



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

**CÁLCULO DE RESERVAS PARA OPTIMIZAR LA
EXTRACCIÓN DE ROCA CALIZA EN LA EMPRESA
MINERA P'HUYU YURAQ II, CONCESIÓN ÍTALO,
CAJAMARCA, 2017**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

VARGAS SOLORZANO, SEAM ABIMAEEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

CAJAMARCA - PERÚ

2018

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi madre y abuelitos maternos por su apoyo y comprensión incondicional que estuvieron siempre a lo largo de mi vida universitaria.

A mi familia, que en todo momento son mi fuente de esmero y superación, las mismas que han hecho posible que se logre un objetivo de mi vida.

Seam Vargas.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, la Universidad Alas Peruanas - Filial Cajamarca, de la cual me siento orgulloso de ser egresado.

A mi Madre por su comprensión y nobleza del corazón que todo lo soporta y lo entiende.

A mis abuelos que viven en mí y que siempre están presente en mi corazón y mente, por sus consejos valiosos que compartieron conmigo y que lo llevaré presente todos los días de mi vida.

Mi agradecimiento a los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería de Minas por haber impartido sus conocimientos, orientación, enseñanzas y experiencias valiosas para el aprendizaje y logro de la especialidad.

A Dios por permitirme estar aquí con la vida, la perseverancia y la fe para poder superar las adversidades que da la vida, de las que siempre salimos adelante con valentía, así tener la satisfacción del deber cumplido.

Seam Vargas.

RECONOCIMIENTO

La investigación de esta tesis fue posible, en primer lugar, a la cooperación brindada por la Sra. Julia Edith Urrutia Cubas, Gerente de Minera P'huyu Yuraq II E.I.R.L. por su tiempo e información brindada para la elaboración de la presente tesis.

A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta contribuyeron a que este trabajo pudiera llevarse a cabo.

Seam Vargas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RECONOCIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1. Delimitación espacial	2
1.2.2. Delimitación social	3
1.2.3. Delimitación temporal	3
1.2.4. Delimitación conceptual	3
1.3. Problemas de investigación.....	3
1.3.1. Problema principal	3
1.3.2. Problemas secundarios	4
1.4. Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis y variables de la investigación	5

	Pág.
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis secundarias	6
1.5.3. Variables	6
1.5.4. Operacionalización de las variables	7
1.6. Metodología de la investigación	8
1.6.1. Tipo y nivel de investigación	8
1.6.2. Método y diseño de la investigación	8
1.6.3. Población y muestra de la investigación	9
1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	9
1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes del problema	12
2.1.1. A Nivel Internacional	12
2.1.2. A Nivel Nacional	15
2.1.3. A Nivel Local	17
2.2. Bases teóricas	20
2.2.1. Cálculo de Reservas	20
2.2.2. Extracción de Roca Caliza	31
2.3. Definición de términos básicos	39
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	41
3.1. Aspectos generales de la empresa minera	41
3.1.1. Ubicación	41
3.1.2. Área de influencia del proyecto	45

	Pág.
3.2. Descripción de la actividad en curso	46
3.3. Recursos minerales y geología	46
3.4. Estimación de recursos y reservas minerales	48
3.4.1. Estimación de Potencial de Reservas.....	48
3.4.2. Producción	60
3.5. Cálculo de vida útil:	60
CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	61
4.1. Prueba de hipótesis general	61
4.2. Prueba de hipótesis específica.....	61
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS	67
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	68
Anexo 2: Instrumentos de la investigación	69
Anexo 3: Fotografías	69
Anexo 4: Análisis de laboratorio	74
Anexo 5: Planos	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Operacionalización de las variables.	7
Tabla 3 Coordenadas Geográficas de Ubicación Ítalo WGS84.	41
Tabla 4 Área Afectiva	45
Tabla 5 Coordenadas de los puntos de muestreo.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Esquema de secciones en un yacimiento y.	23
Figura 2: Método por triangulación.....	24
Figura 3: Método de polígonos.....	25
Figura 4: Modelos de bloques de un yacimiento por bloques.	28
Figura 5: Modelo de bloques con bloques de diferentes dimensiones	29
Figura 6: Modelo de capas.....	30
Figura 7: Diagrama de la fabricación de cal.....	36
Figura 8: Mapa de Ubicación Mina Ítalo.....	42
Figura 9: Mapa de Ubicación Mina Ítalo.....	44
Figura 10: Calizas de la formación Cajamarca con alteración	47
Figura 11: Calizas de la formación Cajamarca.....	48
Figura 12: Reservas de caliza en la concesión Ítalo.	49
Figura 13: Reservas de caliza en la concesión Ítalo.	50
Figura 14: Calizas del punto 1.....	51
Figura 15: Zona de extracción del punto 2.....	52
Figura 16: Zona de extracción del punto 3.....	52
Figura 17: Zona de extracción del punto 4.....	53
Figura 18: Zona de extracción del punto 5.....	53
Figura 19: Medida de estratos.....	69
Figura 20: Identificación de minerales.....	70
Figura 21: Calizas aflorantes dela Fm Cajamarca.	70

	Pág.
Figura 22: Desmontera.	71
Figura 23: Zona de perforación.	71
Figura 24: Cantera.	72
Figura 25: Trabajadores de la empresa.	72
Figura 26: Hornos de calcinación.	73
Figura 27: Zona de carguío.	73
Figura 28: Entrada a la cantera.	74

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo calcular las reservas para la continuidad de la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo; los objetivos específicos comprenden determinar el tipo de depósito mineral, el porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio, el volumen del mineral de interés y realizar la evaluación con el código NIIF de acuerdo al cálculo de reservas. Se calcularon las reservas para la continuidad de la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, mediante la combinación de dos métodos el de triangulación y el de inverso a la distancia al cuadrado. El depósito mineral en la concesión Ítalo son calizas estratificadas de la formación Cajamarca, las cuales son óptimas para la producción de óxido de calcio, ya que no tienen cantidades considerables de minerales contaminantes. Se determinó el porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio con 5 muestras enviadas al laboratorio químico de la Universidad Nacional de Trujillo, obteniendo una ley promedio 84.13%. este resultado se ha usado en las formulas del inverso a la distancia al cuadrado. El volumen de mineral de interés para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, fue de 1 426 298.974 TM. La evaluación con el código NIIF de acuerdo al cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, tiene una vida útil de 43.25 años, produciendo 2743.78 Tm mensuales de caliza.

Palabras Claves: Calculo de reservas, extracción de roca caliza, ley mineral, caliza.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to calculate the reserves for the continuity of the extraction of limestone in the P'huyu Yuraq II mining company, Ítalo concession; The specific objectives include determining the type of mineral deposit, the average percentage of calcium carbonate grade, the volume of the mineral of interest and carrying out the evaluation with the IFRS code according to the calculation of reserves. Reserves were calculated for the continuity of limestone extraction in the P'huyu Yuraq II mining company, by combining two methods of triangulation and inverse to squared distance. The mineral deposit in the Ítalo concession are stratified limestones of the Cajamarca formation, which are optimal for the production of calcium oxide, since they do not have considerable amounts of contaminating minerals. The average percentage of calcium carbonate grade was determined with 5 samples sent to the chemical laboratory of the National University of Trujillo, obtaining an average grade of 84.13%. this result has been used in the formulas of the inverse to the squared distance. The volume of mineral of interest for the calculation of reserves in the extraction of limestone in the mining company P'huyu Yuraq II, was 1 426 298.974 TM. The economic evaluation with the IFRS code according to the calculation of reserves in the extraction of limestone in the P'huyu Yuraq II mining company, Ítalo concession, has a useful life of 43.25 years, producing 2743.78 monthly tons of limestone.

Key Words: Calculation of reserves, limestone extraction, mineral grade, limestone.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación denominado “Cálculo de Reservas para la Extracción de Roca Caliza en la Empresa Minera P'huyu Yuraq II, Concesión Ítalo, Cajamarca, 2017“, está estructurado en 4 capítulos y se detalla de la siguiente manera.

En el Capítulo I, se presenta las generalidades dentro de ello se puede detallar el planteamiento del problema, la cual comprende la descripción de la realidad problemática enfocada a los riesgos que acarrearán el no contar con cálculo reservas mineras, la delimitación de la investigación tanto espacial, social, temporal y conceptual, problemas de la investigación, objetivos general y específicos de la investigación, hipótesis general, específicas, variables, asimismo se operacionalizó las variables. La metodología de investigación se basó en Sabino, 2008; para determinar el tipo, nivel, método y diseño. Además, se realizó la justificación e importancia de la investigación.

En el Capítulo II, se detalla el marco teórico conceptual, que comprende los antecedentes internacionales, nacionales y locales del problema; las bases teóricas que son referentes a cálculos de reservas y extracción de roca caliza; y por último la definición de términos básicos.

En el Capítulo III, en este capítulo se describe el análisis e interpretación de resultados de la presente investigación referentes a cálculo de reservas donde se ha aplicado el método de triangulación e inverso a la distancia al cuadrado. Además, se detallaron los aspectos generales, la descripción de la actividad en curso, recursos geológicos y reservas mineras. El tema central es la estimación de recursos y reservas mineras.

En el Capítulo IV, en este capítulo se contrasta la hipótesis tanto general y específicos, quedando aprobadas todas las hipótesis.

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones como resultado del presente estudio. En los anexos, se implementaron planos, perfiles y análisis de laboratorio químico.

Además, la presente investigación permitirá a los lectores conocer información en cuanto a la producción de cal viva artesanal con miras a la industrialización.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el mundo de la minería, sucede que los minerales presentes en el subsuelo no tienen un valor en sí mismos. Su valor se va forjando a través de las diversas etapas del proceso productivo minero hasta convertirse en un producto que sí es posible vender en el mercado. Entonces las reservas serán consideradas económicas cuando el valor que se espera obtener por su venta supera los costos en los que se estima incurrir para sacarlos del subsuelo y procesarlos. (Morales, 2014)

El factor que afecta más directamente a las reservas mineras son las fluctuaciones de las cotizaciones de los metales. Por ejemplo, en un contexto de precios bajos el volumen de reservas se reduce, ya que se extraerán únicamente aquellas reservas rentables. La paradoja es que esto se da sin que el yacimiento sufra modificación alguna. En consecuencia, con precios más bajos habrá menos reservas y la vida útil de la mina será menor. (Rebaza, 2015)

Existe siempre un grado de incertidumbre en este cálculo de reservas, que a veces es significativo y es causado por diversos factores. Estos incluyen

calidad y cantidad de la información de perforaciones disponible; calidad y cantidad de información geológica recopilada; métodos de estimación de leyes utilizados; estimaciones de diluciones y/o factores de recuperación minera; etc. (Cuador, 2013)

Actualmente en el Perú, la roca caliza tiene un destino de producción muy diverso, siendo principalmente la industria del cemento, minería y agricultura.

La explotación del yacimiento de roca caliza en la concesión Ítalo requiere un ciclo continuo donde intervienen varios procesos, uno de estos procesos; que es de mucha importancia, es la evaluación de los recursos y reservas de mineral.

La empresa minera P'huyu Yuraq II, en su concesión Ítalo, ha surgido el interés por la explotación de la roca caliza ya que geológicamente la región presenta formaciones calcáreas, pero no todas estas rocas calizas son de buena calidad para la producción de óxido de calcio, por tanto, es necesario realizar el cálculo de reservas de calizas para mantener un buen planeamiento de extracción.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevó a cabo en el Caserío de Ventanillas, Distrito Magdalena, departamento y provincia Cajamarca, en la empresa minera P'huyu Yuraq II, en su concesión Ítalo que abarca 100 hectáreas donde afloran rocas calizas óptimas para la producción de óxido de calcio.

1.2.2. Delimitación social

La investigación se limitó a trabajar con los 29 moradores del caserío Ventanillas que trabajan en la planta de producción Ítalo de la empresa minera P'huyu Yuraq II.

1.2.3. Delimitación temporal

La presente investigación se realizó entre el 05 de setiembre del 2017 al 05 de febrero del 2018, en lo cual se desarrolló el estudio de cálculo de reservas de rocas calizas para la extracción minera.

1.2.4. Delimitación conceptual

A lo largo de la tesis se trabajó con conceptos relacionados a nuestras variables de investigación, como son:

- Cálculo de reservas.
- Extracción de caliza.
- Ley de mineral.
- Densidad de la roca.
- Código NIIF.

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

¿Cómo influye el cálculo de reservas en la optimización de la continuidad de la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017?

1.3.2. Problemas secundarios

- ¿Cuáles son las características físicas y mineralógicas de las rocas de interés para la extracción minera en la empresa P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017?
- ¿Cuál es el porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017?
- ¿Cuáles son las reservas probables para la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017?
- ¿Cuál es la evaluación de acuerdo al código NIIF en el cálculo de reservas para la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Calcular las reservas para la optimización en la continuidad de la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físicas y mineralógicas de las rocas de interés para la extracción minera en la empresa P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Determinar el porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Determinar las reservas probables para la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Realizar la evaluación con el código NIIF de acuerdo al cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

1.5. Hipótesis y variables de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

Si se calcula las reservas mineras se optimizará la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, ya que con ello se evaluará el tiempo de vida útil de la mina, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

1.5.2. Hipótesis secundarias

- Con la determinación del tipo de depósito mineral se logrará calcular las reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Con la determinación del porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio se logrará aplicar el método de inversa a la distancia para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Si se determina el volumen de mineral de interés se logrará calcular el tonelaje para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.
- Si se realiza la evaluación de acuerdo al código NIIF en el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, se logrará determinar la vida útil de la mina y el cash flow, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.

1.5.3. Variables

a. Variable independiente

- Cálculo de reservas.

b. Variable dependiente

- Extracción de roca caliza.

1.5.4. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables.

