



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**“Cálculo de Reservas Para la Explotación de Areniscas
Como Materiales de Construcción, Zona de Rumi Rumi y
Alrededores-Cajamarca”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero De Minas**

AUTOR:

Gutierrez Chingay, Ricardo (ORCID: 0000- 0001- 5854- 2812)

ASESORES:

Dr. Martell Espinoza, Beder Erasmo (ORCID: 0000-0002-4169-9212)

Mg. Flores Arrasco, Janyna Jacinta (ORCID: 0000-0002- 3017-4779)

LÍNEA DE INVESTIGACION:

Evaluación de Yacimientos de Minerales

CHICLAYO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis está dirigida y dedicada en primer lugar a mis padres el Sr. Agustín Gutiérrez Sandoval y la Sra. Julia Chingay Escobal, por su apoyo absoluto y por sus prudentes consejos para que hagan de mí una persona de bien.

Esta tesis también se lo dedico a mi esposa Aleida Villar Cubas y a mis queridos hermanos y hermanas (Luz Elena Gutierrez Chingay, Gilmer Gutierrez Chingay, Jhony Gutierrez Chingay, Héctor Raúl Gutierrez Chingay y Elizabeth Gutierrez Chingay) ya que en todo momento me proporcionaron la energía y el aliento para salir adelante en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo agradecer a Dios, nuestro creador, por estar presente en cada momento de mi existencia, por haberme hecho de una persona de fe y de bien, por darme la fortaleza para salir adelante y superar cada prueba que hay en el camino.

Agradezco de manera especial a mis progenitores y hermanos por ampararme en cada oportunidad, por los valores que me infundieron, por darme todo lo que pudieron con el único propósito de verme triunfar y ser un profesional de bien.

Índice de contenidos

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	9
3.2. Variables.....	9
3.3. Población, muestra y muestreo.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	56
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	70

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas UTM WG84 del área de estudio.....	15
Tabla 2. Accesibilidad por la zona de Calispuquio.	15
Tabla 3. Geología regional de la zona de estudio.	18
Tabla 4. Columna estratigráfica de Cajamarca.....	19
Tabla 5. Geología local de la zona de estudio.....	21
Tabla 6. Columna estratigráfica de la zona de estudio.....	21
Tabla 7. Coordenadas UTM de la zona de estudio.....	24
Tabla 8. Coordenadas UTM de las calicatas realizadas en la zona de estudio.	26
Tabla 9. Análisis Físico-Químico de la calicata N°1.	26
Tabla 10. Descripción estratigráfica de la calicata N°1.....	27
Tabla 11. Análisis Físico-Químico de la calicata N°2.	28
Tabla 13. Descripción estratigráfica de la calicata N°2.....	28
Tabla 13. Análisis Físico-Químico de la calicata N°3.	29
Tabla 14. Descripción estratigráfica de la calicata N°3.....	30
Tabla 15. Análisis Físico-Químico de la calicata N°4.	31
Tabla 16. Descripción estratigráfica de la calicata N°4.....	31
Tabla 17. Producción estimada de arena	33
<i>Tabla 18. Cálculo de volumen mediante la fórmula de los perfiles</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 19. Cálculo para el tonelaje, tabla de Excel.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 20. Precio de material en cantera.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 21. Precio de material puestos en obra.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 22. Valor económico del material.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 23. Cálculo de la vida útil de la cantera</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 24. Requerimiento de maquinaria.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 26. Ingresos mensuales por la venta del material.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 27. Cálculo egresos mensuales.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 29. Clasificación RQD, Estación 1.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 37. Clasificación RMR, Estación 1.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 32. Clasificación RQD, Estación 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 33. Clasificación RMR, Estación 2.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 35. Clasificación RQD, Estación 3.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 36. Clasificación RMR, Estación 3.....</i>	<i>52</i>

Índice de figuras

Figura 1. Plano de ubicación de zona de Rumi Rumi.....	14
<i>Figura 2. Imagen satelital de la accesibilidad a la zona de Rumi Rumi.....</i>	<i>16</i>
Figura 3. Temperaturas promedio de Cajamarca.....	17
Figura 4. Perfil geológico de la zona de estudio.....	24
Figura 5. Plano topográfico de la zona de estudio.	25
Figura 6. Bloque de material a ser extraído como material de construcción.	34
Figura 7. Secciones calculas mediante el software Datamine Studio RM.....	34
<i>Figura 8. Área 1.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 9. Área 2.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 10. Área 3.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11. Área 4.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12. Área 5.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13. Vista en planta de los perfiles a ser calculados.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 14. Volumen total del material a ser extraído.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 15. Análisis cinemático de la estación 1.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 16. Análisis cinemático de estación 1.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 17. Análisis cinemático de la estación 2.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 18. Análisis cinemático de estación 2.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 19. Análisis cinemático de estación 3.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 20. Análisis cinemático de estación 3.....</i>	<i>54</i>

RESUMEN

El área de estudio está ubicada en el departamento de Cajamarca, en la localidad de Huayllapampa. En esta localidad aflora la formación Chimú, dicha formación está constituida por areniscas cuarzosas gris blanquecinas que poseen un alto contenido de SiO₂ que permitiría una extracción rentable; se llevó a cabo el procedimiento del cálculo de reservas, así como el método de explotación con la finalidad de que la extracción sea óptima. Para esta investigación se tomó como variable el cálculo de reservas, el porcentaje de sílice en las calizas de la Formación Chimú y explotación de areniscas como materiales de construcción. Se determinó al método de los perfiles como el idóneo para realizar el cálculo de reservas en la formación Chimú ya que las características de la zona de estudio nos permiten la construcción de cortes geológicos, en esta zona la formación Chimú tiene una buena homogeneidad litológica y se presenta en estratos con un espesor muy considerable, lo cual facilita el estudio dando como resultado un volumen de 129161542.2 m³ con un tonelaje de 322903855.5 TN. Se ha identificado cuatro zonas favorables para la explotación de las arenas debido a características tales como homogeneidad litológica, grado de alteración y factores estructurales.

Palabras clave: Método de explotación, cálculo de las reservas, areniscas, materiales de construcción, método de los perfiles.

