospecto hay presencia de denuncios mineros; unos estudiados y otros sin estudio.

Además, se incluye una descripción de los rasgos geológicos más importantes del cuadrángulo de la Oroya que fueron estudiados por el INGEMMET en el año 1996.

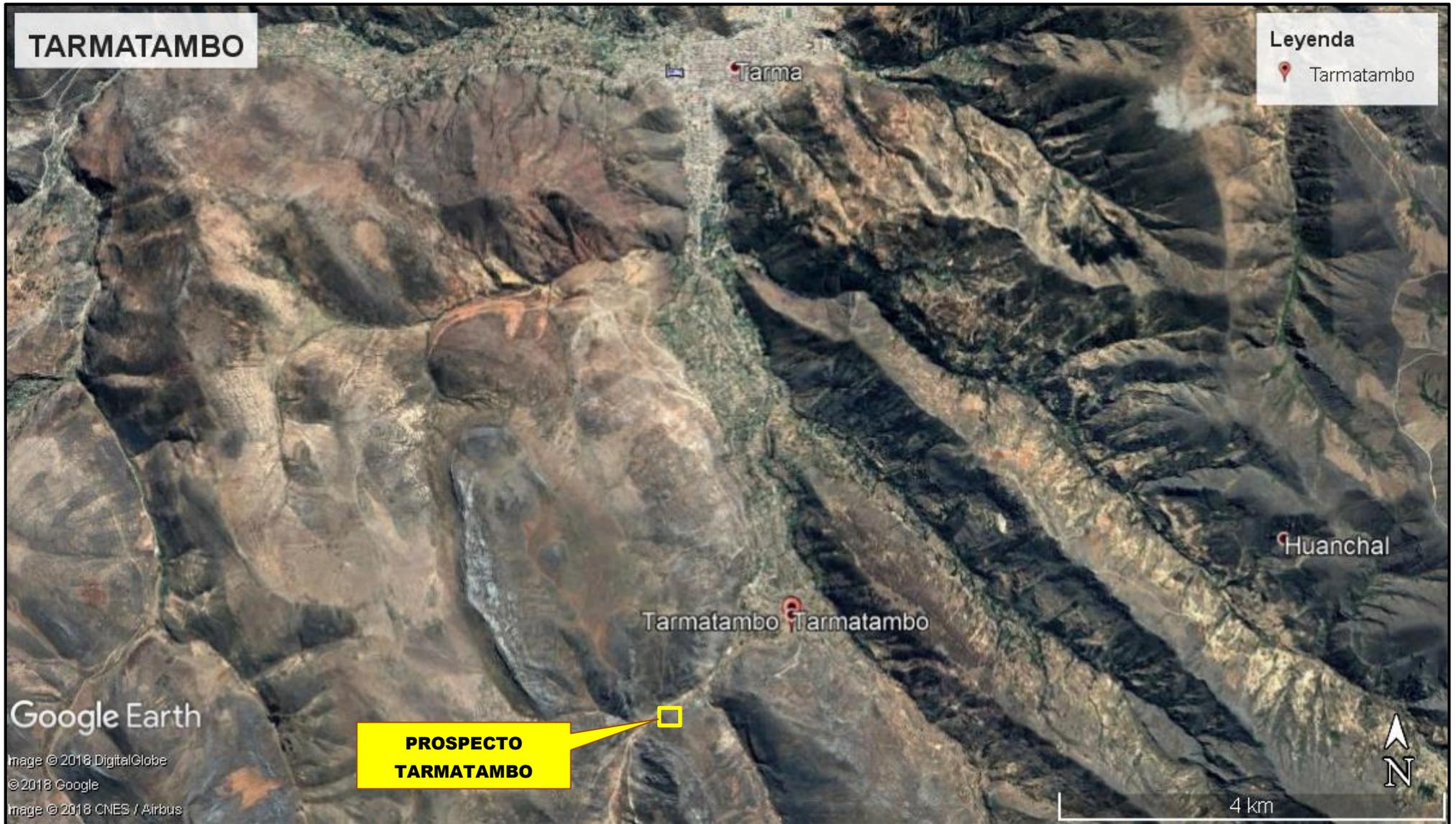


FIG. 2. Mapa Fisiográfico del área de estudio. (Fuente Google earth)

4.1.5.2 Estratigrafía

En el Cuadrángulo de La Oroya, en el área de estudio y alrededores, afloran vastamente rocas del Mesozoico conformadas por calizas del Grupo Pucará, en menor escala se observan rocas del Grupo Goyllarisquizga y la Formación Pariahuanca, constituidas por rocas calizas gris claras en su mayoría.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA - TARMATAMBO