Variable	Tipo de variable	Definición contextual	Dimensiones	Indicador
Cálculo de reservas	Independiente	Es una medida que describe el grado de concentración de recursos naturales valiosos (como los metales o minerales) disponibles en una mena.	Triangulación	Área (m ²)
				Potencia (m)
Extracción de roca caliza	Dependiente	Es la obtención selectiva de algunos minerales y otros materiales de la corteza terrestre. Con la venta de estos minerales podemos obtener un beneficio económico.	Inverso al cuadrado a la distancia	Volumen (m ³)
			Desbroce	% de CaCO ₃
			Perforación	Volumen del depósito (m ³)
			Voladura	Remoción del top soil
				Malla de perforación
				Tipo de explosivos a usar

Fuente: Elaboración propia, 2017.

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Tipo y nivel de investigación

a. Tipo de investigación

La investigación fue Descriptiva, ya que su preocupación primordial radica en describir algunas características del depósito de calizas para luego realizar el cálculo de reservas de la concesión Ítalo. Las investigaciones descriptivas utilizan criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio; para la presente tesis se usaron datos estadísticos obtenidos por cada calicata. (Sabino, 2008, p. 47)

b. Nivel de investigación

El nivel de investigación es correlacional, la cual tiene por finalidad determinar el grado de relación existente entre dos o más variables. En este caso se determinó el grado de influencia del cálculo de reservas en la extracción de roca caliza de la concesión Ítalo. (Sabino, 2008, p. 150)

1.6.2. Método y diseño de la investigación

a. Método de la investigación

Se utilizó el método científico ya que mediante pasos, técnicas y procedimientos se ha realizado el cálculo de reservas y así dando la verificación de hipótesis. (Sabino, 2008, p. 20)

b. Diseño de la investigación

Se utilizó el diseño de campo ya que los datos de interés se recogieron en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del tesista. (Sabino, 2008, p. 47)

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a. Población

La población estuvo constituida por la Concesión Minera Ítalo de 100 hectáreas de roca caliza.

b. Muestra

La muestra de la investigación fue la zona de cantera de explotación la cual comprende 6 hectáreas en la Concesión Minera Ítalo.

1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas de investigación

Las técnicas que se utilizaron para obtener la información y la metodología en la elaboración de la presente tesis son:

- Carta geológica del INGEMMET, donde se han evaluado los planos que albergan a la formación geológica Cajamarca, óptimas para la elaboración de óxido de calcio.
- Muestreo aleatorio superficial de la concesión minera, se ha recogido muestras de calizas dentro de la concesión Ítalo las cuales fueron llevadas a un laboratorio químico para su cálculo de ley.

- Cartografiado Geológico de la zona de estudio. A través del cual se ha definido las zonas de interés geológico para el cálculo de reservas de caliza.

b. Instrumentos de investigación

Los instrumentos que se utilizaron en el presente trabajo de investigación son:

- Ficha para la determinación de ley promedio de CaCO_3 .
- Fórmula del inverso al cuadrado a la distancia, para calcular las reservas.
- Ficha de la estimación potencial de reservas de caliza.

1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

a. Justificación

En la presente tesis se busca calcular las reservas, para optimizar la extracción de roca caliza, para lograr este objetivo se aplicarán dos métodos el de triangulación y el de inverso al cuadrado a la distancia.

El cálculo de reservas se debe realizar por que es necesario llevar un control del planeamiento de extracción, y evaluar el tiempo de vida de la mina.

Este tema se realiza para que las pequeñas y medianas empresas mineras puedan realizar el planeamiento a largo, mediano y corto plazo con la idea de mejorar la explotación minera en base a reservas mineras, minimizando los costos de producción y maximizar los ingresos.

Los resultados de la presente investigación beneficiarán directamente a la Empresa Minera P´huyu Yuraq II, ya que con ellos se podrán evaluar la rentabilidad y el tiempo de vida útil de

la concesión Ítalo. Además, los aportes del presente trabajo de investigación podrían servir de guía para posteriores investigaciones de interesados en realizar cálculo de reservas para minería no metálica.

b. Importancia

En la industria minera el cálculo de las reservas minerales explotables durante todas las etapas del proceso es de suma importancia para lograr una productividad efectiva.

La estimación de reservas es una operación de alta responsabilidad que determina en gran medida el valor industrial de un yacimiento mineral.

Esta tesis es un requisito indispensable para obtener el título profesional de ingeniero de minas importante

c. Limitaciones

- La determinación de la potencia es variable ya que no se sabe exactamente la prolongación de los estratos de roca caliza.
- El cálculo de tiempo de vida útil de la mina es variable ya que el pedido de óxido de calcio por minera Yanacocha varía desde 1 300 a 2 500 toneladas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. A Nivel Internacional

Reinoso, (2015), presentó su Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero de Minas, titulada: *“Evaluación de Reservas y Diseño del sistema de Explotación del Área Minera Mary Elena Código: 102317”* a la Universidad Central del Ecuador, Quito. La investigación tuvo como objetivo evaluar las reservas del Área Minera Mary Elena y elaborar su diseño de explotación. En la investigación se concluyó lo siguiente: La planificación minera del presente proyecto es a 5 años con un plan de explotación a mediano plazo de las reservas de la cantera. El diseño de explotación que se propone es un banqueo descendente en cual se ha planteado 4 niveles de explotación con una altura de 5 metros cada uno. Para calcular las reservas se realizó 9 cortes transversales en sentido N 58° E con la ayuda de Autocad Civil 2015 obteniéndose un total de 367222.5 toneladas como Reservas Probadas, considerando la característica que tiene la caliza de presentar oquedades, con el uso del software Vulcan 8.0

se obtuvo un total de 399325 toneladas y con el Gemcom 6.3 se calcula 399318.46 toneladas. Como Reservas Probables tenemos 1321851.66 toneladas y como Reservas Posibles 1714368.53 toneladas.

Cuador, (2013), presentó su Tesis Doctoral, titulada: *“Estudios de Estimación y Simulación Geoestadística para la Caracterización de Parámetros Geólogo - Industriales en el Yacimiento Laterítico Punta Gorda”* a la Universidad de Pinar del Río, Cuba. Para la caracterización de la potencia mineral es imposible obtener una red racional utilizando valores puntuales en el proceso de estimación, sólo es posible obtener una red con espaciamiento ligeramente superior al tamaño de los bloques de estimación haciendo cambio de soporte a partir de los datos simulados. Sin embargo, para la determinación de los contenidos de níquel es posible obtener redes del orden de la actual. En los bloques estudiados O53, O54, O55, P53, P54 y P55 la red racional para la determinación de la potencia mineral es de 8.24 m utilizando cambio de soporte, y para el níquel es de 26.29 m utilizando valores puntuales y 36.85 m haciendo cambio de soporte. La determinación de la masa volumétrica por métodos de la Geoestadística Multivariada de integración de información arroja resultados satisfactorios para el completamiento de la información de este parámetro y su aplicación al cálculo de reservas. La metodología propuesta para la utilización de los métodos geoestadísticos sirve como guía útil para el desarrollo de aplicaciones de esta herramienta en los yacimientos lateríticos. Haciendo uso conjunto de las técnicas de estimación y simulación geoestadística, se puede contribuir a una mejor caracterización de sus recursos ante las complejidades geológicas de éstos yacimientos. Partiendo de la similitud en las condiciones de

formación de los yacimientos lateríticos, la metodología propuesta puede ser aplicada en depósitos similares.

Gavilanes y Torres, (2013), presentaron su proyecto previo a la obtención del título de ingenieros en petróleos, titulada: *“Actualización de Reservas y Estimación de la Producción de los Campos Auca y Auca Sur”* a la Universidad Politécnica Nacional, Quito. El presente proyecto tiene como objetivo determinar las reservas e incrementarlas con respecto a los estudios previos. Este se desarrollará en cuatro etapas, con el fin de realizar un mejor estudio en la Actualización de reservas y predicción de la producción de los campos Auca-Auca Sur. El análisis de las propiedades petrofísicas de las arenas a partir de los registros eléctricos de cada uno de los pozos se encuentra en la segunda parte del presente proyecto. Aquí también se detallan las propiedades de los fluidos presentes en cada una de las arenas, estas propiedades fueron obtenidas de los análisis PVT disponibles y generalizadas para las arenas. Utilizando el método de cálculo que mejor se ajusta a las condiciones del campo, se procedió a determinar las reservas existentes en las diferentes arenas del campo. Para este cálculo se obtuvieron nuevos factores de recobro, ya que los vigentes hasta el 2012 no se ajustaban a las condiciones actuales del campo. Finalmente, basándonos en los historiales de producción del campo y partiendo de la situación actual del mismo, se realizó una predicción futura de los posibles escenarios de producción para cada una de las arenas dentro de ciertos periodos de tiempo.

2.1.2. A Nivel Nacional

Torres, (2015), presentó su Tesis para optar por el título de Ingeniero de Minas, titulada: “*Metodología para la Estimación de Reservas Minerales en Minera Bateas*” a la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú. Esta metodología para la estimación de reservas minerales es robusta, auditable y nos entrega una buena calidad de información para la elaboración de los planes a corto, mediano y largo plazo. Refleja lo que se tiene en la operación tanto en la dilución como en los costos. Tener un modelo de bloques de reservas nos permite una visualización en 3D y en consecuencia su ubicación en el espacio, en donde se puede realizar el secuenciamiento para los planes. La dilución es uno de los parámetros más importantes en una mina, medirla y controlarla trae consigo extraer mineral de mejor calidad y en consecuencia una reducción de costos al no romper, extraer, procesar el material estéril. Otro parámetro importante para la estimación de reservas minerales son los costos. El precio de los metales los define el mercado internacional y una empresa minera no puede tener control de estos, pero puede controlar sus costos y de esta manera volverse más rentable. Las reservas minerales en estas vetas serían de 2.6 M de toneladas.

Morales, (2014), presentó su Tesis para optar por el título de Ingeniero Geólogo, titulada: “*Cocientes Metálicos y Calculo de Reservas Minerales de la Veta Cinthia - Proyecto Minero Caracol S.A.C.-Barranca - Lima*” a la Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú. En el presente trabajo se ha considerado como estructura más importante a la que ha servido para la formación de la veta Cinthia por ser la fuente de mayor producción de mineral. Presentando como minerales principales: la galena, la bornita,

calcopirita, minerales con contenido metálico de Pb, Zn, Cu y como minerales de ganga se observa al cuarzo, pirita, calcita, limonita. En cuanto a los cocientes metálicos de Au/Ag se observa hasta 4 núcleos principales: uno ubicado al SE con un máximo valor de 0.239; el segundo en la parte central con un valor máximo de 0.349 y, un tercero ubicado al NW con máximo valor de 0.306 el último que está ubicado a NW con un valor 0.253. En el cociente metálico Au/Pb las curvas de menor valor se encuentran entre las coordenadas 236,300E, 8809,100N y están en los niveles inferiores; mientras las curvas de valores altos se encuentran al SW de la estructura, en la parte central y hacia el NW. Superponiéndose con los cocientes Au/Ag presenta cierta similitud. Los flujos mineralizantes siguieron una dirección SW hacia superficie. En el cálculo de reservas se ha tomado al mineral medido, aquel que se encuentra por encima de cut off y se le ha dividido en dos clases: mineral probado que nos da un tonelaje de 44,079.80 T.M.S. y mineral probable un tonelaje de 26,787.91 T.M.S. dándonos como resultado de 70,867.71 T.M.S. con leyes promedios 1.134onz de Au, 5,94onz. de Ag, 0.518% de Pb, de reserva de mineral probado. En cuanto al mineral inferido considerado como zona pobre se ha tomado al mineral posible en la cual el tonelaje y ley es una presunción razonable.

Olórtegui, (2013), presentó su Tesis para optar por el título de Ingeniero de Minas, titulada: "*Determinación de la Ley de Corte, Valor de Mineral y estimación de Reservas Aplicado en Compañía Minera Atacochas A.A, al 31 de marzo del 2013*" a la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú. La investigación aplicó los lineamientos del código de JORC y los factores considerados para el cálculo de reservas, se ha estimado al 31 de marzo del 2013 para Compañía Minera Atacocha la cantidad de 2, 761,559 TM de reservas con 5.11

%Zn,0.50%Pb, 0.29%Cu y 0.97 Oz Ag/TM. Las reservas probadas representan el 52 %y las probables el 48% del total, de los 4, 449,420 TM de recursos, el 39% provienen de los medidos, 33% de indicados y 28% de los inferidos, se ha deducido los recursos que se encuentran como puentes y los recursos inferidos, resultando 2, 871,848 TM, este valor es afectado por una recuperación de mineral, una dilución y una ley de corte, resultando 2, 761,559 TM de reservas Se ha considerado un Cut Off de 3.55 %Zn Eq. Con un NSR de 24.57 US\$/TM. Una Dilución que varía para cada dominio estructural entre 11 % y 15 %, según el método de minado empleado en la mina. La recuperación de mineral que varía de 86 % a 96 % y el factor de conciliación de leyes que varía de 70 % a 97 %, en relación a las reservas y lo real.

2.1.3. A Nivel Local

Rebaza, (2015), presentó su Tesis para optar por el título de Ingeniero Geólogo, titulada: “*Estimación de reservas probables de yacimientos no metálicos en arcillas del distrito de Llacanora Cajamarca, Perú – 2015*” a la Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú. La presente investigación se desarrolló al Sureste de la ciudad de Cajamarca, en el Distrito de Llacanora, Provincia y Departamento de Cajamarca, tiene un área total de 7 km² y se encuentra a una altura de 2760 m.s.n.m. El propósito de la investigación se basa en aprovechar la abundante cantidad de materiales arcillosos presentes en dicho distrito y cuya estimación de reservas probables es objeto de estudio. Es importante saber si aquellos depósitos acumulan una buena concentración de minerales arcillosos que permitan una explotación a mediano plazo y puedan ser aprovechados en el futuro. Se determinó numéricamente las

reservas probables en toneladas métricas teniendo como datos la densidad determinado en laboratorio y el volumen calculado mediante el software Autocad Civil 3D 2016, lo cual dio como resultado un total de 401,327.554 T.M. lo que cubriría un alto índice de porcentaje para la producción regional y nacional. Los depósitos estudiados se clasificaron como Arcillas Caoliníticas según los análisis de Difracción de Rayos X analizados en el laboratorio de INGECONSULT & LAB ha pedido del tesista.