ABSTRACT

The study area is located in the department of Cajamarca, in the town of Huayllapampa. In this locality the Chimú formation outcrops, this formation is made up of whitish gray quartz sandstones that have a high content of SiO₂ that would allow profitable extraction; the reserve calculation procedure was carried out, as well as the exploitation method in order for the extraction to be optimal. For this investigation, the calculation of reserves, the percentage of silica in the limestones of the Chimú Formation and the exploitation of sandstones as construction materials were taken as variables. The profiles method was determined as the ideal method to calculate reserves in the Chimú formation, since the characteristics of the study area allow us to construct geological cross-sections. In this area, the Chimú formation has good lithological homogeneity and it appears in strata with a very considerable thickness, which facilitates the study, resulting in a volume of 129161542.2 m³ with a tonnage of 322903855.5 TN. Four favorable zones have been identified for the exploitation of sands due to characteristics such as lithological homogeneity, degree of alteration and structural factors.

Keywords: Method of exploitation, calculation of the reserves, sandstones, construction materials, method of profiles.

I. INTRODUCCIÓN

La problemática existente nace debido a que, durante la última década, se ha experimentado una fuerte demanda concerniente a los materiales de construcción tales como arena fina, arena gruesa y bolonería entre otros productos. Esto conlleva a la necesidad de implementar nuevas fuentes de abastecimiento y/o el incremento de la producción de dichos materiales. La zona de Rumi Rumi muestra extensos afloramientos de areniscas de la formación Chimú lo que constituye una zona con importantes reservas de materiales de construcción sobre todo porque estos afloramientos se encuentran cerca de la ciudad de Cajamarca lo que se reduciría el precio del transporte. La técnica de explotación superficial es aprovechada en su mayor parte por la acción de la gravedad, la cual genera un problema en la baja calidad del material extraído por su alto porcentaje de dilución además que no se realiza un cálculo adecuado de reservas, provocando una gran pérdida del material potencialmente extraíble. Por este motivo se pretende la necesidad de la utilización de una metodología de explotación tecnificada lo que conllevaría a una mejoría en la calidad del material de construcción en lo que respecta a su mineralogía, tamaño y dureza. Además de tener un mejor control del transporte y del tipo de explotación superficial. Lo que se traduciría en un negocio más lucrativo para los empresarios y además se respete los estándares de los cuidados del medio ambiente.

En cuanto a la importancia de esta investigación, pretende contribuir a que las futuras explotaciones de canteras puedan elegir un buen método de explotación en forma tecnificada y teniendo en cuenta el cuidado del medio ambiente. Además, se tratará de dar sugerencias para la restauración del impacto visual que se está generando como consecuencia de la explotación de estas canteras. El cálculo de reservas nos indicara el verdadero potencial de las canteras para que los empresarios puedan realizar sus inversiones disminuyendo los riesgos.

En cuanto al problema de esta investigación, es de precisar las reservas de arenisca tomando en cuenta sus características fisicoquímicas, el impacto ambiental y los beneficios que generaría su explotación, es por ello que el **problema general** planteado para la investigación fue: ¿cuáles son las reservas para la explotación de areniscas como materiales de construcción en la Zona de Rumi Rumi y alrededores?

Asimismo, el **primer problema específico** planteado como interrogante fue: ¿Cuáles son las reservas de las canteras de arena calculadas mediante el método de los perfiles?, además se planteó un **segundo problema específico** cuya interrogante fue: ¿Cuál es el área de interés y el espesor promedio de las reservas de arena?

En cuanto a los objetivos de la investigación, estos deben ser propuestos como enunciados en los cuales el autor expone una meta que se expresa en un verbo (Zambrano y Dueñas, 2016, p. 169). Es por ello que el **objetivo general** fue: realizar el cálculo de reservas para la explotación de las areniscas como materiales de construcción en la zona de Rumi Rumi y alrededores. Además, el **primer objetivo específico** fue: determinar las reservas de las canteras de arena mediante el método de los perfiles o cortes. El **segundo objetivo específico** fue: realizar el cálculo del área de interés y el espesor promedio de las reservas de arena. Por último, el **tercer objetivo específico** fue: determinar los parámetros físico-químicos de las areniscas presentes en el lugar de estudio.

Tapia (2019, p. 32) nos dice que la hipótesis debe guardar relación con el problema formulado del que se pretende dar respuesta. Por ello, la **hipótesis general** fue: si se realiza el cálculo de reserva de las areniscas que afloran en la Zona de Rumi Rumi y alrededores se podrá determinar el potencial de reservas de materiales de construcción.

La **primera hipótesis específica** consistió en: por las condiciones observadas en campo se determina que el método para el cálculo de reservas más conveniente es el método de los perfiles.

La **segunda hipótesis específica** consistió en: las áreas de interés de las canteras de materia prima de construcción que afloran en la Zona de Rumirumi y alrededores lo constituyen las laderas de los cerros y poseen potencias promedias de 80 metros aproximadamente.

II. MARCO TEÓRICO

Como bases teóricas que hacen referencia a esta investigación, se han usado trabajos previos, es así que como **antecedente en el ámbito internacional** figura la tesis de, Herrera (2016), quien presentó su tesis, “Diseño Del Sistema De Explotación De Materiales de Construcción Existentes En la Cantera “Mina 2”, la cual se encuentra localizada en la Parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, Provincia De Pichincha”, en esta tesis el autor menciona entre otras cosas: que por motivo de la ausencia de una caracterización de los macizos rocosos que contienen los materiales de construcción en dicha zona, se tuvo la imperiosa necesidad de conseguir materiales de lugares bastante alejados, por lo que se tuvo que plantear el objetivo del diseñamiento de un sistema de explotación, esto debido a la necesidad e interés tanto social como colectivo para la Parroquia Cangahua, ya que generaría un aprovechamiento de estos materiales y contribuiría al progreso de la misma. Como resultado de este estudio concluye que las canteras que se localizan en esta zona poseen materiales de origen ígneos volcánico, el cual es óptimo para su utilización en las vías. Realizó los cálculos para el yacimiento para la Cantera MINA 2 dando un total de 178874 m³, este volumen fue calculado utilizando el método del análisis minero-geométrico y apoyado por los software Mineros Vulcan y RecMin.

También figura la investigación de Ramírez (2008), la tesista presenta su trabajo titulado, “Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburra”, este trabajo de investigación se realizó porque las actividades de carácter minero se efectúan utilizando parámetros inadecuados, por lo que esta investigación se centra en lo concerniente a la adecuada sostenibilidad de la minería de materiales de construcción en el lugar y se plantea desde tres perspectivas: ambientales, económicas y sociales. Concluye que las arenas se agotarán entre los años 2013 y 2027, y los triturados y gravas se agotarán entre los años 2011 y 2019.