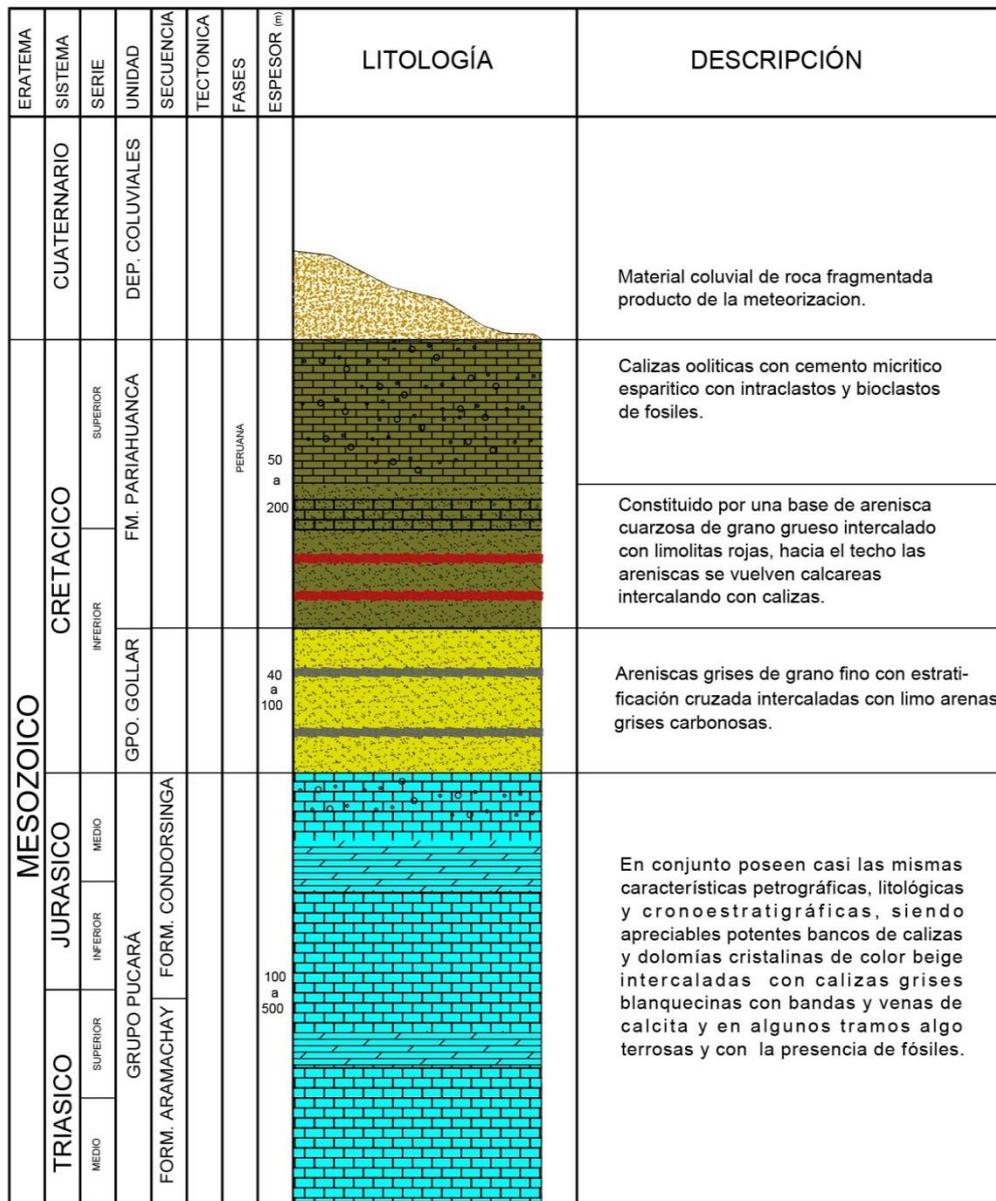
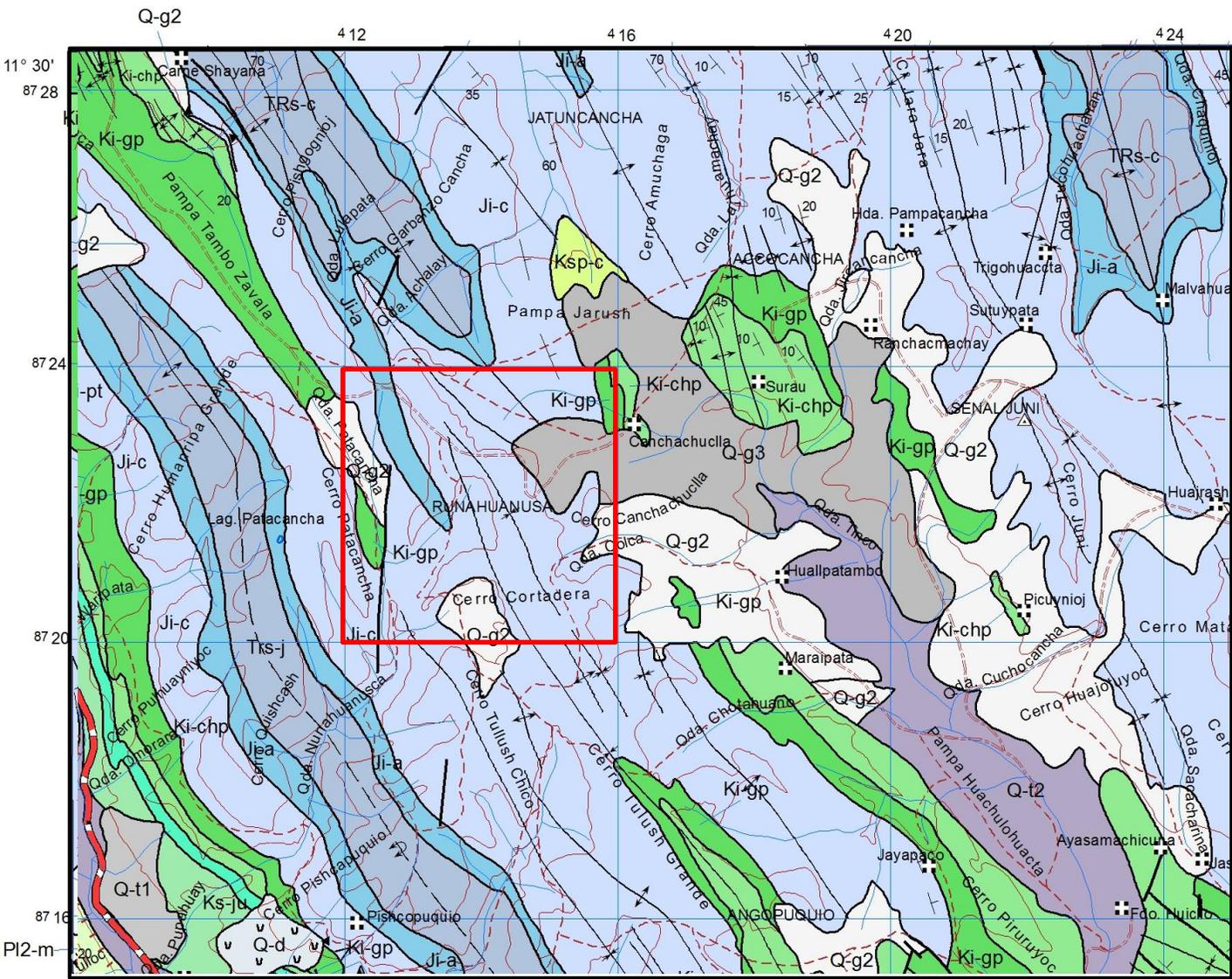


FIG. 3. Columna Estratigráfica Prospecto Tarmatambo (Fuente propia de estudio)



LEYENDA

M E S O Z O I C A	PALEOGENO	INFERIOR	Formación Casapilás	Ksp-c
	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Celendín	Ks - ce
Formación Jumasha			Ks-ju	
Formación Paratambo			Ki - pt	
INFERIOR		Formación Chólec	Ki-chp	
		Gpo. Goyllarisquisga-Fm. Parahuancá	Ki - gp	
JURASICO	INFERIOR	Fm. Condorsinga	Ji-c	
		Grupo Pucará	Ji - a	
TRIASICO	SUPERIOR	Fm. Chemberá	TRa-c	
PALEOZOICO	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mtu	Ps - m
			INFERIOR	
	CARBONIFERO	SUPERIOR	Grupo Tarma	Cs - l
			Formación Concepción	D - c
DEVONICO	INFERIOR	Grupo Excalibur	Pali-e	