Piérola, (2015), presentó su Tesis para optar por el título de Ingeniero Geólogo, titulada: “*Optimización del Plan de Minado de Cantera de Caliza La Unión distrito de Baños del Inca – Cajamarca, 2015*” a la Universidad Nacional del Altiplano, Cajamarca - Perú. El objetivo fue evaluar las características geomecánicas del yacimiento, reservas minerales y el ciclo de operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y transporte, Se ha determinado como línea de base a las operaciones mineras actuales la determinación de la calidad del macizo rocoso de calizas se ha determinado un RMR 57 es una roca de calidad regular con una densidad en banco de 2.51 TM/m³, las reservas minerales son 855972.00 TM, los resultados de la voladura son de 65 m³ de roca fragmentada o roca suelta diaria, el transporte es en volquetes Dodge 800 de 6 cubos la producción diaria se ha adecuado a 30 TM/día de calcinación de los dos hornos con una capacidad operativa de 50 % ,con esta producción diaria se logra una ganancia de US \$ 10 468.67 mensuales. Se ha logrado optimizar la producción de 80 TM/día de roca fragmentada de caliza para abastecer a la capacidad de calcinación de los dos hornos A y B, las estadísticas de capacidad de calcinación nos muestran que se ha logrado determinar la capacidad óptima de calcinación de 63TM/día, en una calidad de roca regular de RMR 57, la densidad de

la caliza varia de 2,40 a 2,52 TM/m³, la resistencia compresiva uniaxial varia de 50.34 a 95.55 MPa, incrementando la profundidad del taladro de 1.20 m a 1.80 m, el número de taladros de 8 a 10 adicionando ANFO en el segundo caso, el transporte en volquetes volvo FM 440 de 15 cubos se logra incrementar a un volumen de 121.30 m³ de roca suelta, obteniendo una producción de 80 TM / día, las ganancias fueron US \$ 21 028.00.

Correa y Santillán, (2016), presentó su Tesis para optar por el título de Ingeniero de Minas, titulada: "*Factibilidad Económica de la Explotación de Roca Caliza para Producir Óxido de Calcio en la Concesión Minera No Metálica José Gálvez, Bambamarca, Cajamarca*" a la Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú. El estudio determinó una alta concentración de mercado por parte de los consumidores, los cuales son Yanacocha, Minera Coimolache, Minera Shahuindo, GoldFields, Lúmina Copper, así como municipalidades; los cuales se abastecen de la compra de terceros. Un factor elemental a considerar en el estudio fue la ley promedio de carbonato de calcio, por su alta incidencia dentro de la viabilidad y recuperación económica. El tipo de yacimiento es importante también por su influencia en los costos de explotación por tanto la localización de este yacimiento representa una ventaja con respecto a la competencia. Realizar un proyecto de esta envergadura significa realizar una elevada inversión cercana al 10 338 923.4 nuevos soles, pero dada la alta rentabilidad de este negocio es posible la recuperación del capital inicial en un plazo cercano a 0.35 años con una producción de 2000 toneladas mensuales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cálculo de Reservas

a. Concepto

La estimación de las reservas es una actividad fundamental para cualquier proyecto minero. Esto debido a que los proyectos mineros requieren un gran flujo de capital de inversión, generalmente proveniente de diversas fuentes de financiamiento. Sin embargo, se debe tener un alto grado de exactitud y conocimiento de la cantidad de mineral a ser extraído y determinar el grado de beneficio a ser alcanzado con el proyecto. El cálculo de reservas es la evaluación cuantitativa y cualitativa del mineral que puede ser extraído con beneficio y legalmente del depósito mineral durante la minería. (Cuador, 2013)

La estimación o cálculo involucra “no sólo la evaluación del tonelaje y tenor (Porcentaje neto de mineral económicamente recuperable de una mena) de un depósito sino también la consideración de los aspectos técnicos y legales para la minería del depósito, beneficio mineral y venta del producto”. (Rebaza, 2015)

Es importante recordar que el cálculo de reservas minables depende de los aspectos legales y técnicos actuales y futuros. Es por esto que los proyectos mineros tienen altos niveles de riesgo. (Rebaza, 2015)

b. Metodología de la Estimación de Recursos

Una estimación de los recursos se basa en las características físicas inferidas del depósito mineral a partir de la colección de datos, análisis de datos y modelo geológico. Algunos de los elementos relevantes para la evaluación del yacimiento son (Reinoso, 2015):

- El tamaño, forma y continuidad de las zonas del yacimiento.
- Distribución de frecuencia del tenor del mineral (zonas del mismo tenor, distribución vertical de tenores).
- La variación espacial del tenor mineral (desarrollo de modelos de bloques con tenores específicos).
- Elementos estructurales y geológicos como fallas, morfología del yacimiento, contactos, entre otros.

Para poder establecer una estimación de reservas adecuada es importante tener una idea básica del proceso minero a ser empleado. Esto es relevante ya que cada actividad minera permite recuperar volúmenes de mineral particulares. (Olórtegui, 2013)

c. Métodos Clásicos

Las estimaciones de recursos manuales normalmente se usan en planos o secciones transversales con información que incluye perforaciones o sondeos, valores de muestreos e interpretación geológica del yacimiento. Estos métodos clásicos tienen la ventaja de ser sencillos en su construcción y cálculo. (Olórtegui, 2013)

Sin embargo, presentan varias desventajas particularmente en la precisión y realismo de las evaluaciones. Las desventajas en la precisión se deben mayormente a que generalizan el

comportamiento de una zona, que puede llegar a ser amplia, basándose sólo en los resultados de uno o pocos sondeos o perforaciones cercanas. Esta limitación es muy importante cuando se realizan estimaciones de yacimientos muy irregulares o diseminados que pueden presentar grandes variaciones en cortas distancias. A pesar de esto son métodos prácticos y aplicables para hacer estimaciones económicas de reservas en yacimientos con geometrías regulares y para verificar evaluaciones de modelos generados por computadora. (Olórtegui, 2013)

- **Método de Secciones**

Este método de evaluación divide el yacimiento en secciones o “cortes” verticales y paralelos entre sí para obtener cortes transversales del yacimiento, como se aprecia en la Figura 1. A partir de estos cortes se puede obtener el volumen y tonelaje de estéril y mena siguiendo las siguientes fórmulas (Piérola, 2015):
Para el cálculo de volumen (V) se emplea la Fórmula 1:

$$V = \frac{A1+A2}{2} * L1 \dots\dots\dots \text{(Fórmula 1)}$$

Para el cálculo del tonelaje (T) se aplica la Fórmula 2:

$$V = \frac{A1+A2}{2} * L1 \dots\dots\dots \text{(Fórmula 2)}$$

Donde L es la densidad media del mineral (t/m³).

Es importante destacar en este aspecto que para las toneladas de estéril se deben emplear las áreas correspondientes al estéril de las secciones y la densidad del estéril. Lo mismo se aplica para el cálculo del volumen y tonelaje de mena. (Cuador, 2013)



Figura 1: Esquema de secciones en un yacimiento y elementos del cálculo de reservas empleando el método de secciones.

Fuente: (Cuador, 2013).

Uno de los puntos más relevantes sobre la aplicación de este método es que se recomienda que las secciones construidas contengan la mayor cantidad de perforaciones alineadas posibles. Esto es importante para poder tener la mayor precisión en la representación del yacimiento en las secciones. (Reinoso, 2015)

Otro punto relevante sobre este método, es que mientras el número de perforaciones existentes en el yacimiento sea mayor, se obtendrá alta precisión en el cálculo de reservas mediante secciones. Por supuesto, el costo de los sondeos es regularmente alto y siempre se intenta establecer un patrón exploratorio económicamente rentable y que proporcione la suficiente información para dar inicio a la explotación con un cierto grado de certeza en la estimación de reservas. (Rebaza, 2015)

- **Método por Triangulación**

El método de triangulación consiste en construir prismas rectangulares usando tres perforaciones contiguas como vértices del respectivo prisma. Como se puede apreciar en la Figura 2, el procedimiento se resume en la unión de los sondeos existentes por líneas rectas, luego se establece un prisma rectangular usando tres perforaciones cercanas como vértices. El tenor o ley de cada prisma se obtiene como la media aritmética del tenor correspondiente a cada perforación o vértice del prisma. También se puede estimar como la media ponderada entre los tres vértices. (Morales, 2014)

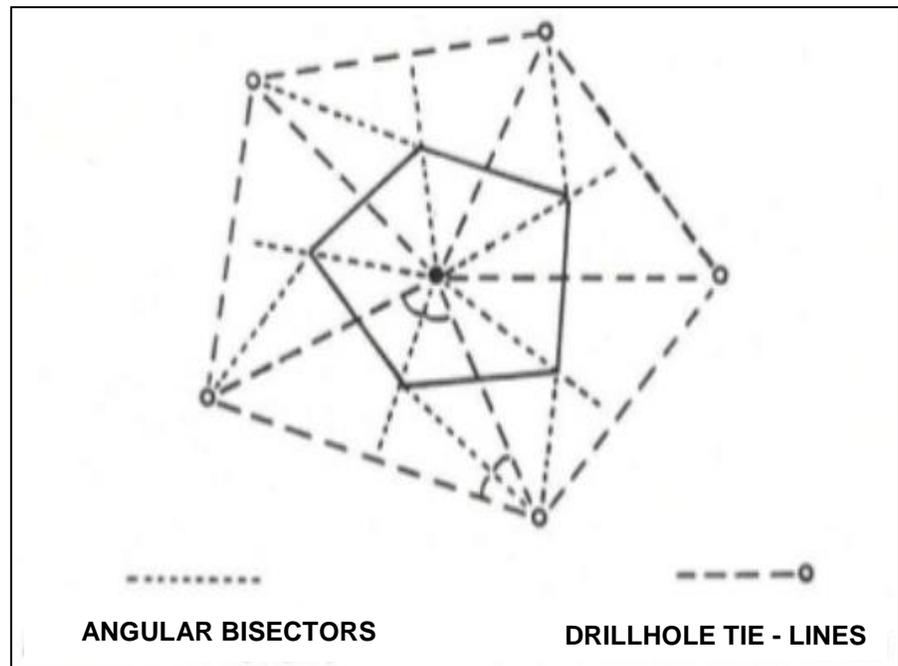


Figura 2: Método por triangulación.
Fuente: (Morales, 2014).

Sin embargo, este método puede originar errores importantes en las estimaciones de reservas.

- Métodos de Polígonos

El método de los polígonos tiene principios similares al método de triangulación, pero en este caso el polígono se construye teniendo a una perforación específica como centro del área. Como se aprecia en la Figura 3, una perforación o sondeo ejerce un área de influencia sobre la cual se establece el área que se usará como base. (Piérola, 2015)

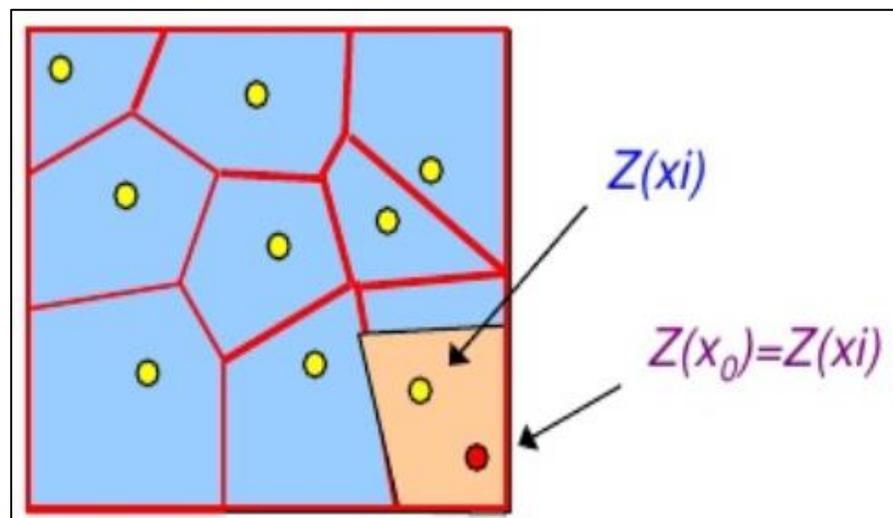


Figura 3: Método de polígonos.
Fuente: (Piérola, 2015).