Así mismo figura la investigación de Sotomayor (2009), quien sustenta su tesis para obtener el título de Ingeniero Constructor, esta tesis se titula: “Guía de Condiciones Medioambientales a Considerar Para el Diseño de Una Planta de Extracción y Procesamiento de Áridos”. En esta investigación se tomó como

objetivo implementar una metodología en materia de planeación de minas, en la cual determino que la extracción de áridos es importante en el país de Chile a través de pequeñas empresas. Los impactos generados en la flora y fauna constituyen graves problemas en la actividad de extracción, debido al mal diseño de la planta, generando ruidos, vibraciones, polvo y generación de abundantes gases de carácter tóxicos como son: dióxido de carbono y monóxido de carbono.

Se tiene otra investigación, la de Toledo (2015), el presenta y sustenta su tesis para obtener el título de ingeniero de minas y metalurgista, titulada: “Desarrollo del Proceso Planeación, Ejecución y Control dentro del Área de Planeación Minera Ciénaga de Fresnillo PLC”. En donde concluye que el planeamiento de minas nos permite determinar una proyección de los costos unitarios para elaborar presupuestos de desarrollo y tumba apegados a la realidad y maximizar los recursos económicos, evaluar con ello cada una de las variables que conforman los costos operativos.

Como **antecedentes en el ámbito nacional** figura el trabajo de investigación de Huamán y Benito (2018), ellos presentan su tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas, titulada: “Optimización y Modernización en el Proceso de Obtención de Arena de Sílice Para Incrementar la Producción en la Cantera Santa Rosa 94-i C.C. Llocllapampa”, determino realizar la optimización del método de explotación tipo cantera de avance frontal y los diferentes procesos de las operaciones para la obtención de arena, dicha implementación logro alcanzar un incremento de 415% con respecto a la producción actual de la cantera.

Otra investigación es la de Taype (2016), presentó su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, titulado. “Diseño de Explotación de Cantera para Agregados, Distrito de Huayucachi”, determinó que la litología está constituida por un depósito aluvial constituido por gravas mal gradadas y capas de arcilla. La inclinación de 5° del nivel freático indica los posibles problemas con el drenaje de aguas, a medida que profundice el programa de explotación de la cantera. No presenta estructuras geológicas como fallas o discordancias.

También está la investigación de Soto (2015), presentó su tesis para obtener el título de ingeniero agrónomo, titulado: “Caracterización de la Actividad Minera Artesanal no Metálica en la Zona de la Carretera Iquitos-Nauta”, para optar el título de ingeniero en Gestión Ambiental. Concluyendo que la mayor parte del material de extracción está destinado para las construcciones de la ciudad de Iquitos, presenta poca cantidad de arcillas. Para la extracción de arena se hacen uso de cargadores frontales, tractores de oruga, palas y carretillas; el transporte del material extraído se realiza a través de volquetes. El impacto al medio ambiente y la informalidad en dichas canteras se da debido a que existen no estudios de impacto ambiental y los propietarios no pagan impuestos.

Luque (2017), presentó su tesis cuyo título fue: “Estudio de Factibilidad en un Proyecto de Explotación de Rocas y Minerales Industriales en una mina de Perlita”, El objetivo general que se planteó fue el de evaluar si el proceso de explotación de rocas y minerales industriales puede ser factible, el autor concluye desde un punto de vista técnico-económico que la reserva probada es de 74, 195 TM, estos cálculos se calcularon por el geólogo Chire Cerpa, en el año (2005). El planeamiento de Minas se basó en la proyección tanto económica como operativa, se calculó una producción diaria de 301 TM/día, de esta manera se obtiene una producción de mineral para 5 años. Para el procesamiento de todo este mineral que es enviado desde la mina se decidió por la utilización de una Chancadora que posee una capacidad de 15 - 70 TM/h. los cálculos de evaluación económica realizados dieron como resultados un valor neto de \$3 087 950.63; además una Tasa interna de retorno 0.87; el beneficio costo: 3.1; el Periodo de recuperación: 1.27. Todos estos valores indican que son valores favorables.

Como **antecedente en el ámbito local** figura la investigación de Guevara (2017), quien presentó su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas, cuyo título del proyecto es: “Propuestas de un Plan de Minado para Mejorar la Productividad en la Cantera El Gavilán, al Sur de la Ciudad de Cajamarca, 2017”, propone un plan de minado que tiene como finalidad de mejorar la productividad en la cantera El Gavilán. Se determinó que las causas

que contribuyen a la generación de materiales son el alto porcentaje de fracturamiento.

Así mismo figura la investigación de Araneda e Intor (2017), los expositores presentaron la tesis con el título de: “Influencia del Comportamiento Geomecánico del Macizo Rocoso en el Diseño de Bancos de la Cantera de Arena Fina, Cabra Cabra de la Empresa S.M.R.L. Cabra Cabra, Distrito de Namora-Cajamarca, 2017”, determino que el RQD promedio del macizo rocoso es de 41.4%, constituyendo una roca de mala calidad. El valor de RMR (Bienawski 89) corresponde a 42, clasificándose como roca regular. Así mismo se determinó un factor de seguridad (FS) de 1.74, el diseño de explotación es mediante bancos cuyo alto de los bancos es de 2m, ancho de banco 3m y ángulo del talud es de 45°.

También figura la investigación de Vásquez y Ramos (2018), estos tesisistas presentaron su proyecto titulado “Calculo de Reservas Para La Explotación de la Cantera de Arena Cachachi, Provincia de Cajabamba, Cajamarca, 2018”, tuvo como objetivos el de indicar la influencia del cálculo de reservas en la elección del diseño de explotación de las canteras de arena, además indicar cuál es su influencia dentro de la cubicación y el cálculo de reservas, y también desearon saber el nivel de influencia de la ley media del mineral en el proceso del diseñamiento de los parámetros operativos mineros. Los autores concluyeron que existe una relación directamente proporcional entre la cubicación y cálculo de reservas en el proceso del diseño de explotación. Además, se concluye que la explotación debe ser a cielo abierto, los cálculos de reserva de las arenas susceptibles a ser explotadas son del orden de 446 952 275 TM.