SIMBOLOGIA

- Rumbo y buzamiento de estratos
- Rumbo y buzamiento de estratos echados
- Contacto conocido
- Contacto inferido
- Estratos verticales
- Eje de anticlinal
- Eje de anticlinal con Rumbo inclinado
- Eje de sinclinal
- Eje de anticlinal echado
- Eje de sinclinal echado
- Rumbo y buzamiento de juntas
- Rumbo de foliación vertical
- Rumbo y buzamiento de foliación
- Fallamiento con buzamiento conocido
- Fallamiento normal (U = levantado , D = hundido)
- Falla inversa

FIG. 4. Plano geológico distrital del área de estudio. (Fuente INGEMMET 1996)

Rocas Sedimentarias

En el área de estudio y con dirección NW-SE aflora una vasta secuencia de rocas sedimentarias calcáreas de color gris claro, infrayaciendo y en concordancia a estos estratos se observan una secuencia de calizas grises blanquecinas conformadas por bandas y venas de calcita con buzamientos moderados y pronunciados hacia el SW y NE.

4.1.5.3 Geología local

En la zona de estudio así como en los alrededores, afloran rocas sedimentarias compuestas por calizas y dolomías del Grupo Pucará.

Grupo Pucará

Las calizas del Grupo Pucará se extienden a manera de franjas plegadas con recorrido kilométrico, abarcando la parte central del cuadrángulo de la Oroya.

La morfología que se ha desarrollado en los terrenos que aflora el Grupo Pucará, se encuentra representada por relieves cársticos, colinas escarpadas y pronunciadas que la caracterizan en su conjunto. En este sector se puede reconocer las dos formaciones del Grupo Pucará (Formaciones Aramachay y Condorsinga) con cierta variabilidad en litofacies y espesor, pero en conjunto poseen casi las mismas características petrográficas, litológicas y cronoestratigráficas, siendo apreciables potentes bancos de calizas y dolomías cristalinas de color beige intercaladas con calizas grises blanquecinas con bandas y venas de calcita y en algunos tramos algo terrosas y con la presencia de fósiles.

Ambiente y sedimentación del grupo Pucará

La secuencia calcárea del Grupo Pucará de acuerdo a sus características sedimentológicas, tuvo como paleoambiente a un mar tropical de aguas someras, desarrollándose la sedimentación con caracteres transgresivos sobre una plataforma carbonatada abierta con el desarrollo de barras tidales, caracterizando está a la formación Aramachay y Condorsinga.

Posteriormente con la Formación Aramachay se registra una sedimentación nerítica en aguas relativamente someras, con estratificación rítmica. La Formación Condorsinga representa la somerización del Pucará con el desarrollo de facies supraintermareales.

La presencia de concentraciones de carbonatos de calcio podría corresponder a la influencia de la topografía plana y ondulada del terreno, climas cálidos generando la precipitación de carbonatos de calcio principalmente.

4.1.6 Geología estructural:

Varios patrones estructurales tanto regional, distrital y local dominan el área de estudio, estas estructuras se han desarrollado por eventos tectónicos polifásicos desde tiempos de la orogenia andina hasta el Cuaternario, radicando su importancia de haber modificado la paleogeografía antigua y haber controlado la sedimentación especialmente durante el Triásico.

4.1.6.1 Fracturamiento

Varios patrones estructurales se observan en el área de estudio, estando entre ellos fracturamientos con rumbo N – S, anchos de 0.10 m, son los que controlan el área mineralizada, en donde se observan la mayor concentración de calcita blanquecina.

4.1.6.2 Plegamiento

Forma parte de los flancos Este y Oeste del anticlinal Negra Runa Huanusha que afloran en los extremos del prospecto Tarmatambo, en el eje central del anticlinal, la mineralización del carbonato de calcio es predominante.

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1 Geología de Yacimientos Minerales

El depósito mineral no metálico Tarmatambo, se halla emplazado en las rocas calcáreas del Grupo Pucará; en las formaciones Aramachay y Condorsinga, Grupo Goyllarisquizga formación Pariahuanca, donde existen inmensos afloramientos de una secuencia rítmica compuesta por estratos centimétricos a métricos de caliza, dolomías y calcolimos, los rumbos de la estratificación está orientada principalmente al NW, se puede dividir los que están ubicados en el lado Este, se mantienen con rumbos entre N30°E y N45°E, en la parte central presentan rumbos N - S y los del lado Oeste, con rumbos entre N30°W y N40°W.

La potencia en promedio de este ritmo de calizas superan los 100 m de espesor para las capas individuales; es posible identificar la potencia de este conjunto rocoso por cuanto existe la presencia de una estratificación continua que oscilan entre 0,50 m a 1.0 m de espesor; pequeñas falla locales y eje de anticlinales simétrico controlan el área mineralizada.

Estructuralmente la zona, y cuya orientación general es N40°W, por lo que la tendencia a la duplicación de los estratos es común dentro del área; los cuerpos y mantos de caliza se localizan dentro de esta secuencia rítmica y forman depósitos en bancos de hasta 02 metros de potencia, limitado tanto por arriba como por abajo con el ritmo descrito; esta litología corresponde a una caliza algo limosas bastante fracturadas, química de color gris blanquecino atravesadas con bandas y lentes de calcita de color blanco.

En la parte central del depósito mineralizado desde la trocha carrozable, hacia el Norte, en una longitud aproximada de 700 m de longitud, se observa calizas

bastante fracturadas con presencia de bandas de calcita con tendencia N - S y buzamiento vertical.

En los extremos Este y Oeste del área de estudio se observan los flancos del anticlinal simétrico compuestos por potentes bancos de calizas y dolomías, los cuales indican que durante la orogenia andina sufrieron plegamientos y fracturamientos y la deposición y precipitación de carbonatos de calcio. El esquema estructural de la zona está dado por la disposición de los estratos con rumbos variables desde N – S, NE – NO.

4.2.1.1 Tipo de yacimiento

El yacimiento minero Tarmatambo es un depósito sedimentario formado por la deposición y precipitación de carbonatos de calcio en un mar somero ocurrido durante la transgresión del mar ocurrido en el periodo Triásico - Jurásico, en donde se formó el Grupo Pucará posteriormente la deposición de la Formación Pariatambo de edad Cretácico Medio.