Como se puede apreciar en la Figura 3, cada elemento se construye con las mediatrices dibujadas de los segmentos rectos que unen a cada sondeo cercano con el sondeo eje de dicho polígono. Estas mediatrices definen el área poligonal, mientras que el tenor o ley del sondeo eje establece la ley general de dicha área. (Rebaza, 2015)

Por supuesto, al igual que ocurre con los demás métodos geométricos, esta hipótesis sobre la ley o tenor de un polígono normalmente es poco realista. En muchos casos, se encuentra

que el tenor dentro tiene grandes variaciones con el tenor correspondiente al sondeo eje de dicho polígono. (Morales, 2014)

Uno de los elementos negativos de este método es que sólo considera la influencia y comportamiento del sondeo o perforación eje del polígono. Una aplicación más realista debería tomar en consideración el comportamiento de los sondeos cercanos para poder tener una estimación o evaluación más precisa de las reservas del yacimiento. (Morales, 2014)

- **Métodos Contemporáneos**

Con el avance de los sistemas informáticos y los programas de computadora, se han logrado importantes mejoras en el desarrollo de programas mineros, en todas sus fases. Uno de los adelantos mineros más importantes ha sido el desarrollo de paquetes de software o programas mineros para el modelamiento geológico y evaluación de reservas. En el aspecto particular de la evaluación de reservas, los programas informáticos han permitido el cálculo de reservas empleando grandes volúmenes de información minera de los yacimientos. (Torres, 2015)

- **Modelos geométricos:**

- **Métodos de Bloques**

Este método consiste fundamentalmente en modelar el yacimiento como una serie de bloques o cubos con

dimensiones definidas, generalmente de iguales dimensiones para todos los bloques, e información específica en los mismos, como tenor, calidad, estéril, etc. De acuerdo al dimensionamiento de los bloques depende de varios aspectos, entre ellos los principales son (Torres, 2015):

- Variabilidad de las leyes o tenores.
- La continuidad geológica en el yacimiento.
- Tamaño de las muestras o sondeos y la distancia entre ellas.
- Capacidad de los equipos mineros a ser empleados.
- Taludes del diseño minero.
- Capacidades propias del equipo de computación usado.

La construcción de los bloques y la adjudicación de características de cada uno se realizan mediante variogramas por computadora tomando como base los sondeos o perforaciones y demás datos geológicos de relevancia.

En la Figura 4, se aprecia un modelo general con bloques de tamaño regular a través de todo el yacimiento. (Torres, 2015)

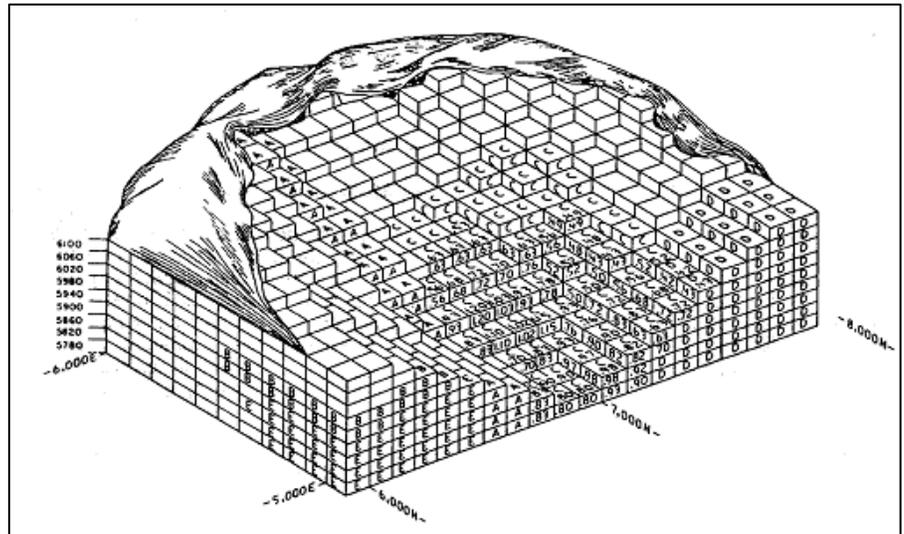


Figura 4: Modelos de bloques de un yacimiento empleando bloques con las mismas dimensiones.

Fuente: (Torres, 2015).

Uno de los avances más importantes en la actualidad es el hecho de que se pueden desarrollar bloques de diferentes tamaños dependiendo principalmente de la variabilidad de datos para los mismos. Como se puede ver en la Figura 5, si existen zonas en las cuales los datos obtenidos de la base de datos son muy similares (incluso empleando rangos y especificaciones establecidas por el ingeniero) se puede establecer un bloque de mayores dimensiones, pero con mayor homogeneidad de características. Esto permite tener en un modelo de diversos tamaños dependiendo de la homogeneidad de las características, y de esta forma, acelerar los procesos y velocidad de cálculo del computador. (Torres, 2015)

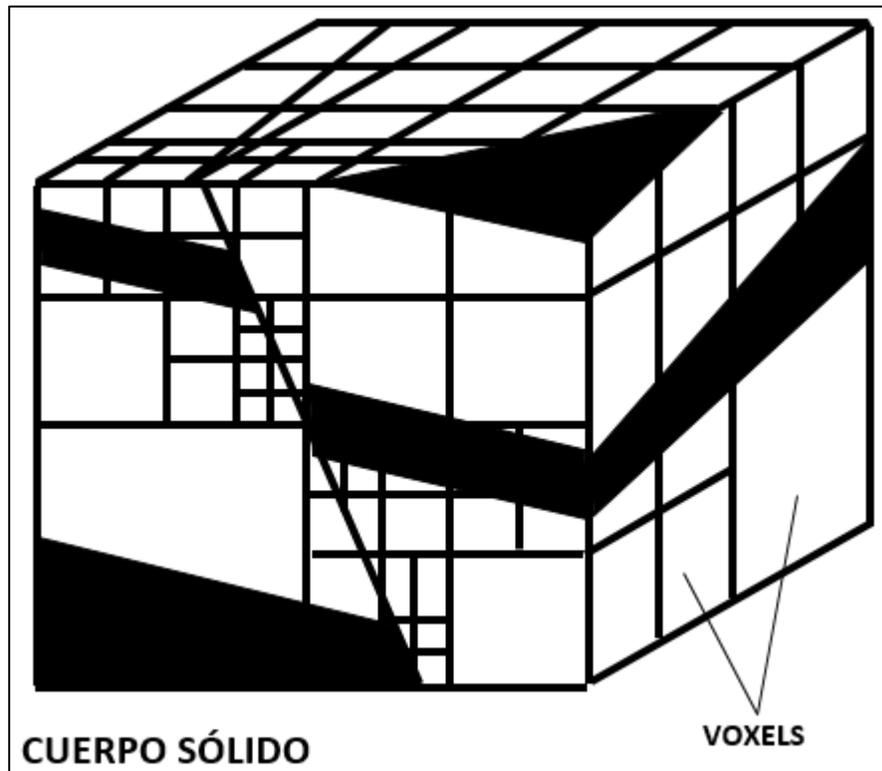


Figura 5: Modelo de bloques con bloques de diferentes dimensiones dependiendo de la homogeneidad de leyes.

Fuente: (Torres, 2015).

- **Métodos de Capas**

Los modelos de capas fundamentalmente son bloques aplicados a yacimientos estratigráficos empleando elementos con altura variable. Este tipo de modelos toma en consideración que los estratos no se corten entre sí y que los niveles o zonas mineralizadas pasen por los sondeos exploratorios (Society of Mining Engineering, 1992). En la Figura 6, se puede observar la distribución de las capas y los bloques con altura variable dependiendo del grosor de la capa. (Reinoso, 2015)

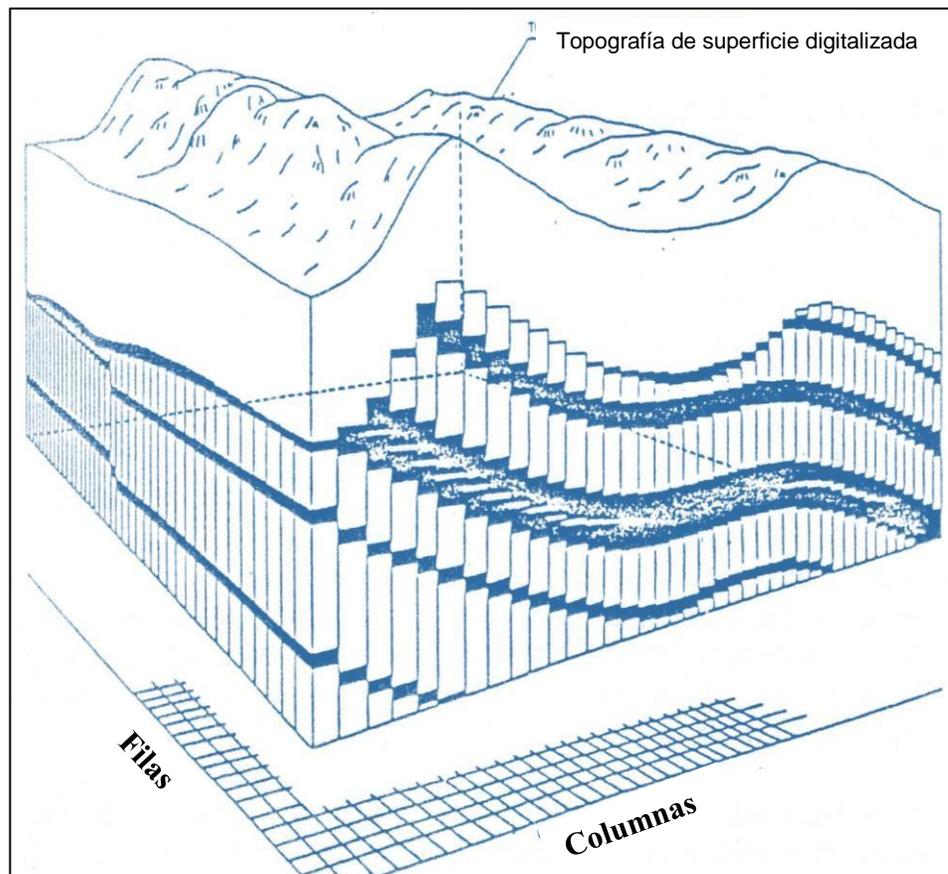


Figura 6: Modelo de capas.
Fuente: (Reinoso, 2015).

La diferencia principal con el modelo de bloques es que en lugar de asignar características a cada punto del yacimiento en coordenadas (X, Y, Z), en el modelo de capas esta asignación se realiza en coordenadas (X, Y) de la capa C1, C2... Ci. La altura de cada sección se estima por la altura de la capa correspondiente en ese punto. (Rebaza, 2015)

Este tipo de modelos presentan importantes ventajas para la interpolación geológica cuando se contiene un alto número de capas, fallas y pliegues. (Rebaza, 2015)

d. Reservas mineras

Cantidad de mineral útil cuya extracción está en función del tiempo y de la demanda. Puede ser:

- **Reservas Probadas o explotables:** Son aquellos donde la composición del Yacimiento es perfectamente conocida por las labores de preparación y exploración. (Torres, 2015)
- **Reservas probables:** Son aquellas para las cuales existe una prueba del que el Yacimiento se prolonga sin una completa seguridad de su composición exacta. (Torres, 2015)
- **Reservas posibles:** Son aquellas en las cuales la prolongación de la mineralización es lógicamente posible, pero no hay seguridad de ello. (Torres, 2015)

2.2.2. Extracción de Roca Caliza

La explotación minera de las rocas calizas para la fabricación de cemento y áridos supone una degradación extraordinaria del paisaje afectado y de sus ecosistemas. La restauración de estos espacios, a medida que finaliza la explotación extractiva, es un proceso de enorme complejidad técnica: se requiere la reconstrucción del relieve, de los suelos, y de todos los niveles de organismos de los ecosistemas que se pretende recuperar, generalmente los existentes en las áreas circundantes a la explotación minera. Finalmente, se persigue la integración paisajística, tanto desde el punto de vista estético como funcional, de la cantera restaurada en su entorno. (Piérola, 2015)

a. Características Técnicas

Las calizas son rocas sedimentarias que contienen por lo menos 50% de minerales de calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)$), predominando la calcita. Cuando prevalece la dolomita se denomina dolomía. La caliza es aglomerante, neutralizante, escorificante y fundente. (Piérola, 2015)

b. Principales Usos de la Caliza

- Construcción
- Fundición
- Productos químicos
- Agroquímicos
- Vidrio (Rebaza, 2015)

c. Métodos de explotación

La explotación de caliza se realiza principalmente a cielo abierto, este sistema consiste en la eliminación de las capas superiores del suelo para la extracción de minerales de yacimientos cercanos a la superficie, por lo que existe un orden lógico en el sentido de la explotación, es decir una secuencia de extracción del mineral de arriba hacia abajo, a medida que se vaya agotando el mineral en cada capa. La remoción del material tronado se realiza mediante el uso de palas mecánicas y el transporte en camiones hasta la planta chancadora. (Morales, 2014)

Existen ventajas en la realización de la explotación a cielo abierto, como es lograr una mejor selectividad del mineral, mayor recuperación del recurso, posibilidad de empleo de grandes equipos, flexibilidad, seguridad y mejor ambiente de trabajo; no

requiere ventilación, iluminación y el transporte es más rápido. Aunque estas características se traducen en menores costos unitarios y mayor productividad tanto de capital como de mano de obra, también existen efectos adversos permanentes, aunque la mayoría de las actividades mineras tenga un carácter temporal, ya que todas ellas constituyen una intervención irreversible en el entorno y pueden producir daños ambientales. Los daños directos más graves se registran en la superficie de la tierra y en las aguas subterráneas y superficiales. Además, la minería a cielo abierto es una fuente de contaminación atmosférica y acústica, altera el suelo y las comunidades bióticas y genera conflictos sociales relacionados con el uso de la tierra, reasentamientos, y otros. Las consecuencias específicas dependen siempre de la superficie de explotación de su ubicación y del clima. (Morales, 2014)

d. Proceso de extracción y fabricación de cal a cielo abierto

Cinco etapas secuenciales intervienen en la fabricación de la cal: Extracción de la Materia Prima, Trituración, Calcinación, Hidratación y Envase. Los hornos de calcinación tipo regenerativos de la energía, optimizan esa importante fase y además, garantizan una producción continua en calidad y volumen, para satisfacer la demanda en cada tipo de aplicación donde el Óxido de Calcio (cal viva) y la Cal Hidratada son los dos productos básicos. (Morales, 2014)

- **Desbroce.** En la minería superficial es fundamental tener en cuenta el movimiento de tierras debido principalmente al material estéril que requiere de remover con actividad de desbroce para llegar a los horizontes de material económico. (Cuador, 2013)