Se identificó como variable independiente a cálculo de reservas, por lo que en cuanto a teorías referentes al tema podemos encontrar que: Según Bustillo y López (1997) El cálculo de Reservas para la utilización dentro de la explotación de una cantera o un bloque, es un procedimiento que nos ayuda a determinar la cantidad de mineral, del mismo modo nos permite poseer un buen manejo de la zona de estudio; mediante el cálculo del volumen de material, la geometría del yacimiento y la cobertura se determinará el mejor método de explotación. Para la estimación de manera general existen dos métodos: los Métodos geométricos

y los geoestadísticos. Los métodos geométricos se caracterizan principalmente por la construcción de figuras geométricas en donde se representa las cantidades del material o la mineralización mediante la cubicación, dentro de los métodos geométricos más utilizados para realizar el cálculo de reservas de un yacimiento tenemos: el de cortes o perfiles, de los polígonos, de los triángulos, de las matrices de bloques, de los contornos y del inverso a la distancia.

Godoy (2009), describe como recurso minero a la concentración u ocurrencia natural de materiales que se encuentran en los tres estados naturales (sólido, líquido y gaseoso), puede ser de naturaleza inorgánica u orgánica, en cantidad y calidad dentro o sobre la superficie terrestre con potencial técnico y económico para su explotación. La ubicación, características geológicas, volumen, contenido mineral, y la continuidad de mineralización es determinada e interpretada mediante la utilización de datos geológicos, recuperación metalúrgica y tecnología.

Maza (2017), nos dice que las reservas es el conjunto de recursos que están realmente disponibles y además son económicamente viables con el uso de la tecnología actual para satisfacer las necesidades humanas o llevar a cabo una actividad. También define como reservas probadas a aquella porción del recurso medido, económicamente extraíble. Esta Reserva incluye el material diluyente, y pérdidas de explotación. Se incluyen estudios de factibilidad, mineros, metalúrgicos, ambientales, económicos, legales y factores regulatorios ambientales. Además, también nos dice que las reservas probables son aquellas en las que hay la probabilidad de que existan minerales que pueden ser viables, existiendo limitaciones en cuanto a la precisión de la toma de los datos.

Maza (2017) también mencionó que este es conocido como mineral seguro, y son bloques de mineral comercialmente viable, los cuales por estudios geológicos e ingeniería son estimadas con bastante certidumbre que estos serán recuperables económicamente por métodos operacionales.

Maza (2017) mencionó que estas reservas no son probadas, es decir que existe la probabilidad de existencia de mineral, habiendo limitaciones sobre la precisión de los datos.

Angulo de talud final, para Gómez (2010), es la distancia angular del talud formado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente que une la parte más alta y baja del banco.

Bermas, Gómez (2010) nos dice que es una plataforma horizontal que se ubica en las partes internas de la excavación y se ubica dentro de los taludes finales, cuyo objetivo es estabilizar el frente de un talud ante posibles deslizamientos.

Pistas, Gómez (2010), nos dice que esto comprende un conjunto de estructuras dentro del proceso de explotación mediante las cuales se transportan los materiales, transporte de equipos y servicios entre diferentes lugares dentro de la cantera, se caracterizan por el espaciado y pendiente.

Uno de los métodos más utilizados para el cálculo de reservas dentro de los métodos clásicos, es el método de perfiles o cortes. Bustillo y López (1997), describen que frecuentemente se emplean para el cálculo de cuerpos irregulares de material o mineral, a partir de la evaluación de perforaciones, las cuales permiten realizar una mejor interpretación de la geometría de los cuerpos geológicos de mineral aplicando perfiles. Este método se emplea para el cálculo de áreas mineralizadas de cada perfil, determinar el tonelaje o volumen de cada corte, obtener el cálculo de reservas por bloques y determinar el volumen total de las reservas.

Lara (2007) define geología como la ciencia que estudia la composición y estructura interna y externa de la tierra y los procesos que conllevan a su modificación al largo del tiempo geológico.

Barreto (2012) define topografía como la ciencia que describe de manera precisa un área determinada. Es el arte de medir un lugar en específico de la superficie terrestre para fines de estudio, a raíz de principios y procedimientos teniendo como objetivo una representación gráfica.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Por su finalidad de estudio el tipo de investigación es BÁSICA, según Zorrilla (1993), estas investigaciones buscan el progreso científico, acrecentar los conocimientos teóricos, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas; es más formal y persigue las generalizaciones con vistas al desarrollo de una teoría basada en principios y leyes.

El diseño de la investigación es NO EXPERIMENTAL-TRANSVERSAL, debido a que Sampieri (2003), nos dice que para este caso no se da la manipulación de las variables independientes, ya que los datos se tomaran en un momento dado sin intervenir en el ambiente en el que las reservas de areniscas y su alto contenido de sílice se desarrollaron.

3.2. Variables

Definición Conceptual

Variable Independiente:

El cálculo de reservas, Velarde (2016), nos dice que el cálculo de reservas de un yacimiento permite tener un mayor conocimiento de la zona de estudio, ya que define la cantidad de mineral a ser explotado, también determina la forma del yacimiento lo que facilitará a posteriori la buena elección del método de explotación. Existen dos métodos más utilizados: los geométricos y los geoestadísticos. Los primeros consisten en la utilización de un proceso de cubicación, que consiste en construir una o varias figuras geométricas en las que se va a estimar la cantidad de mineralización que existe dentro de ellas.

Variable Dependiente:

Explotación de areniscas como materiales de construcción, Herrera (2007), nos dice que las canteras son conocidas como espacios para el desarrollo y

explotación de la minería no metálica, de la que se obtienen rocas para la industria de la construcción, en sus diferentes derivados. Por lo general, estos lugares se desarrollan a tajo abierto para tener una extracción del material más eficaz, el cual es empleado en el campo de la construcción, como casas, carreteras, etc. Como ejemplo de dichos materiales extraídos son los agregados y los pétreos.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Todos los afloramientos rocosos de la Formación Chimú que afloran en la Zona Rumi Rumi y alrededores.

- ✓ Criterios de inclusión: Para realizar el cálculo de reservas, se tomó en cuenta el cerro Rumi Rumi, ya que cuenta con la mayor cantidad de reservas.
- ✓ Criterios de exclusión: No se tomaron en cuenta los cerros con bajo volumen de reservas.