El cuerpo mineralizado se presenta en forma estratificada concordante en forma de mantos extensos conformados por calizas y dolomías atravesadas por venas, bandas y pequeños cuerpos de calcita, generalmente yace en la llanura o lugares débilmente montañosos con sobrecarga de potencia variable,

Su origen de formación es sedimentario por la presencia del mar en el proceso de transgresión marina durante el Pérmico Superior; esto se lo puede confirmar por la presencia de algunos fósiles de conchas y otros observados en la parte central del depósito, con alto contenido de carbonato de calcio, debido a los procesos químicos posteriores originándose así este tipo de yacimiento de caliza.

Junto con el carbonato cálcico se puede producir depósitos de otros componentes, ya sean detríticos medio-finos (arena-limo), o finos (arcillas); el primer caso es propio de medio energéticos, caracterizados por la sedimentación de fragmentos de fósiles, o re-sedimentación de fragmentos de calizas ya más o menos consolidadas. Así se originan las denominadas calizas bioclásticas, o de intra-clastos, respectivamente.

En el segundo caso, se produce la floculación de las arcillas conjuntamente con el depósito de los carbonatos, ya que ambos son propios del depósito en aguas tranquilas.

4.2.1.2 Mineralización

El yacimiento minero “Tarmatambo”, es un depósito mineral sedimentario conformado por carbonatos de calcio, compuesto por calizas, dolomías y calcita, este yacimiento mineral sedimentario se formó en mares neríticos los cuales favorecieron la precipitación de carbonatos de calcio.

Se ha reconocido un gran cuerpo y manto mineralizado en su conjunto, conformado por potentes bancos de estratos sub horizontales de calizas y dolomías rellenas con venas y bandas de calcita, los cuales representan el mineral potencial y reservas del yacimiento.

Por los resultados obtenidos después del muestreo de las estructuras mineralizadas en superficie mediante calicatas de 1.0 x 1.50 m, podemos afirmar que el yacimiento, es un depósito de origen sedimentario con altos contenidos de carbonato de calcio principalmente, formados por precipitación química en mares neríticos.

Según reporte de laboratorio químico SGS de PERÚ, se obtuvieron las siguientes leyes químicas promedio:

Nº de muestra	CaO %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K ₂ O %	MgO %	MnO %	Na ₂ O %	P ₂ O ₅ %	SiO ₂ %	TiO ₂ %
M - 1	34.13	0.16	0.34	0.00	7.72	0.00	0.03	0.05	24.29	0.02
M - 2	53.28	0.51	0.29	0.04	0.47	0.01	0.00	0.07	3.65	0.03
M - 3	29.81	0.27	0.35	0.06	0.25	0.01	0.02	0.03	46.02	0.02
M - 4	28.91	0.52	0.34	0.11	17.84	0.00	0.06	0.64	8.71	0.03
M - 5	35.38	1.84	0.77	0.72	10.96	0.01	0.04	0.06	11.51	0.12
M - 6	51.45	2.11	0.36	0.25	0.73	0.02	0.00	0.10	6.15	0.05
M - 7	53.86	0.39	0.20	0.18	0.49	0.01	0.01	0.05	2.79	0.03
M - 8	36.08	0.35	0.41	0.06	15.75	0.01	0.06	0.04	2.63	0.02
M - 9	50.03	1.30	0.61	0.10	1.99	0.01	0.01	0.05	5.37	0.09
M - 10	51.90	0.77	0.37	0.13	0.55	0.01	0.00	0.06	6.13	0.05
M - 11	50.01	0.96	0.31	0.07	0.63	0.01	0.01	0.06	8.93	0.05
M - 12	54.46	0.42	0.18	0.07	0.24	0.00	0.01	0.08	2.63	0.02
M - 13	54.15	0.48	0.22	0.08	0.50	0.00	0.02	0.07	2.46	0.03
PROMEDIO	44.88	0.77	0.36	0.14	4.47	0.39	0.02	0.09	10.09	0.04

Cuadro N°3. Datos de muestras obtenidas en campo (*Fuente: Propias de estudio*)

Elemento	CACO ₃ EQ
Unidad	%
Método	CLA81V
M-1	78.17
M-2	95.42
M-3	53.08
M-4	97.09
M-5	87.88
M-6	92.25
M-7	96.27
M-8	----
M-9	92.54
M-10	92.63
M-11	89.74
M-12	96.74
M-13	96.77
END/FIN	

Cuadro N°4. Leyes de muestras obtenidas en campo (*Fuente: Propias de estudio*)

Leyes promedio:

CaCO₃: 89.05 %, (sin considerar leyes erráticas), la ley media es = **92.32%**.

Leyes promedio del **CaO**: = **44.88 %**.

Según reconocimiento de campo y mapeo geológico, se determinó que la dirección de los estratos mineralizados son de Noroeste a Sureste, además la mineralización hacia el Sur está controlado por fallas y fracturas post mineral.

4.2.1.3 Mineralogía

Caliza

La caliza es una roca sedimentaria que consta de 50% o más de minerales de calcita y dolomita, con predominio de la calcita. La dolomía es una roca similar, en la que predomina el mineral de dolomita.

Como uno de los extremos del espectro la caliza es alto en calcio, con al menos 95% de calcita, CaCO₃; en el otro extremo es dolomía de alta pureza, la que contiene de 87 a 94% del mineral de dolomita, CaMg (CO₃)₂, o 40 a 43% MgCO₃ principalmente emplazadas y conformando la matriz de la caliza y dolomía

El prospecto minero Tarmatambo, están conformado por minerales de calcita de color blanco, calizas y dolomías de color gris blanquecinas con alta efervescencia al ácido clorhídrico.

El tamaño y la pureza de un depósito y por lo tanto su valor comercial, dependen del entorno de la deposición y la historia mineralógica y tectónica.

Las Calizas altas en calcio tienden a ser aquellos que consisten en partículas de tamaño de arena más cemento espático, ya sea "grainstones" libre de barro o

"packstone" con sólo un poco de barro. Tales calizas fueron producidas en ambientes de alta energía, donde las aguas turbulentas o agitadas removían sedimentos fangosos. Por lo tanto, un estudio de los patrones de deposición - facies de caliza – en la formación Condorsinga nos puede ayudar en la localización de yacimientos de calizas altas en carbonato de calcio.

En el prospecto minero “Tarmatambo”, la petrología predominante es la caliza y el mineral predominante lo constituyen la calcita que rellenan texturas de calizas.

Dolomía

La mayoría, no todas, dolomía es un reemplazo de la caliza. Tal sustitución puede haber tenido lugar muy poco después de la deposición, "por metasomatismo mientras que los cristales de carbonato de calcio eran todavía influenciado por la composición de las aguas superficiales en su entorno de origen y por lo tanto puede ser denominado como dolomía primaria.