- **Extracción.** El proceso de producción de la cal comienza desde la exploración y selección del yacimiento de piedra caliza. Esta selección se realiza de forma tal que se asegure el abastecimiento de materias primas con las características físicas y químicas requeridas. Se realizará con picos, palas y cargas de explosivos. (Cuador, 2013)

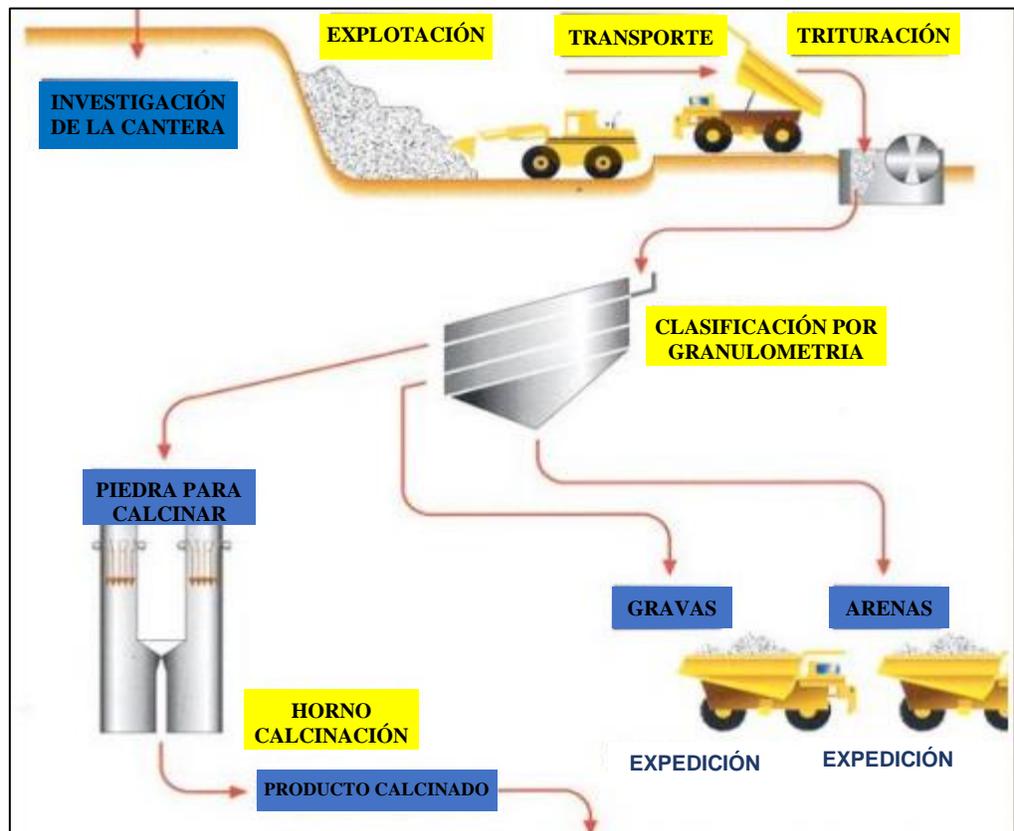
- **Trituración.** Los fragmentos de roca se reducen de tamaño tamizándolos, ya homogéneos, se transportan mediante bandas hacia los hornos; para rotatorios se requieren tamaños pequeños. (Cuador, 2013)

- **Calcinación.** La cal se produce por cocción de las rocas calizas o dolomitas mediante flujos de aire caliente que circula en los huecos o poros de los fragmentos rocosos; las rocas pierden bióxido de carbono produciéndose el óxido de calcio. Debido al tamaño y forma homogénea de los fragmentos, la cocción ocurre de la periferia hasta el centro quedando perfectamente calcinada la roca. (Cuador, 2013)

- **Enfriamiento.** Posteriormente se somete a un proceso de enfriamiento para que la cal pueda ser manejada y los gases calientes regresen al horno como aire secundario. (Rebaza, 2015)

- **Inspección.** El proceso siguiente es la inspección cuidadosa de muestras para evitar núcleos o piezas de roca sin calcinar. (Cuador, 2013)

- **Cribado.** Se somete a cribado separando a la cal viva en trozo y segmentos de la porción que pasará por un proceso de trituración y pulverización. (Cuador, 2013)
- **Trituración y pulverización.** Este paso se realiza con el objetivo de reducir más el tamaño y así obtener cal viva molida y pulverizada, la cual se separa de la que será enviada al proceso de hidratación. (Cuador, 2013)



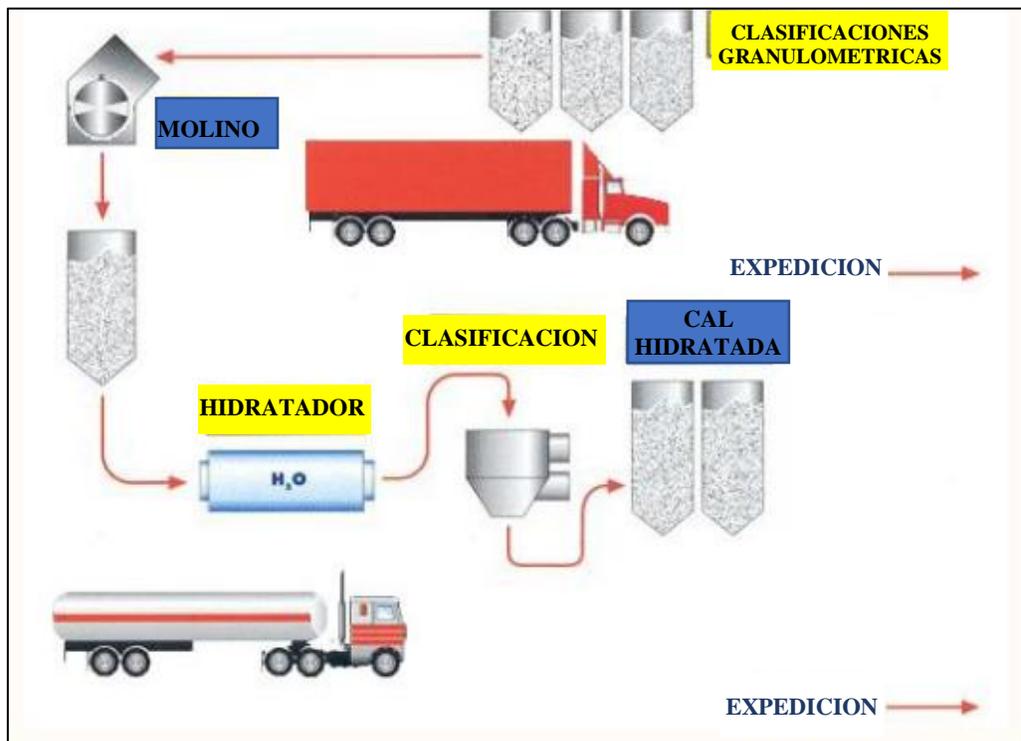


Figura 7: Diagrama de la fabricación de cal.

Fuente: (Correa & Santillán, 2016).

e. Usos de la caliza

La caliza es usada en diversas áreas, entre las que se encuentran (Morales, 2014):

- Construcción

Agregado pétreo en asfaltos: La caliza se utiliza como materia prima de agregados pétreos, material compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estable, utilizado en la construcción de caminos. Los parámetros de evaluación de la caliza son la resistencia al impacto y a la abrasión, la porosidad y forma. (Reinoso, 2015)

Concretos y estucos: La caliza molida a tamaños adecuados reemplaza a la arena en concretos, estucos y materiales de construcción como ladrillos, bloques, y otros. (Reinoso, 2015)

En construcción también se utiliza cal hidráulica en mezclas con agua, para producir materiales plásticos a bajo costo. Para este uso se requiere calizas de baja ley, con alto contenido de materiales arcillosos, sílice, alúmina y óxido de hierro. La calcinación de las calizas se realiza a temperaturas elevadas para obtener una adecuada razón cal-sílice, proceso que genera las propiedades hidráulicas a la cal, mediante la calcinación química de óxido de calcio y sílice. (Olórtegui, 2013)

- Metalurgia

Los minerales calcáreos como calizas y dolomitas se utilizan en procesos metalúrgicos en forma directa o como cal. En esta industria se consume más del 30% del total de la producción de caliza. Los parámetros más importantes en las aplicaciones metalúrgicas son la ley de carbonato expresado como porcentaje de CaO, el contenido de impurezas y las pérdidas por calcinación. (Morales, 2014)

- Procesos químicos

Fabricación de ceniza de soda a través del proceso Solvay: La ceniza de soda es materia prima para la elaboración de innumerables compuestos químicos. (Olórtegui, 2013)

Fabricación de carburo de calcio: El carburo de calcio se produce al calentar una mezcla de cal y carbón a 3000°C en un horno eléctrico y es un acetiluro que produce acetileno por hidrólisis. El acetileno es materia prima en la industria de

plásticos y químicos. El carburo de calcio también se utiliza en la aplicación de cianurida cálcica, que se utiliza como fertilizante nitrogenado. (Morales, 2014)

Agente blanqueador: La cal es usada en la fabricación de cloruro de calcio o hipoclorito de calcio, los cuales son utilizados como agentes blanqueadores industriales. (Gavilanes & Torres, 2013)

- Agricultura

En esta industria se consume alrededor de 1% de la producción de caliza en Chile. La caliza se usa para el tratamiento de suelos ácidos, agregando nutrientes como calcio y magnesio. También se usa como relleno en fertilizantes y componentes de pesticidas, donde la cal es mezclada con arsénico y azufre. (Gavilanes & Torres, 2013)

La industria azucarera consume calizas para la elaboración de cal viva, la cual se requiere para el proceso de refinación del azúcar. La caliza también es utilizada en otros procesos de manufactura como son cerámica, grasas lubricantes y refinación de petróleo. (Gavilanes & Torres, 2013)

- Manufactura

Carga: Dadas las propiedades de la caliza, fácil de moler, no tóxica y generalmente de color blanco, es extensivamente usada como carga en la elaboración del papel, plásticos y pinturas, con el propósito de otorgar volumen y consistencia a los productos. (Gavilanes & Torres, 2013)

2.3. Definición de términos básicos

- **Banco:** Es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota de estéril y/o mineral, que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida. (Rebaza, 2015)
- **Caliza:** Roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3), generalmente calcita. (Morales, 2014)
- **Cal:** Es el producto que se obtiene de la calcinación de la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio. La caliza, al calentarla a 900°C , pierde el CO_2 y se convierte en cal viva. (Cuador, 2013)
- **Extracción:** Se desmonta el área a trabajar y se lleva a cabo el descapote, posteriormente se barrena aplicando el plan de minado diseñado, se realiza la carga de explosivos y se procede a la voladura primaria, moneo, tumbe y rezagado, carga y acarreo a planta de trituración. (Reinoso, 2015)
- **Ley promedio de CaCO_3 :** Se establece como ley promedio de CaCO_3 al contenido en porcentaje de dicho mineral en la roca caliza, se considera que una caliza tiene buena ley cuando posee más del 95% de carbonato de calcio. (Morales, 2014)
- **Minería no metálica:** Actividad económica relacionada con la extracción de materia prima, de la que se puede obtener un beneficio económico. (Morales, 2014)

- **Operaciones mineras:** Conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento y, en algunos casos, las plantas necesarias para el tratamiento del mineral extraído. (Olórtegui, 2013)
- **Reservas de calizas:** Los recursos minerales que se encuentran en yacimientos se consideran como reservas minerales. (Morales, 2014)
- **Reserva Minera:** Es aquella porción del Recurso medido o indicado, económicamente extraíble de acuerdo con un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero derivado de un plan minero. (Gavilanes & Torres, 2013)

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Aspectos generales de la empresa minera

3.1.1. Ubicación

a. Ubicación Política

El área donde se desarrolló el proyecto de investigación se encuentra ubicada al Sur-Oeste de la ciudad de Cajamarca, en el sector de Pungurume, en el Caserío de Ventanillas Distrito Magdalena.

Cartográficamente el yacimiento se encuentra demarcado dentro de las siguientes coordenadas:

Tabla 2

Coordenadas Geográficas de Ubicación Ítalo WGS84.

Punto	Norte	Este
1	9202630.97	767739.64
2	9201630.98	767739.64
3	766739.65	766739.65
4	9202630.97	766739.65

Fuente: (Elaboración propia, 2018).

b. Ubicación Práctica y Acceso

Ubicación: Paraje Las Ventanillas de Cumbe Mayo.

Distancias: Santa Apolonia – Chetilla, altura del Km 16, desvío hacia San Cristóbal.