Muestra

Los afloramientos de areniscas de la Formación Chimú que muestren condiciones favorables para ser explotadas como materiales de construcción y que afloran en las Zonas de Rumi Rumi y alrededores.

Muestreo

En la primera etapa de la investigación se hizo una recopilación de todos los estudios existentes de la zona de estudio; recopilación de los mapas geológicos confeccionados por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico INGEMMET y por otras investigaciones referidas al tema.

Se aplicó la técnica de la observación directa y el muestreo aleatorio de rocas. Los análisis químicos de las muestras de rocas serán realizados en los laboratorios existentes en la ciudad de Cajamarca. Todas estas informaciones serán analizadas y procesadas para la elaboración del informe final. Los mapas y perfiles geológicos serán confeccionadas con el software ArcGIS 10.5 y para

el procesamiento estadístico de la data se utilizará el software Excel con el mismo que determinará el cálculo de reservas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Observación

La observación utilizada como una técnica de recolección de datos es objetiva, ya que se obtiene la información detallando a los ambientes, las comunidades, las zonas y los contextos, tomándose en cuenta que deben protegerse los adiestramientos al observador, ya que de ello dependerá que tenga valor científico, Bautista (2009).

Análisis documental

El análisis documental consiste en revisar los estudios de un trabajo mediante el cual por un proceso intelectual extraemos unas nociones del documento para representarlo y facilitar el acceso a los originales. Por lo tanto, analizar los documentos es derivar de un documento el conjunto de palabras y símbolos que le sirvan de representación, lo cual contribuye a la comprensión del problema, Bautista (2009).

Instrumentos para la recolección de datos

Guías de observación

✓ Geología regional:

Para describir la geología regional se adjuntará el formato con la información detallada de la formación geológica regional, (ANEXO 3).

✓ Geología local:

Para describir la geología local se adjuntará el formato con la información detallada de la formación geológica local, (ANEXO 3).

✓ Levantamiento topográfico:

Para observar la topografía se adjuntará el formato con los datos que se han recopilado en campo, con la finalidad de precisar el área a estudiar a través del plano topográfico, (ANEXO 3, 17).

✓ **Calicatas:**

Las calicatas serán realizadas en campo y luego serán analizadas en un laboratorio, quien nos certificará la composición Físico Química y estratigráfico del material presente en la zona de estudio, (ANEXO 4-11).

✓ **Validez y confiabilidad**

Tanto las técnicas como los instrumentos de la recolección de los datos que se consideran en la presente investigación, han sido analizados por expertos, para luego ser aprobados y validados, (ANEXO 3), lo que aseguran cálculos precisos del objeto de estudio.

3.5. Procedimientos

Análisis de la geología regional

Se ingresa a la página del Intranet de INGEMMET, se descarga el formato SHP desde el portal GEOCATMIN la carta geológica de la región de Cajamarca, detallando información precisa sobre las formaciones geológicas presentes en la región.

Análisis de la geología local

En la primera etapa de la investigación se hizo una recopilación de todos los estudios existentes de la zona de estudio; recopilación de los mapas geológicos confeccionados por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico INGEMMET y por otras investigaciones referidas al tema.

Se aplicó la técnica de la observación directa y el muestreo aleatorio de rocas. Los análisis químicos de las muestras de rocas serán realizados en los laboratorios existentes en la ciudad de Cajamarca.

Levantamiento topográfico

Todas estas informaciones serán analizadas y procesadas para la elaboración del informe final. Los mapas y perfiles geológicos serán confeccionadas con el software ArcGIS 10.5.

Calicatas

Las calicatas serán realizadas en campo y luego serán analizadas en un laboratorio, quien nos certificara la composición física y química del material presente en la zona de estudio, esto a su vez nos ayudara a tener una mayor certeza a la hora de realizar el cálculo de reserva a través del método de los perfiles.

Cálculo de reserva por el método de los perfiles

Para el procesamiento estadístico de la data se utilizará el software Excel con el mismo que determinará el cálculo de reservas.

3.6. Método de análisis de datos

Método Analítico: Este método permitió el análisis de la información recolectada dentro de los instrumentos de recolección de datos.

Método Sistémico: Después de haberse realizado el análisis de la información obtenida en campo, el método sistémico permitió la organización de ésta.

3.7. Aspectos éticos

Uso de origen de consulta

Se utilizó fuentes de consulta de información inicial, siendo estas el origen de la referencia con la finalidad de dar una valiosa contribución a la investigación.

Transparencia en los objetivos de la investigación

En la realización de este proyecto de investigación se deberá recolectar en un principio toda la información correspondiente al área de estudio, fijando los objetivos que se deben desarrollar con transparencia.

Claridad en datos obtenidos durante la investigación

Los datos que se obtuvieron en este trabajo de investigación son claros y verídicos, obtenidos a través de instrumentos profesionales y técnicos.

Privacidad

Este trabajo de investigación tiene un fin académico, por lo que se respetara la privacidad de los datos y resultados obtenidos.

IV. RESULTADOS

Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra entre los 2500-3500 m.s.n.m. de la provincia de Cajamarca, está ubicada en la zona norte de la cordillera de los Andes del Perú. Comprende la carta nacional de Cajamarca(15-f), presenta un área de 7.63 km², los vértices que limitan el área son los siguientes.

Ubicación Política

El área de la presente investigación está ubicada en la Región de Cajamarca, provincia y distrito de Cajamarca, en el centro poblado de Huayllapampa.