La mayoría de las dolomías, sin embargo, son claramente baldosas productos de cristales rómbicos del mineral de dolomita, hay sustitución de fósiles y otras estructuras pre-caliza existente. Comúnmente esta sustitución obtiene una textura "sacarosa" de rombos de dolomita separados por espacios porosos, las dolomías, como grupo, son mucho más porosas que las calizas.

En el prospecto minero Tarmatambo la presencia de dolomita y dolomía, se encuentra algo restringida.



FIG. 6. Rocas presentes en el Prospecto Tarmatambo. A) Roca caliza beige de grano fino, textura grainstone, presencia de venillas irregulares y concentraciones de calcita blanquecina.

B) Roca dolomía de grano medio - grueso, textura packstone, se observa mayor desarrollo de venillas de dolomita y ocasionales bioclastos reemplazados. (*Fuente propia de estudio*)

4.2.1.4 Controles de mineralización:

El principal control de mineralización en el prospecto minero Tarmatambo es el litológico, la mayor concentración de CaO, y CaCO₃ se encuentran en las calizas gris blanquecinas rellenas con calcita.

El control estructural, se determina en donde las estructuras con orientación N 30° - 40° W, N – S, son los mantos o cuerpos con mayor concentración de calcita y CaO.

Fallas post mineral controlan hacia el Sur la continuidad de las estructuras mineralizadas

Como otro control importante es el mineralógico, porque en donde predomina la calcita la presencia de óxido de calcio es importante. Y los contenidos de carbonato deben incrementar a medida como se va profundizando porque la calcita es un mineral primario profundo.

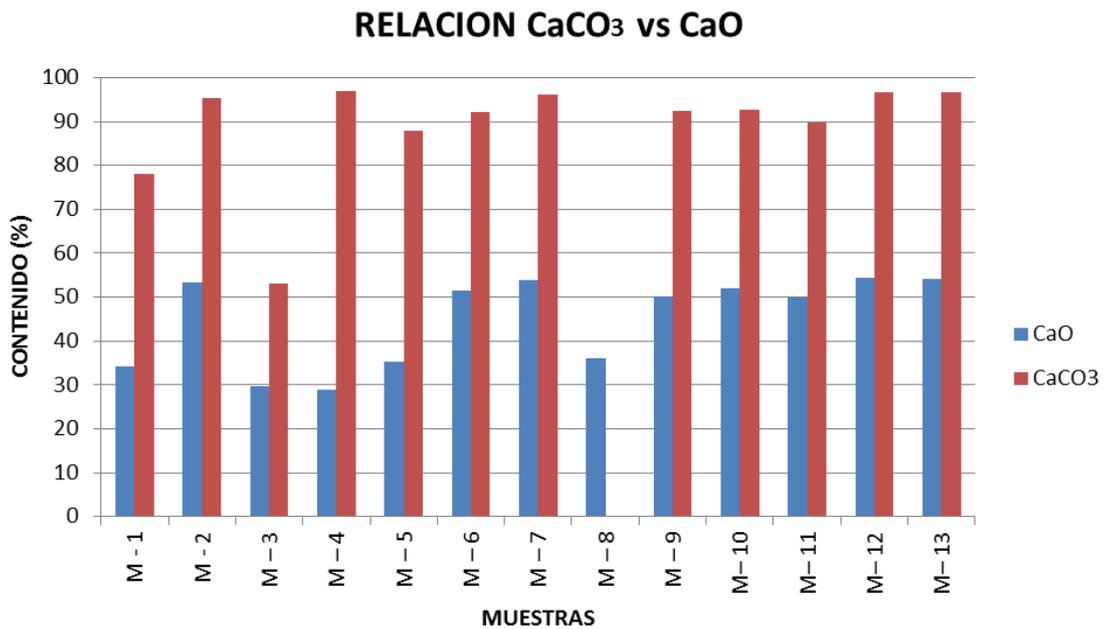


FIG. 7. Relación entre contenidos de CaCO_3 y CaO , en las muestras obtenidas – Prospecto Tarmatambo. (Fuente propia de estudio)

4.2.1.5 Perfiles geológicos

Para la realización de cálculo de recursos minerales en el prospecto Tarmatambo, se necesitó de perfiles geológicos del cuerpo calcáreo de mayor dimensión, para calcular las reservas de mineral conforme a su ley; de tal manera proponer el diseño de explotación más ajustable a los parámetros técnicos mineros particulares del yacimiento. La ejecución de los perfiles geológicos longitudinales del área mineralizada se aplicó el método de las isolíneas, con una dirección de Suroeste – Noreste para alcanzar la máxima longitud del área mineralizada.

Los perfiles transversales A-A', B-B', C-C', rumbo E - O para alcanzar mayor ancho, lo cual nos permitiría una mayor visualización de la geometría del bloque mineralizado calcáreo.

4.2.1.6 Cálculo de recursos minerales

Para realizar el cálculo de reservas se utilizó el método de los perfiles, donde se realizaron cortes longitudinales de orientación NS y EW, a una distancia de 25 m de perfil a perfil, en el cuerpo mineralizado.

Se consideró 03 secciones transversales a una distancia de 400 m cada una, se consideró como cota mínima la altura de la planicie 4,410 msnm y una altura máxima de 4,470 msnm.

El peso específico considerado para la caliza de Tarmatambo es de **2.5 Kg/m³**

4.2.1.7 Relación sobre carga - mineral

La superficie media de cada una de los perfiles se multiplica por la distancia entre perfiles para obtener el volumen de dicha área, este resultado a su vez va multiplicado por el peso específico para la caliza de Tarmatambo.

Según pruebas de laboratorio de rocas calizas y calcita, considerando el factor de esponjamiento, el peso específico de calizas es de 2,5 Kg/m³.

La relación sobrecarga material estéril / mineral en el prospecto, en los flancos del anticlinal es 1, salvo en la parte norte en que las calizas están cubiertas por material cuaternario e ichu.

4.2.1.8 Trabajos de exploración

Los estudios de prospección de caliza ejecutados, se basaron en el muestreo superficial mediante calicatas de exploración y de la confirmación de estas muestras mediante análisis químico.

El término 'prospectos razonables para una eventual extracción económica' implica un juicio de valor económico (aunque sea preliminar) con relación a los factores técnicos y económicos que podrían influenciar en la perspectiva de extracción

económica, incluyendo los parámetros mineros aproximados. En otras palabras, un Recurso Mineral no es un inventario de todo un yacimiento mineralizado perforado o del cual se han tomado muestras, sea cual fuere el contenido metálico o ley de corte, las probables dimensiones del yacimiento, o continuidad.