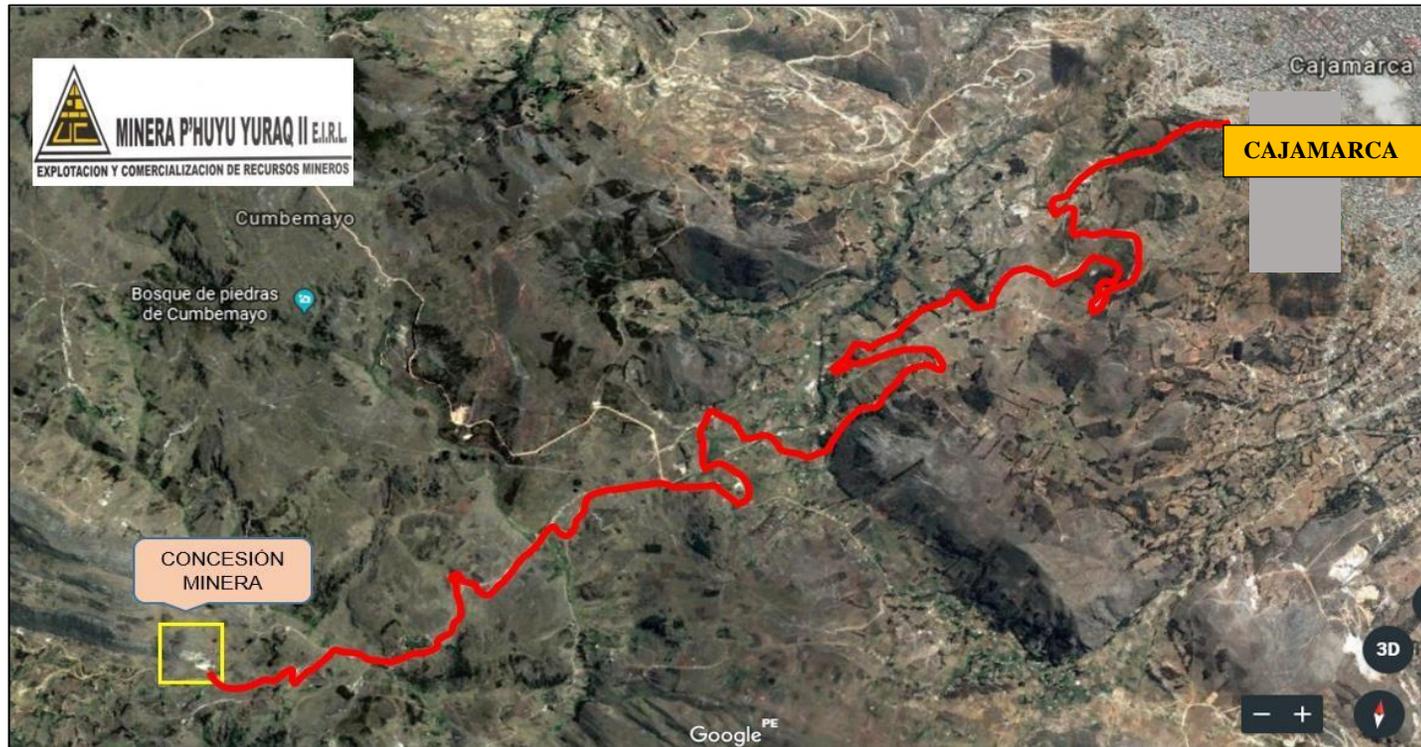


Figura 8: Mapa de Ubicación Mina Ítalo.

Fuente: (Elaboración propia, 2018).

c. Ubicación predial o comunal

Algunos pobladores del sector Pungurume, son propietarios del terreno superficial de la concesión Ítalo; por ello la empresa Minera P'huyu Yuraq II E.I.R.L. compra los terrenos superficiales a medida que se va extrayendo la roca caliza.

d. Área Natural Protegida

Cerca de la concesión Ítalo se ubica el Centro Turístico Cumbemayo, una pequeña parte de la ampliación de este centro turístico se encuentra dentro de la concesión, como se muestra en la imagen.

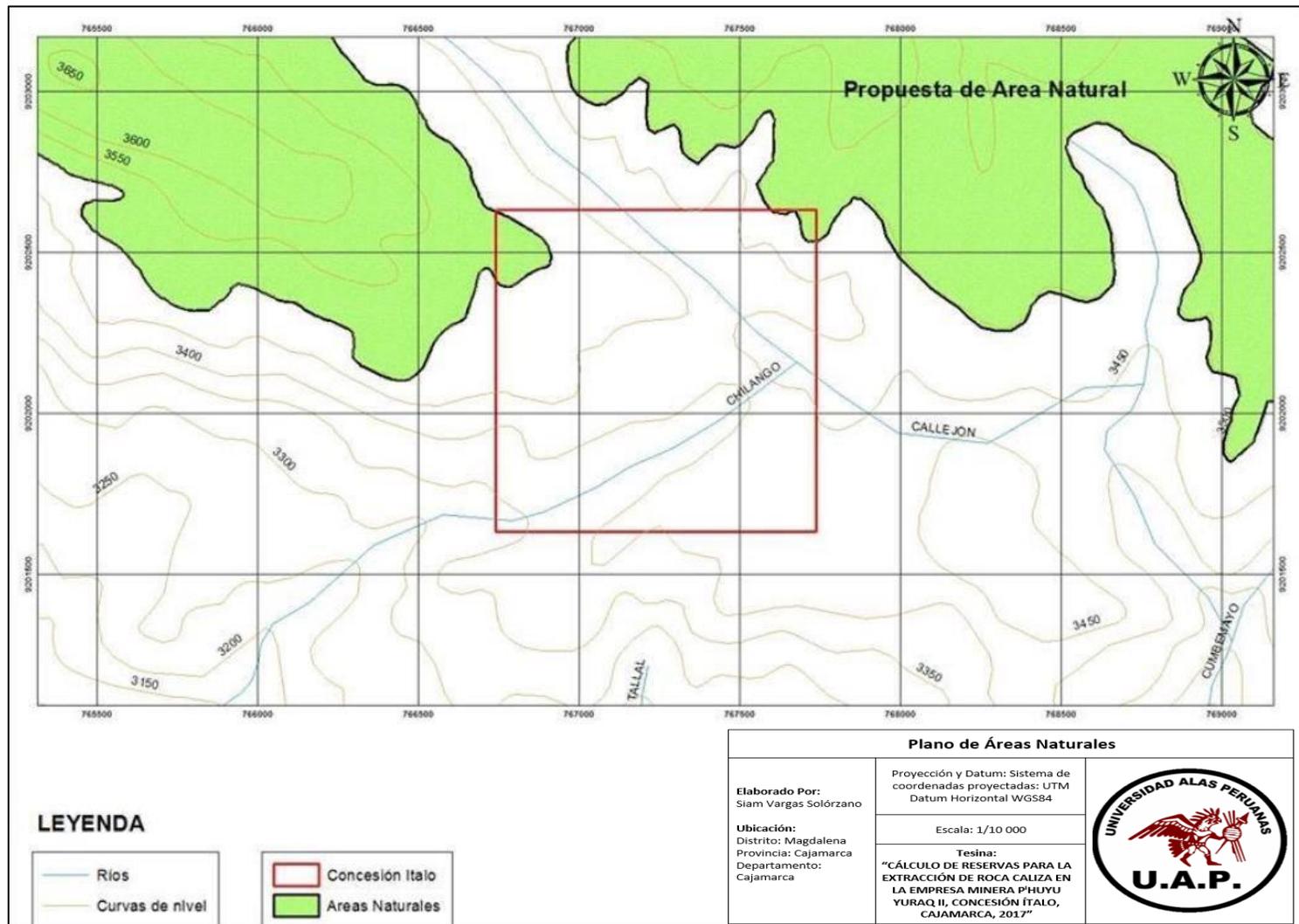


Figura 9: Mapa de Ubicación Mina Ítalo.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).

3.1.2. Área de influencia del proyecto.

a. Área Efectiva del Proyecto.

El área efectiva del proyecto se ha tomado en cuenta en función de los componentes principales y auxiliares y proyectados de la concesión Ítalo.

Tabla 3
Área Afectiva

Vértice	Coordenadas UTM WGS 84	
	Este	Norte
1	766739.65	9202382.67
2	767002.55	9202357.27
3	767110.50	9202478.72
4	767375.61	9202382.67
5	767225.19	9201978.32
6	767143.83	9201917.47
7	767034.69	9201895.70
8	66880.70	9201888.83
9	766837.58	9201802.57
10	766739.71	9201764.85
Área (m2)		288261.03
Perímetro (m)		2326.17

Fuente: (Elaboración propia, 2018).

3.2. Descripción de la actividad en curso

La Concesión Minera Ítalo viene realizando la extracción de calizas a tajo abierto de forma mecanizada, utilizando equipos y explosivos para pasar por una chancadora primaria proyectada en las operaciones, colocar el producto en la plataforma de caliza de almacenamiento temporal; y luego proceder al llenado de los hornos mediante el uso de carretillas para su respectiva calcinación y obtención del óxido de calcio (cal), la misma que es almacenada temporalmente en un almacén de cal habilitado para tal fin.

Posteriormente, se procede a la comercialización de cal granulada y/o al carguío y transporte hacia la planta de molienda ubicada en Puyllucana, para finalmente ser comercializado a los diferentes mercados.

En la etapa de abandono y cierre progresivo se tendrá en cuenta la estabilidad física de los taludes y la revegetación para mejorar el aspecto paisajístico del área, procurando dejarlo en condiciones cercanas al estado original.

Para el diagnóstico de los recursos naturales y aspectos socio-económicos y culturales, se llevó a cabo un levantamiento de información directamente del área de influencia de la concesión Ítalo.

3.3. Recursos minerales y geología

De acuerdo con el mapa geológico del cuadrángulo de Cajamarca (15f) la zona bajo actividad actual tiene sus orígenes en la era Mesozoica, serie cretáceo superior, formación Cajamarca (Ks-Ca). Hay predominancia de rocas calizas.

Localmente afloran calizas de la formación Cajamarca, nombre dado por Benavides (1956), corresponde a una de las secuencias calcáreas del Cretáceo Superior que más destaca por su homogeneidad litológica y

ocurrencia en bancos gruesos y duros, y cuyos afloramientos exhiben una topografía kárstica con fuertes pendientes. Consiste generalmente de calizas gris oscura o azuladas, con delgados lechos de lutitas, se encuentra abundantes fósiles.



Figura 10: Calizas de la formación Cajamarca con alteración por falla geológica.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 11: Calizas de la formación Cajamarca.

Fuente: (Elaboración propia, 2018).

3.4. Estimación de recursos y reservas minerales

3.4.1. Estimación de Potencial de Reservas

a. Método de Triangulación

Las calizas de la formación tienen un espesor definido con muy pocas variaciones de potencia. Se utiliza el Método de la Triangulación para depósitos con pocas variaciones de potencia.

Metodología:

En la cantera Ítalo, no ha sido necesario realizar pozos o calicatas en todos los puntos ya que se cuentan con las alturas de los bancos.

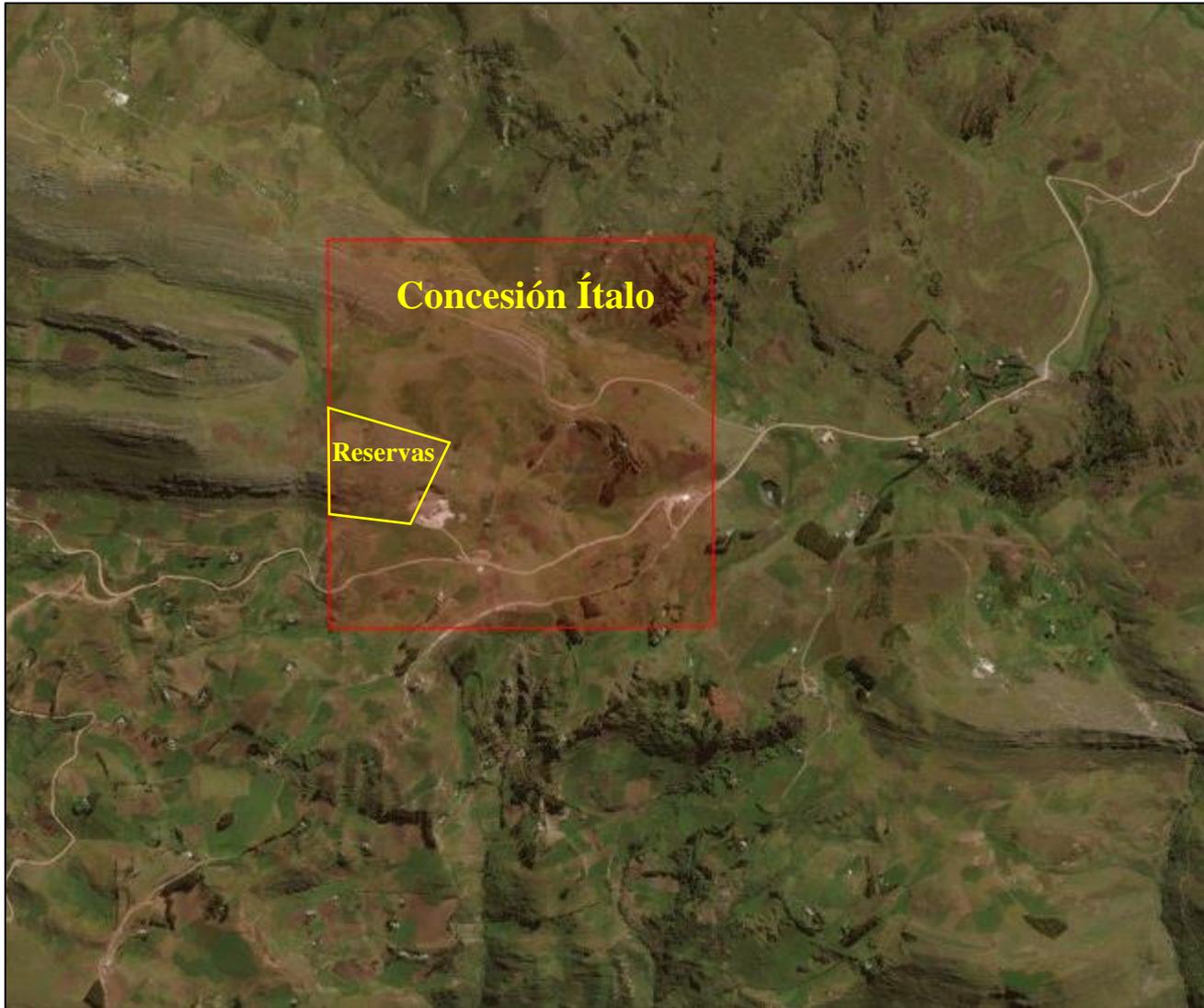


Figura 12: Reservas de caliza en la concesión Ítalo.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).