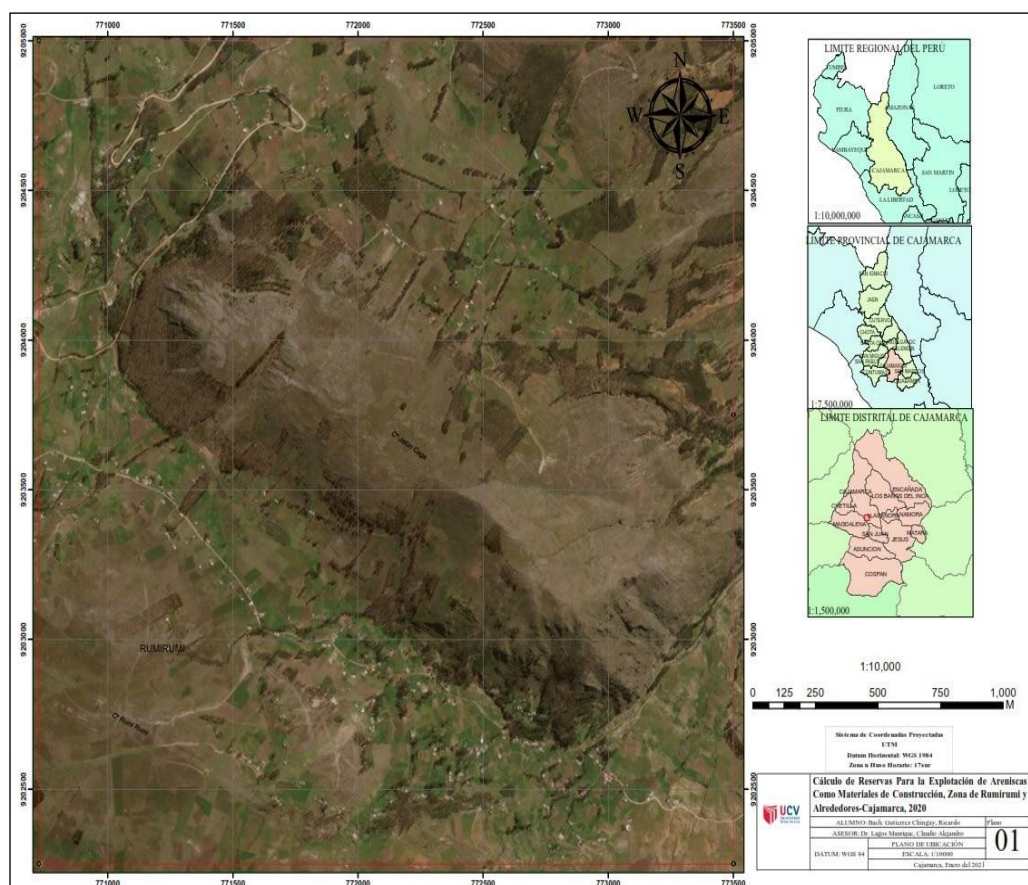


Figura 1. Plano de ubicación de zona de Rumi Rumi.

Fuente: Elaboración propia basado en imágenes de Google Earth 2020.

Tabla 1. Coordenadas UTM WG84 del área de estudio.

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	772850	9202637
2	773805	9203620
3	771096	9203869
4	771532	9204439

Fuente: Elaboración propia

Accesibilidad

Las vías de acceso al área de estudio se desarrollarán desde la localidad de Cajamarca, presenta dos accesos por el Jr. 28 de Julio, con dirección a la carretera a Cumbemayo o por la Av. Independencia, con dirección al centro poblado de Calispuquio; luego tomando la dirección SW siguiendo la misma carretera hasta llegar al centro poblado de Huayllapampa. Ubicándose en los alrededores de Rumi Rumi la zona de estudio.

Tabla 2. Accesibilidad por la zona de Calispuquio.

TRAMO	TIPO DE VÍA	DISTANCIA	TIEMPO
Cajamarca – Huayllapampa	Carretera sin asfaltar	12 Km.	30 min.
Cajamarca – Calispuquio – Huayllapampa	Carretera sin asfaltar	10.7 Km	28 min

Fuente: Elaboración propia

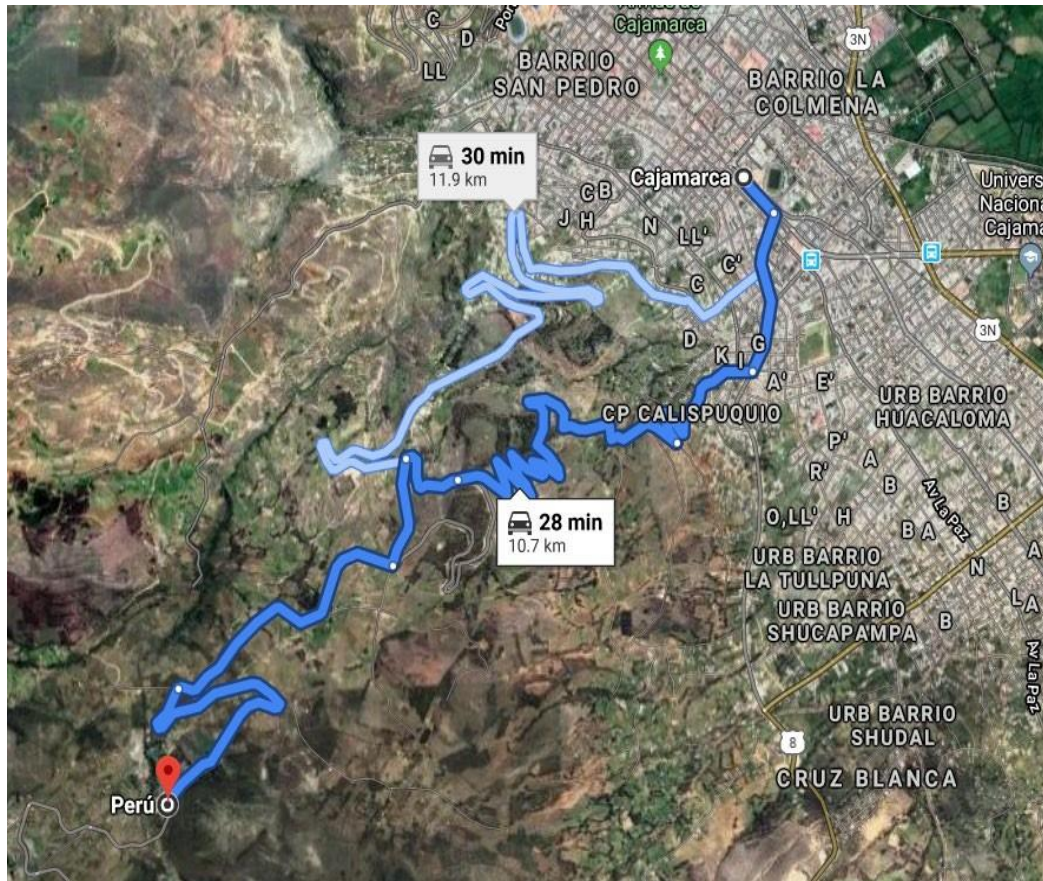


Figura 2. Imagen satelital de la accesibilidad a la zona de Rumi Rumi.