Es un inventario realista del yacimiento mineral Tarmatambo, que bajo condiciones técnicas y económicas asumidas y justificables podría, en su totalidad o en parte, convertirse en económicamente explotable.

Reporte de leyes de laboratorio del muestreo de afloramiento de las estructuras mineralizadas del prospecto minero Tarmatambo dieron los siguientes resultados:

- Leyes promedio: CaCO_3 : **89.05 %**

(Sin considerar leyes erráticas, la ley media de CaCO_3 es **92.32%**.)

- Leyes promedio del CaO : **44.88 %**.

Lo que indica que la concentración de los minerales del carbonato de calcio (CaCO_3) y el óxido de calcio (CaO), están sobre los rangos mínimos exigidos por la industria del cemento y otros.

Especificaciones mínimas del contenido en CaCO_3 y CaO para el cemento Portland

País	CaCO_3	CaO
Estados Unidos	Mayor 75%	Mayor 42%
Alemania	Mayor 75%	Mayor 42%
India	Mayor 72 % (- 80)	Mayor 40 % (- 45)

Sudáfrica	Mayor 76 % (- 80)	Mayor 42.7 % (- 45)
China	- - -	Mayor 48 %
Perú	Mayor 42.5 %	Mayor 45.2 %

Cuadro N°5. Especificaciones mínimas Cemento Portland (*Fuente: MTC GOB*)

Los contenidos de las impurezas y contaminantes están por debajo de los límites permisibles exigidos por la industria del cemento y otros.

- **Impurezas comunes en rocas carbonáticas**

Es frecuente encontrar impurezas junto a las rocas carbonáticas, constituyendo una información importante ya que posee incidencia en el valor económico del yacimiento. Las más comunes están constituidas por materiales arcillosos, los cuales son detectados a partir de los residuos solubles después del ataque ácido. La sílice es también un mineral bastante común en las calizas; puede presentarse como calcedonia en forma de grano fino, esferulitas o como relleno entre los cristales rómbicos de rocas dolomitizadas. También puede aparecer formando nódulos ya como pedernal. Cuarzo detrítico se ha observado en calizas y dolomías.

	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	TiO ₂
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
PROMEDIO	44.88	0.77	0.36	0.14	4.47	0.39	0.02	0.09	10.09	0.04

Cuadro N° 6. *Contenido de impurezas y contaminantes del Prospecto Tarmatambo. En relación a la fabricación del Cemento Portland se encuentran por debajo de los límites permisibles (Fuente: Propia de Estudio)*

4.2.1.9 Principales usos de calizas

La caliza del prospecto minero Tarmatambo, puede ser usada en:

- En la fabricación de cemento
- Como estabilizadores de suelos y carreteras.
- En cerámica.

- En la industria del vidrio.
- En la industria de refractarios.
- Manufactura de sosa caustica.
- Industria del papel.
- Industria de curtiembre.
- Industria del plástico.
- Industria de pinturas
- Industria de caucho o goma,
- Industria farmacéutica y cosmética
- Insecticidas y fungicidas.
- Industria minero metalúrgica, industria del hierro y acero, en fundición.
- Fabricación de magnesio y alúmina, flotados de minerales, preparación de CaO. Flotación de metales.
- Neutralizador de tierras acidas, preparación de alimentos balanceados para animales.
- Industria lechera, industria azucarera, industria gelatina y goma animal.
- Purificación de agua y tratamiento de efluentes, tratamiento de agua.
- Desulfuración de gases, etc.

Especificaciones de calidad (guía) para la evaluación de depósitos de caliza de acuerdo a su potencial y uso(s)