b. Cálculo de Reservas

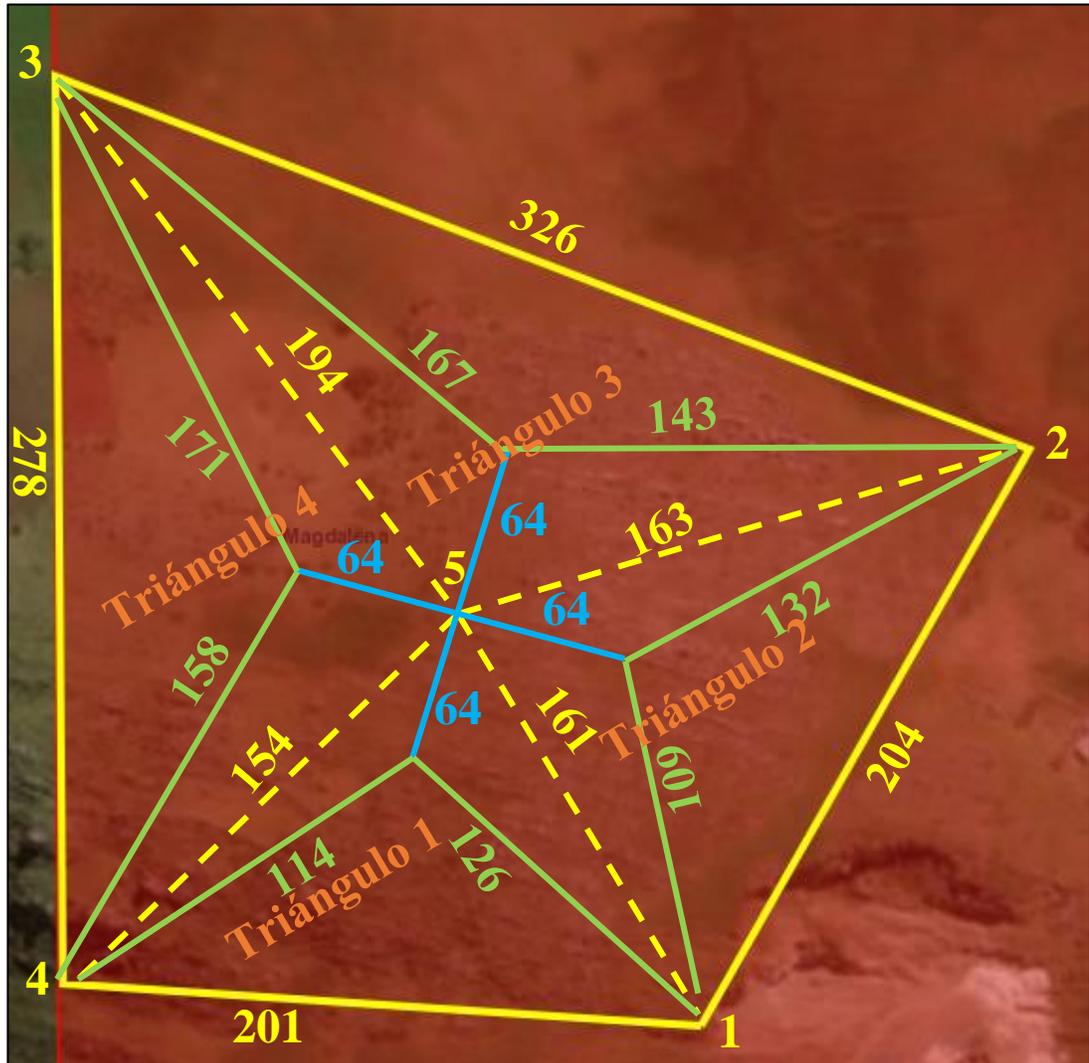


Figura 13: Reservas de caliza en la concesión Ítalo.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).

Cálculo de Densidad para la Caliza:

De acuerdo a vallejo 2002, a la caliza se le asume un promedio de densidad de 2.3.

Potencias de cada punto

POTENCIA PARA CADA ESTRATO	
P1	15 m.
P2	23 m.
P3	45 m.
P4	48 m.
P5	32 m.

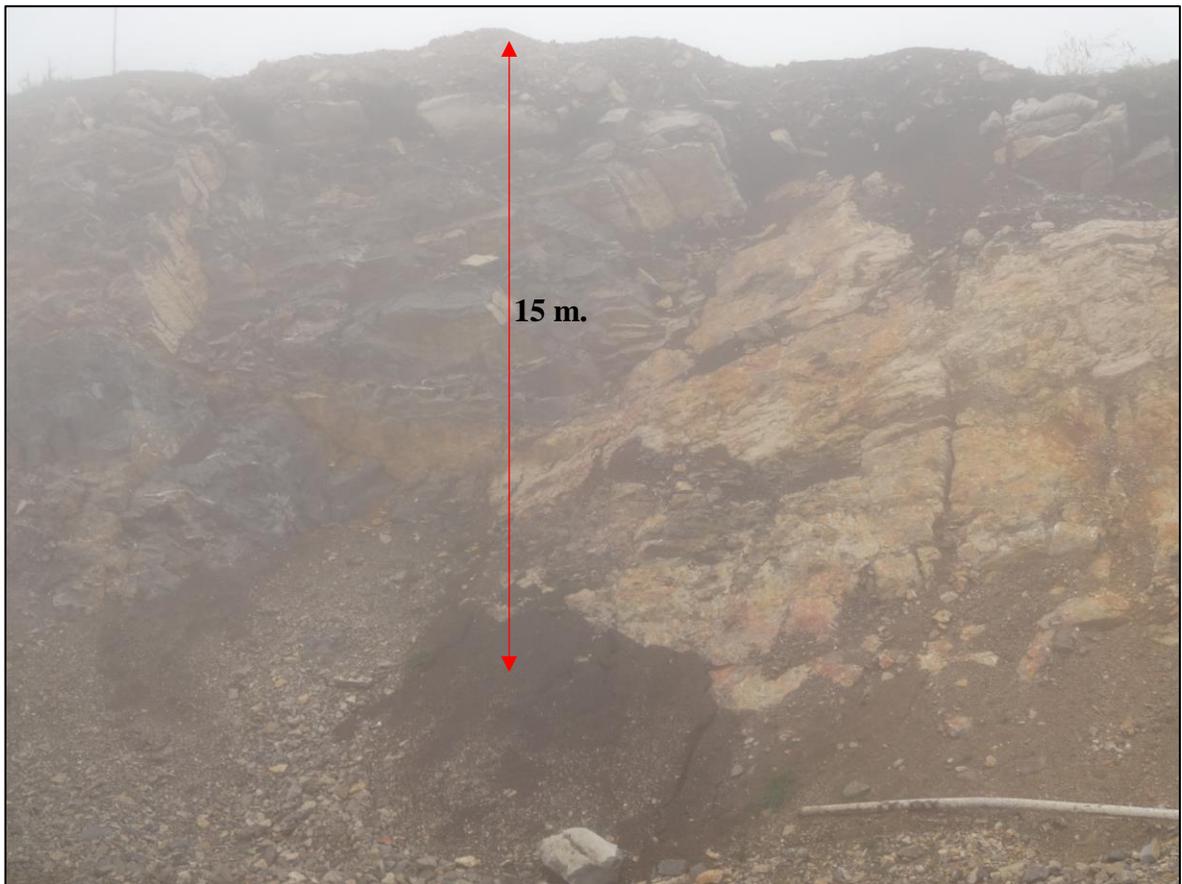


Figura 14: Calizas del punto 1.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 15: Zona de extracción del punto 2.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).

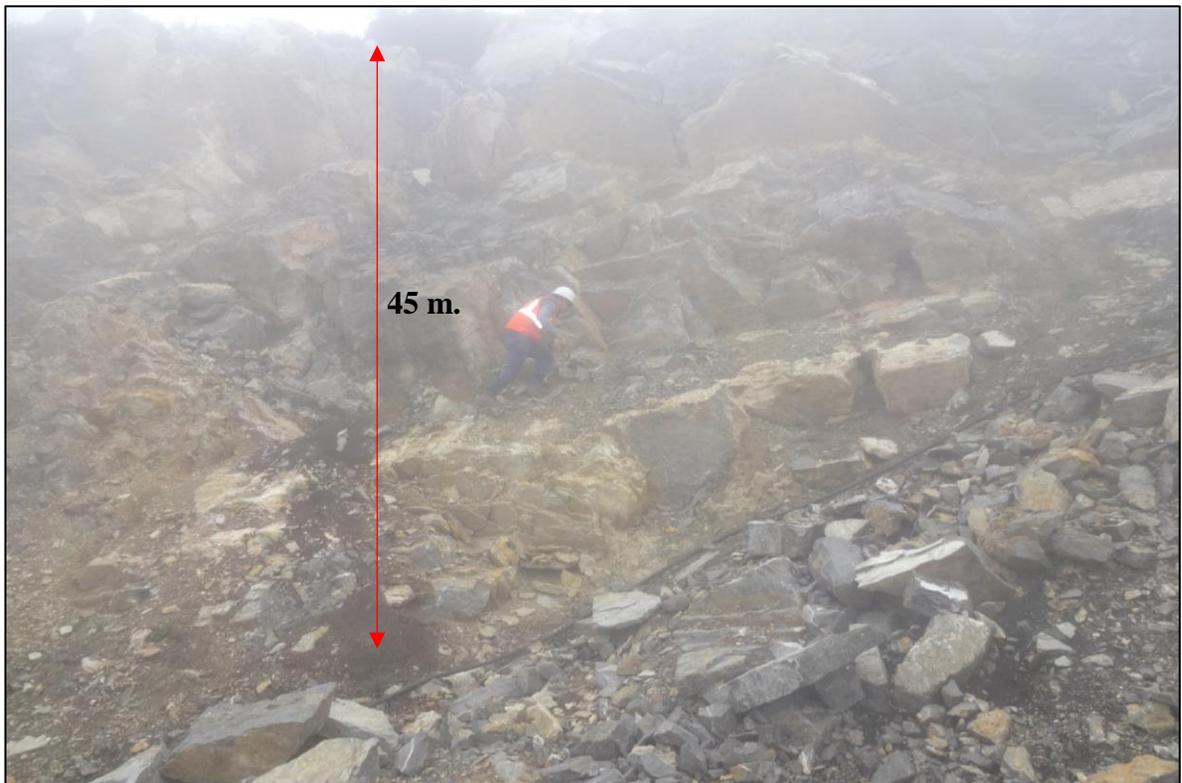


Figura 16: Zona de extracción del punto 3.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 17: Zona de extracción del punto 4.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 18: Zona de extracción del punto 5.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).

Tabla 4
Coordenadas de los puntos de muestreo.

Coordenadas UTM WGS 84		
Vértice	Este	Norte
1	766750.24	9201954.02
2	766931.47	9201924.79
3	767043.09	9202127.94
4	766746.98	9202233.15
5	766945.32	9202105.18

Fuente: (Elaboración propia, 2018).

Cálculo de la Potencia Promedio del Block:

$$Potencia_{promedio} = \frac{\sum Potencias}{número\ de\ potencias}$$

$$Potencia_{Promedio\ (triangulo\ 1)} = \frac{15 + 32 + 48}{3} = 31.6\ m$$

$$Potencia_{Promedio\ (triangulo\ 2)} = \frac{15 + 32 + 23}{3} = 23.3\ m$$

$$Potencia_{Promedio\ (Triangulo\ 3)} = \frac{23 + 32 + 45}{3} = 33.3\ m$$

$$Potencia_{Promedio\ (Triangulo\ 4)} = \frac{45 + 32 + 48}{3} = 41.6$$

- **Cálculo del Área del Block:**

Por la fórmula de Nerón:

$$s = \frac{a+b+c}{2} \quad a = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

Área del Triángulo 1:

$$s = \frac{201 + 154 + 161}{2} = 258 \text{ m.}$$

$$A = \sqrt{258(258 - 201)(258 - 154)(258 - 161)}$$

$$A = \sqrt{258(57)(104)(97)}$$

$$A = 12\,180.07 \text{ m}^2$$

Área del Triángulo 2:

$$s = \frac{161 + 163 + 204}{2} = 264 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{264(264 - 161)(264 - 163)(264 - 204)}$$

$$A = \sqrt{264(103)(101)(60)}$$

$$A = 12\,836.8 \text{ m}^2$$

Área del Triángulo 3:

$$s = \frac{326 + 194 + 163}{2} = 341.5 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{341.5(341.5 - 326)(341.5 - 194)(341.5 - 163)}$$

$$A = \sqrt{341.5(15.5)(147.5)(178.5)}$$

$$A = 11\,805.28 \text{ m}^2$$

Área del Triángulo 4:

$$s = \frac{278 + 194 + 154}{2} = 313 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{313(313 - 278)(313 - 194)(313 - 154)}$$

$$A = \sqrt{313(35)(119)(159)}$$

$$A = 14\,397.2 \text{ m}^2$$

- Cálculo del Volumen del Block:

Volumen del Triángulo 1

$$Volumen = \text{Área}_{Block} \times \text{Potencia}_{promedio}$$

$$V_1 = 12\,180.07 \text{ m}^2 * 31.6 \text{ m} = 384\,890.212 \text{ m}^3$$

Volumen del Triángulo 2

$$Volumen = \text{Área}_{Block} \times \text{Potencia}_{promedio}$$

$$V_2 = 12\,836.8 \text{ m}^2 * 23.3 \text{ m} = 299\,097.44 \text{ m}^3$$

Volumen del Triángulo 3

$$Volumen = \text{Área}_{Block} \times \text{Potencia}_{promedio}$$

$$V_3 = 11\,805.28 \text{ m}^2 * 33.3 \text{ m} = 393\,115.824 \text{ m}^3$$

Volumen del Triángulo 4

$$Volumen = \text{Área}_{Block} \times \text{Potencia}_{promedio}$$

$$V_4 = 14\,397.2 \text{ m}^2 * 41.6 \text{ m} = 598\,923.52 \text{ m}^3$$

- **Método de Inversa al cuadrado a la Distancia:**

Cálculo Porcentaje promedio de ley (de acuerdo a resultados del laboratorio):