Fuente: Google Earth 2021.

Clima

Por su altitud el área de estudio se encuentra en la región quechua (entre 2300-3.500 msnm) de clima templado, seco; soleado durante el día, pero frío durante la noche. La temperatura media anual es de 15,6 °C, siendo época de lluvias de diciembre a marzo, que coinciden con el cíclico fenómeno de El Niño, típico del norte tropical peruano. Además, la proximidad tanto hacia la costa como hacia la selva, la hacen tener el mejor clima de los departamentos de la Sierra Peruana. Hay ausencia de montañas elevadas, pero si se divisan bosques subtropicales húmedos hacia la vertiente oriental, subtropicales y tropicales secos hacia la vertiente occidental. Los datos registrados por la estación meteorológica Weberbauer ubicada en la ciudad de Cajamarca se muestran en la siguiente figura:

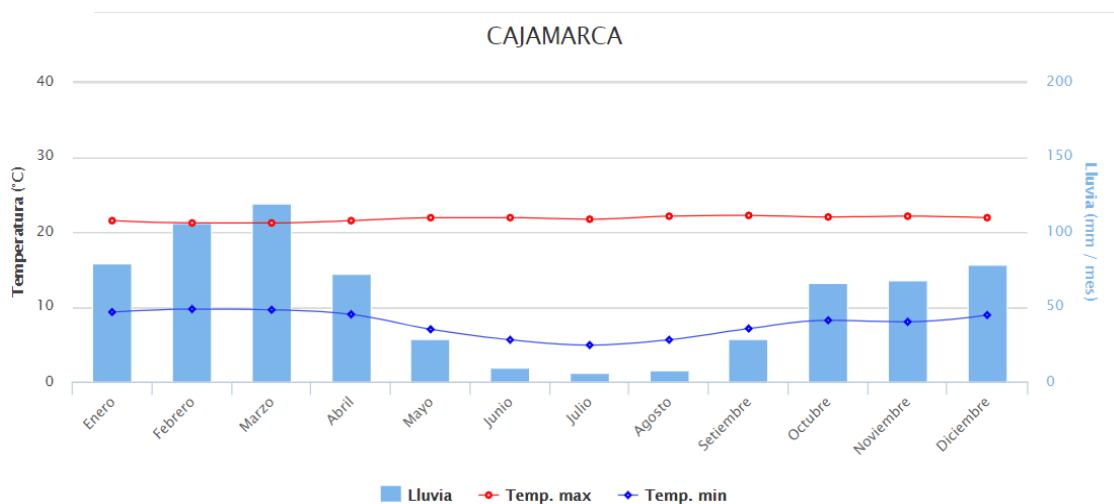


Figura 3. Temperaturas promedio de Cajamarca.

Fuente: (SENAMHI 2020).

senamhi.gob.pe

Vegetación

En los lugares altos de la zona de estudio se observa una vegetación de ichu, gramíneas, alisos, pastizales propios de la zona. En las partes bajas abundan los cultivos de hortalizas, maíz, tubérculos y alfalfa.

Hidrología

La zona de estudio se encuentra dentro de la Microcuenca Cruz Blanca- Los Chicos. La naciente de esta microcuenca se encuentra entre los cerros Rumi Rumi y Hualacopuquio pertenecientes al Caserío de Huayllapampa. Se observa terrazas sobretodo en la parte baja de la quebrada Cruz Blanca las que son utilizadas como áreas de sembríos. Amazonas el cual desemboca en la Vertiente del Atlántico, Huaripata, (214).

Geomorfología

La zona topográficamente posee alturas de hasta 3600 m.s.n.m. La morfología la conforma las rocas areniscosas con geformas escarpadas y de mayor altitud, mientras que las rocas de composición calcárea-arcillosa conforman morfologías

suaves. El área de estudio presenta planicies, altiplanicies, colinas, laderas, cárcavas, lomas, quebradas y valles.

Geología Regional





Las Formaciones geológicas de Cajamarca están comprendidas entre el Cretácico y el Cuaternario reciente, La geología regional se caracteriza por las siguientes unidades estratigráficas.

Tabla 3. Geología regional de la zona de estudio.

Era	Sistema	Época	Unidad Estratigráfica		Simbología				
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos: Eólicos, fluviales, coluviales, aluviales.		Q-e	Q-fl	Q-co	Q-al	
		Pleistoceno	Depósitos: Fluvioglaciares, glaciares, lagunares.		Q-fg	Q-gl	Q-lg		
	Neógeno	Plioceno	Formación Tamborapa		Qp-ta				
		Mioceno	Formación Condebamba		Np-co				
			Formación Cajabamba, formación Namballe		Nm-cj	Nm-n			
			Formación Bellavista, Volcánico Huambos		Nm-be	Nm-vh			
	Paleógeno	Oligoceno	Volcánico Porculla	Formación el Milagro	Nm-vp	Po-m			
			Grupo Calipuy	Volcánico San Pablo					
		Eoceno	Volcánico Chilete	Volcánico Llama	Pe-vch	P-ca	Pv-ll		
			Paleoceno	Volcánico Tembladera	Formación Cajaruro	Pp-vt		Pe-ca	
Mesozoico		Cretáceo	Superior	Formación Chota, Formación Celendín		Ks-ch	Ks-ce		
				Formación Cajamarca		Ks-ca			
	Formación Quiliquiñan-Mujarrun			Ks-qm					
	Grupo Puyucana Formación Yumagual		Ks-pu	Ks-yu					
	Formación Pariatambo		Ks-pa						
	Inferior	Formación Chulec, Inca		Ki-ch	Ki-in				
		Formación Farrat		Ki-f					
		Grupo Goyllarisquizga	Formación Carhuaz		Ki-ca				
			Formación Santa		Ki-sa				
			Formación Chimú		Ki-chim				
Jurásico	Superior	Formación Tinajones		Ki-ti					
	Inferior	Formación Chicama		Js-chic					
		Grupo Pucará	Formación Condorsinga	Formación Oyotun	Ji-c	Ji-o	Tr-Jj-pu		
Paleozoico	Triásico	Superior	Formación Aramachay		Ji-a				
	Pérmico	Lopingiano	Formación Chambará		Ts-ch				
		Sisuraliano	Grupo Mitu		P-m				
	Carbonífero	Superior	Grupo Ambo		Ci-a				
Ordovícico	Superior			O-s					
	Inferior	Grupo Salas							

Fuente: GEOCATMIN-INGEMET (2021).