Requerimientos químicos físicos	Composición química (wt. %)																tamaño de grano	Comentarios	
	CaCO ₃ o CaO respectively	MgCO ₃ o MgO respectively	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₂	Cl	P ₂ O ₅	MnO	Cu	Pb	Zn	Insoluble18	LOI13			
Flux: - fundición y refinación (hierro, acero, metales no ferrosos) - vidrio - fibra de vidrio	(>90) >95 >98 >85	(>50,4) >53,2 >55,2 >47,6	<10 (tolerado, si es constante)	<5 (tolerado, si es constante)	<1,5(-6) <2	<1(-2) 0,3 - 1 no muy alto	tolerado (en gral. <2)	en gral. <0,5 0,01 - 0,3 <0,05	<0,05(-0,25) <0,5	<0,01(-0,05) <0,5	<1,5	<0,5	bajo	0,5 - 1		0 - 3, 0 - 8, 8 - 40, 20 - 63 mm; hoy preferido como polvo peletizado 100% < 2 mm, 96 - 100% > 0.15 mm	para hierro... aprox. <3% no carbonato; para acero: 20 - 25 cm ... para producción de aluminio: 90%<74 µm fracciones <74 µm y >2.4 mm inadecuadas; material debe ser uniforme, preferible que no contengan materia orgánica		
Producción de azúcar Camas de filtro	(>90) >98,5 aprox. >95	(>50,4) >55,2 aprox. >53,2	tolerado, si es <4 MgO	generalmente <1	<1,5 <0,05	<0,05								<4		30 - 400 mm; 60 - 120 mm 38 - 64 mm; 51 - 76 mm (± 5 - 10%)	duro; Fe ₂ O ₃ <0,5%; tamaño de grano depende del tipo de horno para cal fresca, no meteorizada, no polvo, no pinta, marcasita o arcilla, etc.; baja absorción de agua		
rellenos: - "blanqueado" - caucho, goma - plásticos - pinturas - comida, cosméticos, antibióticos, farmacéuticos, pasta dental - papel - comida de animales - fertilizantes - bitumen	>98,5 >98,5 >98,5 >98,5 >98 >93 >95 - 98 >85 - 90	>55,2 >55,2 >55,2 >55,2 >54,9 >52,1 >53,2 - 54,9 >47,6 - 50,4	bajo (<3 MgO)	<2	<2 <3	<0,25 <0,01	<0,5 bajo (<0,2)	<0,03 <30 ppm bajo	<0,0003 bajo					<0,05 Ba en insoluble	<2	<75 µm, 95%<44µm <74 µm 100%<44 µm hasta 100%<20 µm generalmente 5 - 44 µm generalmente <74 98%<43 µm, 50%<10 µm 95%<0.15 mm a <74 µm 0,18 - 1,25 mm 90%<90 µm (40 - 75 µm)	tiza, conocida como blanqueado; tamaño de grano en rango de µm; o caliza polvorea generalmente libre de materia orgánica; rellenos de alto grado tienen >85%; para cubrir: alta proporción 0,1 - 5 µm; no minerales duros, caliza dolomítica no usada; la composición y si es posible no fluorita, tamaño de grano varía considerablemente caliza polvorea casi siempre usada para este propósito		
producción de carburo cal viva (especificaciones generales) - ex Alemania Oriental	>97 - 98,5 >95 >88 - 97	>54,4 - 55,2 >53,2 >49,3 - >54,4	<1 - 4 <5 <1,5(<6)	<0,5 - 2 <2 <0,7(<3)	<1,2(-3) <0,9 <0,3(-3,5)	<0,75 <0,9 <0,3(-3,5)				<0,015						<1(-5)	homo rotatorio: 10 60 mm homo vertical: 30 - 160 mm	fuerza compresiva = aprox. 40 N/mm ² <1 mm para procesos con precalentamiento de ciclones y enfriamiento planetario	
Producción de soda Polvo para blanquear	>90(- 98,5) >95	>50,4 (- 55,2) >53,2	<3 - 6 <4	<1,5 - 3 <2	<3(-5) <1,5	<1,5 <0,3	<0,05 <0,05										50 - 125 mm	Total Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MnO = <2%	
Cerámicas, calidad 1 Cerámicas, calidad 2	>96 >89	>53,8 >49,9	<1 <8	<0,5 <4	<2	<0,3				<0,1							80%<74 µm	Tamaño de grano en vidrios y esmaltes <0,2 mm ("blanqueado" preferido)	
Neutralización de aguas servidas Agricultura	85 - 95 (>85-) >90	>47,6 - 53,2 (>47,6-) >50,4	<10 ventajoso	<5	bajo no muy alto	bajo <1	<1 <0,05	<0,02 <0,05							<5		<0,1 mm; 80%<74 µm <2(-4) mm	Después de BOYNTON 1980: elevado contenido de Fe ₂ O ₃ (cerca de 1 - 3%) tolerado Tamaño de grano fino es más efectivo, por ejemplo 0,1 - 0,2 mm	
Minas de carbón (barrera de polvo) Nitrato amonio de calcio	>90 >85	>50,4 >47,6	tolerado		<4 <10	tolerado				<0,05							<5	100%<0,84 mm, 70%<74 µm	Materia combustible <5%; caking debido a moisture contenido no tolerado
"cemento natural", LOI libre - después de RIES (1947), promedio - después de SIEGEL (1967)		28 - 55 46		3 - 32 18	16 - 35 24	2 - 20 7	1 - 8 4	1 - 7 5	0,5 - 3 1,6							22,9 - 41,3 35,6		caliza, puede ser dolomítica, con <13 - 35% material arcilloso	
Cemento portland: - República Federal de Alemania - Ex Alemania Oriental - India - Sudáfrica - Estados Unidos	>75 >78 >72(-80) >76(>80) 75	>42 >43,7 >40 (- 45) >42,7 (- >45) >42	<6 <4 <4(-10) <4,5 <6	<3 <3 <2(-5) <3,6 <3	<15 >10 <13 <7,5 <16	<5 >10 4 - 5 <1,5 <5	<4 <1 <0,6(-1) <0,5 <3	<1 <1,5 <0,6(-1) <0,5 <0,5	<0,5 <1 <0,6(-0,8) <0,5 <0,5	<0,2 <0,5(-1) <0,6(-1) <0,3(-1,5) <0,5							depende del tipo de horno, ejemplo: horno rotatorio grande: >3-<60 mm horno rotatorio pequeño con precalentamiento: >10-<60 mm horno rotatorio pequeño con precalentamiento de ciclones: 0,1 - 2 mm (<20%<40 µm)	Para cemento blanco: Fe ₂ O ₃ <0,01% poco MnO	
Piso en granjas de aves (casajo)	no importa pureza				no interfiere												3,2 o 6,4 mm o 9,5 mm de diámetro	Preferiblemente granos redondeados de tamaño uniforme;	

Cuadro N° 7. Especificaciones de calidad (guía) para la evaluación de los depósitos de caliza de acuerdo a su uso. (Fuente INGEMMET)

4.3 Prueba de Hipótesis

Para el presente cálculo de reservas minerales del prospecto Tarmatambo, solo se consideran los siguientes recursos minerales, en base a los trabajos de exploración, estudios geológicos de campo ya presentados, criterio geológico e interpretación de los reportes de ensayos químicos reportados por el laboratorio químico SGS del Perú.

4.3.1 Recursos Minerales

Los recursos minerales en el prospecto Tarmatambo, es una concentración u ocurrencia de interés económico intrínseco dentro o fuera de la corteza terrestre en forma y cantidad tal como para demostrar que hay perspectivas razonables para una eventual extracción económica.

La ubicación, cantidad, contenido metálico, características geológicas y continuidad de un recurso mineral se conocen, estiman o interpretan desde una evidencia y conocimiento geológicos específicos.

Dentro de los recursos minerales para el prospecto Tarmatambo, los recursos minerales subdividiremos, según confianza geológica ascendente, en categorías de Inferidos e, Indicados.

4.3.1.1 Recurso Mineral Inferido

Es aquella parte de un yacimiento mineral para la cual se puede estimar el tonelaje y contenido metálico con un bajo nivel de confianza. Se le infiere por la evidencia geológica y se le asume, pero no se verifica la continuidad geológica y/o el contenido metálico. Se basa en información reunida por medio de técnicas apropiadas de afloramientos, zanjas, cateos, calicatas, taladros de perforación que pueden ser limitados o de incierta calidad y confiabilidad.

Para el Prospecto Tarmatambo, después del análisis de perfiles y valoraciones realizadas ítems arriba, se considera el mineral inferido en:

800 m de largo x 450 m de ancho x 25 m de profundidad y un p.e. de 2,5 Kg/m³.

Haciendo un total de

22'500,000.00 TMH.

4.3.1.2. Recurso Mineral Indicado

Es aquella parte de un depósito mineral para la cual se puede estimar el tonelaje, peso específico del mineral, la forma, las características físicas y el contenido metálico con un razonable nivel de confianza. Se basa en información reunida por medio de técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, zanjas, calicatas, trincheras, pozos y taladros de perforación.

Los lugares de muestreo y estudio se encuentran muy distanciados el uno del otro o distanciados de manera inapropiada como para confirmar la continuidad geológica y/o del contenido metálico, pero se encuentran lo suficientemente próximos el uno del otro como para asumir dicha continuidad.