De acuerdo a los análisis de laboratorio realizado en la Universidad Nacional de Trujillo correspondientes se determinó una ley de 84.13. (ver anexo 3)

Según Resultados de Laboratorio	
Muestras	% CaO
M-01	83.65
M-02	84.6
M-03	83.8
M-04	82.9
M-05	85.7

Cálculo de la Ley del Block:

$$\check{V} = \frac{\frac{1}{d_1^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{d_i^2}} V_1 + \frac{\frac{1}{d_2^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{d_i^2}} V_2 + \frac{\frac{1}{d_3^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{d_i^2}} V_3$$

Ley del Triángulo 1:

$$\text{Ley del Block 1} = \frac{\frac{1}{114^2}}{\frac{1}{114^2} + \frac{1}{126^2} + \frac{1}{64^2}} 83.65 + \frac{\frac{1}{126^2}}{\frac{1}{114^2} + \frac{1}{126^2} + \frac{1}{64^2}} 82.9 + \frac{\frac{1}{64^2}}{\frac{1}{114^2} + \frac{1}{126^2} + \frac{1}{64^2}} 85.7$$

$$\text{Ley del Block 1} = 16.759 + 13.596 + 54.4758 = 84.83\% = 0.8483$$

Ley del Triángulo 2:

$$\text{Ley del Block 2} = \frac{\frac{1}{109^2}}{\frac{1}{114^2} + \frac{1}{126^2} + \frac{1}{64^2}} 83.65 + \frac{\frac{1}{132^2}}{\frac{1}{114^2} + \frac{1}{126^2} + \frac{1}{64^2}} 84.6 + \frac{\frac{1}{64^2}}{\frac{1}{114^2} + \frac{1}{126^2} + \frac{1}{64^2}} 85.7$$

$$\text{Ley del Block 2} = 18.254 + 12.5884 + 54.246 = 85.09\% = 0.8509$$

Ley del Triángulo 3:

$$\text{Ley del Block 3} = \frac{\frac{1}{143^2}}{\frac{1}{143^2} + \frac{1}{167^2} + \frac{1}{64^2}} 84.6 + \frac{\frac{1}{167^2}}{\frac{1}{143^2} + \frac{1}{167^2} + \frac{1}{64^2}} 83.8 + \frac{\frac{1}{64^2}}{\frac{1}{143^2} + \frac{1}{167^2} + \frac{1}{64^2}} 85.7$$

$$\text{Ley del Block 3} = 12.5786 + 9.1358 + 63.61478 = 85.33\% = 0.8533$$

Ley del Triángulo 4:

$$\text{Ley del Block 4} = \frac{\frac{1}{171^2}}{\frac{1}{171^2} + \frac{1}{158^2} + \frac{1}{64^2}} 83.8 + \frac{\frac{1}{158^2}}{\frac{1}{171^2} + \frac{1}{158^2} + \frac{1}{64^2}} 82.9 + \frac{\frac{1}{64^2}}{\frac{1}{171^2} + \frac{1}{158^2} + \frac{1}{64^2}} 85.7$$

$$\text{Ley del Block 4} = 9.0008 + 10.4296 + 65.713 = 85.14\% = 0.8514$$

Cálculo de la Ley x Volumen:

Ley x Volumen (1)

$$\text{Ley X Volumen(1)} = 0.8483 * 384890.212 \text{ m}^3 = 326502.37$$

Ley x Volumen (2)

$$\text{Ley X Volumen(2)} = 0.8509 * 299097.44 \text{ m}^3 = 254502.01$$

Ley x Volumen (3)

$$\text{Ley X Volumen(3)} = 0.8533 * 393115.824 \text{ m}^3 = 335445.73$$

Ley x Volumen (4)

$$\text{Ley X Volumen(4)} = 0.8514 * 598923.52 \text{ m}^3 = 509923.48$$

Cálculo del Tonelaje con Ley del Depósito:

$$\text{Tonelaje con Ley}_{\text{Depósito}} = \sum \text{Ley} \times \text{Volumen}$$

$$\text{Tonelaje con Ley}_{\text{Depósito}} = 326502.37 + 254502.01 + 335445.73 + 509923.48$$

$$\text{Tonelaje con Ley}_{\text{Depósito}} = 1\,426\,373.59$$

Cálculo del Volumen del Depósito:

$$\text{Volumen}_{\text{Depósito}} = \sum \text{Volumen del Block}$$

Volumen del Depósito

$$= 384890.212 + 299097.44 + 393115.824 + 598923.52$$

$$= 1676026.996 \text{ m}^3$$

Cálculo de la Ley Promedio Ponderado:

$$\text{Ley promedio Ponderado} = \frac{\sum \text{Ley} \times \text{Volumen}}{\sum \text{Volumen del Block}}$$

$$\text{Ley promedio ponderado} = \frac{1426373.59}{1676026.996} = 0.851 = 85.10\%$$

Cálculo del Tonelaje

$$\text{Tonelaje} = \text{Volumen Total} \times \text{Ley Promedio}$$

$$\text{Tonelaje} = 1676026.996 \times 0.8510$$

$$\text{Tonelaje} = 1\,426\,298.974 \text{ Ton}$$

3.4.2. Producción

La extracción diaria de roca caliza será de aproximadamente 105.53 Toneladas al día y considerando 26 días de trabajo al mes se obtendrá una extracción mensual promedio de 2743.78 Ton/mes. De las cuales una vez calcinadas en el horno. Se obtiene una producción de óxido de calcio (Cal) del 60% del total de piedra caliza cargada al horno; es decir, aproximadamente 63.32 TM de cal diaria o 1300 TM de cal al mes. Debe tenerse en cuenta que la producción estará en función de la demanda del mercado; pudiendo incrementarse o reducirse la producción diaria por encima o por debajo de la producción estimada durante periodos considerables.

El producto comercial que se extrae y obtiene del tajo es cal de alta pureza con contenidos de CaO > 75 %.

3.5. Cálculo de vida útil:

Se ha evaluado mediante el código NIIF aprobado en 2012.

El objetivo de esta NIIF es especificar la información financiera relativa a la exploración y evaluación de recursos minerales.

Para la evaluación de la empresa P'huyu Yuraq II E.I.R.L, se consideró desembolsos relacionados con la exploración y explotación que son los gastos incurridos por la empresa.

$$\text{Vida Util en años} = \frac{1\,426\,298.974 \text{ Ton}}{2743.78 \text{ Ton/mes}} = \frac{519 \text{ mes}}{12 \text{ mes/año}} = 43.25 \text{ años}$$

Por tanto, la cantera Ítalo tiene una vida útil de 43.25 años, produciendo 2743.78 Toneladas mensuales de caliza.

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. Prueba de hipótesis general

Se han encontrado evidencias que con el cálculo de las reservas mineras se optimizará la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, ya que con ello se evaluará el tiempo de vida útil de la mina, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. Por lo tanto, se aprueba esta hipótesis.

4.2. Prueba de hipótesis específica

- Se determinó el tipo de depósito mineral y se logró calcular las reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. Se aprueba esta tesis.
- Se determinó el porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio se aplicó el método de inversa a la distancia para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. Se aprueba esta tesis.

- Se determinó el volumen de mineral de interés con el cual se calculó el tonelaje para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. Se aprueba esta tesis.
- Si se realiza la evaluación de acuerdo al código NIIF en el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, se logrará determinar la vida útil de la mina, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. Se aprueba esta tesis.

CONCLUSIONES

- Se calcularon las reservas para la continuidad de la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, mediante la combinación de dos métodos el de triangulación y el de inverso a la distancia al cuadrado.
- El depósito mineral en la concesión Ítalo son calizas estratificadas de la formación Cajamarca, las cuales son óptimas para la producción de óxido de calcio, ya que no tienen cantidades considerables de minerales contaminantes.
- Se determinó el porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio con 5 muestras enviadas al laboratorio químico de la Universidad Nacional de Trujillo, obteniendo una ley promedio 84.13%. este resultado se ha usado en las formulas del inverso a la distancia al cuadrado.
- El volumen de mineral de interés para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, fue de 1 426 298.974TM.
- La evaluación con el código NIIF de acuerdo al cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, tiene una vida útil de 43.25 años, produciendo 2743.78 Tm mensuales de caliza.

RECOMENDACIONES

- El cálculo de reservas de caliza debe ser monitoreado constantemente, ya que la producción es variable conforme a la demanda, ya que Yanacocha sube o baja el pedido de óxido de calcio.
- Para la determinación de las leyes de CaCO_3 en calizas se debe considerar un muestreo mensual de acuerdo al ritmo de explotación, para evitar entrar en zonas de contaminación, ya que en zonas de falla la caliza se encuentra marmolizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Correa, D., & Santillán, L. (2016). Factibilidad Económica de la Explotación de Roca Caliza para Producir Óxido de Calcio en la Concesión Minera No Metálica José Gálvez, Bambamarca, Cajamarca. *Tesis profesional*. Hualgayoc, Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7578>.
- Cuador, J. (2013). Estudios de Estimación y Simulación Geoestadística para la Caracterización de Parámetros Geólogo - Industriales en el Yacimiento Laterítico Punta Gorda. *Tesis Doctoral*. Pinar del Río, Cuba: Universidad de Pinar del Río. Obtenido de <http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper>
- Gavilanes, J., & Torres, L. (2013). Actualización de Reservas y Estimación de la Producción de los Campos Auca y Auca Sur. *Teis profesional*. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Nacional. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1191>
- Morales, P. (2014). Cocientes Metálicos y Calculo de Reservas Minerales de la Veta Cinthia - Proyecto Minero Caracol S.A.C.-Barranca - Lima. *Tesis profesional*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP>
- Olórtegui, Y. (2013). Determinación de la Ley de Corte, Valor de Mineral y estimación de Reservas Aplicado en Compañía Minera Atacochas A.A, al 31 de marzo del 2013. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://www.academia.edu/8185688>.

Piérola, D. (2015). Optimización del Plan de Minado de Cantera de Caliza La Unión distrito de Baños del Inca – Cajamarca, 2015. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle>.

Rebaza, B. (2015). Estimación de reservas probables de yacimientos no metálicos en arcillas del distrito de Llacanora Cajamarca, Perú – 2015. *Tesis profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1408>

Reinoso, C. (2015). Evaluación de Reservas y Diseño del sistema de Explotación del Área Minera Mary Elena Código: 102317. *Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar por el Título de Ingeniero de Minas*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5652/1/T-UCE-0012-328.pdf>

Sabino, C. (2008). El proceso de investigación. Buenos Aires, Argentina: Lumen. Obtenido de <https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008>

Torres, J. (2015). Metodología para la Estimación de Reservas Minerales en Minera Bateas. *Tesis para optar el título de ingeniero de minas*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2513/1/torres_uj.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE LA INVESTIGACION	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema principal: ¿Cómo influye el cálculo de reservas en la continuidad de la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017?</p>	<p>Objetivo General: Calcular las reservas para la continuidad de la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.</p>	<p>Hipótesis general: Si se calcula las reservas mineras se optimizará la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, ya que con ello se evaluará el tiempo de vida útil de la mina, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017.</p>		<p>Tipo de investigación La investigación fue Descriptiva, ya que su preocupación primordial radica en describir algunas características del depósito de calizas.</p>
<p>Problemas secundarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es el tipo de depósito mineral para en el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017? - ¿Cuál es el porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017? - ¿Cuál es el volumen de mineral de interés para el cálculo de reservas para la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017? - ¿Cuál es la evaluación de acuerdo al código NIIF en el cálculo de reservas para la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el tipo de depósito mineral para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Determinar el porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Determinar el volumen de mineral de interés para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Realizar la evaluación con el código NIIF de acuerdo al cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. 	<p>Hipótesis secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con la determinación del tipo de depósito mineral se logrará calcular las reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Con la determinación del porcentaje promedio de ley de carbonato de calcio se logrará aplicar el método de inversa a la distancia para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Si se determina el volumen de mineral de interés se logrará calcular el tonelaje para el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. - Si se realiza la evaluación de acuerdo al código NIIF en el cálculo de reservas en la extracción de roca caliza en la empresa minera P'huyu Yuraq II, concesión Ítalo, se logrará determinar la vida útil de la mina, en el departamento de Cajamarca, durante el año 2017. 	<ul style="list-style-type: none"> - cálculo de reservas. - Extracción de roca caliza. 	<p>Nivel de investigación El nivel de investigación es correlacional.</p> <p>Diseño de investigación Se utilizó el método científico ya que mediante pasos, técnicas y procedimientos se ha realizado el cálculo de reservas y así dando la verificación de hipótesis.</p> <p>Población La población estuvo constituida por Concesión Minera Ítalo de 100 hectáreas de roca caliza.</p> <p>Muestra La muestra de la investigación fue la zona de cantera de explotación la cual comprende 6 hectáreas en la Concesión Minera Ítalo.</p>

Anexo 2: Instrumentos de la investigación

- Ficha para la determinación de ley promedio de CaO.

Determinación	Unidades	Resultados
CaO Muestra 1	%	
CaO Muestra 2	%	
CaO Muestra 3	%	
CaO Muestra 4	%	
CaO Muestra 5	%	
Reactividad		Alta – Media – Baja
Residuo		%

Anexo 3: Fotografías



Figura 19: Medida de estratos.

Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 20: Identificación de minerales.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 21: Calizas aflorantes de la Fm Cajamarca.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 22: Desmontera.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 23: Zona de perforación.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 24: Cantera.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 25: Trabajadores de la empresa.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 26: Hornos de calcinación.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 27: Zona de carguío.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).



Figura 28: Entrada a la cantera.
Fuente: (Elaboración propia, 2018).

Anexo 4: Análisis de laboratorio

Anexo 5: Planos