En el Prospecto Tarmatambo, luego de los datos obtenidos se considera el mineral indicado en:

800 m de largo x 450 m de ancho x 25 m de profundidad y un p.e de 2,5 Kg/m³.

Haciendo un total de:

22'500,000.00 TMH.

4.4 Discusión de Resultados

4.4.1 Recursos Totales

El total de reservas o recursos minerales obtenidos en el prospecto minero

Tarmatambo ascienden a; = **45'000,000.00 TMH.**

Con leyes promedio de CaCO_3 = **92.32%.**

Leyes promedio del CaO : = **44.88 %.**

RECURSOS TOTALES	TMH	CaCO_3	CaO
RECURSOS INFERIDOS	22,500,000	92.32%	44.88%
RECURSOS INDICADOS	22,500,000	92.32%	44.88%
	45,000,000	92.32%	44.88%

Cuadro N° 8. Recursos Totales del Yacimiento Tarmatambo (*Fuente propia de estudio*)

4.4.2 Criterios para el cálculo del Recurso Mineral Indicado e inferido

Los criterios geológicos utilizados en el cálculo del recurso mineral.

- El área ha sido medida en secciones longitudinales verticales, no se han hecho correcciones de buzamiento; esto constituye un factor de seguridad, a la vez que los buzamientos en general casi son verticales.
- Se asume una profundidad de 25 m. para el recurso mineral indicado y 25 m para el recurso mineral inferido.
- El peso específico considerado para los mantos mineralizados es de 2,5 Kg/m^3 . por factor de seguridad.

- d) La persistencia de los afloramientos de los cuerpos y mantos mineralizados permite extrapolar la profundidad.
- e) El tonelaje ha sido aproximado al millar más cercano terminando en cero.
- f) El mineral inferido e indicado es considerado con un factor de 100% de probabilidades.
- g) Las leyes del mineral inferido e indicado son consideradas los mismos que los reportados por laboratorio para estructura mineralizada.

CONCLUSIONES

- ✓ El yacimiento minero Tarmatambo se ubica 20.0 Km al SE del centro Poblado Tarmatambo. distrito de Tarma, provincia de Tarma región Junín.
- ✓ El deposito mineral Tarmatambo es un depósito sedimentario, formado por la concentración y precipitación de iones químicos de carbonato de calcio formando minerales de calcita y y rocas carbonatadas de calizas.
- ✓ La principal alteración hidrotermal supérgena observable es la limonitizacion en pequeñas cantidades como impregnaciones.
- ✓ El sistema principal de las estructuras mineralizadas tiene rumbo general de N 30° - 40° W, NS, con buzamientos semi verticales. Los minerales de mena son la calcita y la roca es la caliza.
- ✓ Entre los minerales contaminantes e impurezas tenemos: óxidos de aluminio, magnesio, sodio, potasio, silicio, manganeso, fosforo y titanio y otros.
- ✓ Los cuerpos y mantos mineralizados ha sido reconocido en superficie en longitudes de más de 800 m. de largo por 450 m de ancho, siendo su afloramiento continuo.
- ✓ En el yacimiento minero Tarmatambo evaluado tiene un potencial en el orden de 800 m de largo x 450 m de ancho x 50 m de profundidad y un p.e de 2,5 Kg/m³. haciendo un total de 45'000,000.00 TMH, con leyes promedio (Según SGS);

N° de muestra	CaO %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K ₂ O %	MgO %	MnO %	Na ₂ O %	P ₂ O ₅ %	SiO ₂ %	TiO ₂ %
PROMEDIO	44.88	0.77	0.36	0.14	4.47	0.39	0.02	0.09	10.09	0.04

La ley media de CaCO₃ es = **92.32%**.

Leyes promedio del CaO = **44.88 %**.

Lo que indica que se tiene un mineral económico de carbonato de calcio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- 1.-** Reconocimiento integral del prospecto Tarmatambo, y evaluar la posibilidad de realizar estudios geofísicos para determinar la geometría real del depósito.
- 2.-** Alineamiento y exploración de las estructuras mineralizadas y muestreo sistemático más detallado para determinar con mayor certeza y exactitud las leyes minerales del Prospecto y realizar una estimación de recursos de mayor grado de fiabilidad.
- 3.-** Realizar trabajos de exploración mediante perforaciones diamantinas por lo menos en mallas de 250 m x 250 m y una profundidad mínima de 50 m para cuantificar con mayor certeza las reservas minerales del depósito mineral Tarmatambo.

BIBLIOGRAFÍA

- A. DIAZ, J. RAMIREZ (2009)** Compendio de Rocas y minerales industriales en el Perú. - Boletín No 19, serie B: Geología Económica; INGEMMET.
- DALMAYRAC, B. LAUBACHERT, G.Y MAROCCO, R. (1988).** Caracteres Generales de la Evolución Geológica de los Andes Peruanos – Boletín N° 12 Serie; INGEMMET
- HARRISOS J.V. (1975)** Geología de los Andes Orientales de Perú Central. - Soc. Geológica del Perú Bol 21.
- INGEMMET (1996)** Geología del Cuadrángulo de Tarma, La Oroya y Yauyos. – INGEMMET
- PALACIOS, O. (1980)** El Grupo Pucará en la Región Subandina (Perú Central), - Sociedad Geológica del Perú- Bol 67, p. 153 – 162.
- PARK, CHARLES f. (1982)** Yacimientos minerales. - Ediciones Omega.
- TOWNLEY, Brian, (2001)** Metalogénesis: Hidrotermalismo y modelo de yacimientos, Geología Económica. - Departamento de Geología Universidad de Chile.

ANEXOS



Fotografía No 1. Afloramiento de bandas de calcita fracturada.



Fotografía No 2. Afloramiento de caliza con pequeñas concentraciones de calcita en el área de estudio.



Fotografía No 3. Flanco Oeste del anticlinal en el área de estudio.



Fotografía No 4. Calizas de textura cristalina en la zona de estudio.



Fotografía No 5. Afloramiento de extensos mantos de calizas con calcita.



Fotografía No 6. Afloramiento de extensos mantos fracturados de calizas y dolomías con calcita.



Fotografía No 7. Extensos afloramientos de mantos de calizas con calcita.



Fotografía No 8. Mantos de calizas y calcita con alta efervescencia con ácido clorhídrico.



Fotografía No 9. Calizas fracturadas blanquecinas, al fondo flanco del anticlinal.



Fotografía No 10. Inmensos afloramientos de mantos de calizas blanquecinas con venillas y concentraciones de calcita.



Fotografía No 11. Trabajo de recolección de muestras para análisis químico.