Tabla 4. Columna estratigráfica de Cajamarca.

Era	Sistema	Unidad Litológica	Espesor (m)	Litología	Descripción	
Cenozoica	Cuaternario	Deposito Coluvial	30		Arenas, Arcillas, Gravas	
		Deposito Fluvial	100		Arenas, Arenas Arcillosas, Gravas	
	Paleógeno Neógeno	Volcánicos Huambos	200		Tobas Riolíticas, Andesitas, Traquitas.	
Mesozoica	Cretáceo Superior	Grupo Calipuy	Formación San Pablo	300		Cuerpos intrusivos subvolcánicos Tobas riolíticas, andesitas, traquitas.
		Formación Cajamarca	430	Calizas macizas, estratos gruesos, muy resistentes a la erosión, de color gris azulinas.		
		Grupo Quilquiñan	240	Calizas macizas, margosas, intercaladas con limoarcillitas calcáreas,		
		Formación Mujarrum	250	Arcillitas gris amarillentas, intercaladas, margas y calizas gris marrones.		
		Formación Yumagual	500	Calizas areniscosas, margas y arcillitas calcáreas de color gris marrón.		
	Cretáceo Inferior	Grupo Goyllarisquizga	Formación Pariatambo	175		Calizas nodulares gris oscuras, intercaladas con arcillitas calcáreas.
			Formación Chulec	450		Calizas areniscosas, margas y arcillitas calcáreas, estratos gruesos y delgados bien definidos, intercalación de calizas y margas, abundantes restos fósiles.
			Formación Inca	80		Areniscas ferruginosas, areniscas calcáreas. Limolitas, arcillitas y areniscas.
			Formación Farrat	400		Areniscas de grano medio, areniscas ferruginosas con arcillitas. Arenisca de grano fino, intercalada con arcillitas.
			Formación Carhuaz	345		Areniscas de granos fino gris verdosas, arcillitas, limoarcillitas y areniscas. Limoarcillitas gris rojizas, con nódulos de óxido de hierro.
			Formación Santa	80		Arcillitas gris azulinas, arcillitas gris verdosas.
			Formación Chimú	300		Areniscas de grano fino gris blanquecinas con niveles de oxidación. Areniscas de grano fino, arcillitas. Areniscas de grano fino gris blanquecinas, estratificación sesgada.

Fuente: Lagos (2015).

Geología local

Formación Chimú (Ki-chi): Esta unidad estratigráfica se presenta aflorando en grandes extensiones en el área de estudio. Se encuentra constituyendo el núcleo del anticlinal de Huayllapampa. Esta unidad geológica es la más antigua de la secuencia sedimentaria del Cretácico inferior. Estratigráficamente se encuentra conformada por estratos gruesos y medianos estrato creciente. Litológicamente está conformada por areniscas cuarzosas de color gris blanquecinas, estas rocas se caracterizan por tener una abundante silicificación que le proporciona una gran dureza, esta silicificación al parecer se produjo singenéticamente es decir que este proceso se produjo durante la formación de las rocas cuarzosas y no posteriormente. Posee un espesor promedio de 300 metros. En la parte inferior de esta unidad se observa una secuencia conglomerádica y niveles de carbón.

Litología: Consiste generalmente de areniscas cuarzosas de granulometría fina a gruesa, de color gris blanquecinas; a veces con abundante silicificación; presentan intercalaciones de areniscas de grano fino y arcillitas, y niveles de carbón en la base.



Estructuras: Las areniscas de la Formación Chimú, presentan estratificación sesgada(cruzada), laminaciones y marcas de carga.

Secuencia: La Formación Chimú presenta una secuencia directa de grano grueso a grano medio.

Formación Santa (Ki-sa): La formación Santa aflora en un pequeño sector de la zona de estudio, forma parte del flanco occidental del anticlinal Huayllapampa. Aflora en franjas muy delgadas que a veces es difícil su identificación en campo. Litológicamente está constituida por una alternancia de arcillitas gris oscuras y limolitas con esporádicos niveles calcáreos, es abundante los lentes de carbón con restos de plantas y minerales de sulfuros de hierro (pirita). Posee un espesor de 80 m aproximadamente. Se encuentra sobreyaciendo a la formación Chimú en contacto transicional e infrayaciendo a la formación Carhuaz en la misma relación estratigráfica. Por las características litológicas, restos de plantas y de



fósiles de ambiente marino encontrados en esta unidad, se considera a la formación Santa de un ambiente marino transicional.

Tabla 5. Geología local de la zona de estudio.

Era	Sistema	Época	Unidad Estratigráfica	Simbología
Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Grupo Goyllarisquizga	Formación Santa 
				Formación Chimú 

Fuente: GEOCATMIN-INGEMET (2021).

Tabla 6. Columna estratigráfica de la zona de estudio.

Era	Sistema	Unidad Litológica	Espesor (m)	Litología	Descripción
Mesozoica	Cretáceo Inferior	Formación Santa	80		Arcillitas gris azulinas, arcillitas gris verdosas.
		Formación Chimú	300		Areniscas de grano fino gris blanquecinas con niveles de oxidación. Areniscas de grano fino, arcillitas. Areniscas de grano fino gris blanquecinas, estratificación sesgada.

Fuente: Lagos (2015).

Geología estructural

En la zona de estudio hay evidencias de un proceso tectónico denominado Tectónica Incaica el cual tuvo lugar hace 40 MA aproximadamente durante la época del Eoceno- Oligoceno. Esta Fase Tectónica de carácter comprensivo y de gran intensidad, es considerada como la más importante del ciclo andino y que afectó a todo el basamento sedimentario cretácico, generando sistemas de plegamientos (sinclinales y anticlinales), fracturamientos y fallamientos de carácter inversos. El sinclinal Huayllapampa, la falla Huayllapampa y los sistemas de fallas y diaclasas que se encuentran afectando a la zona de estudio se han formado como consecuencia de esta fase tectónica:

Anticlinal Huayllapampa: En el área de estudio se presenta el anticlinal de Huayllapampa ubicado dentro del área de estudio. Este anticlinal está constituido en su núcleo por La formación Chimú y hacia sus flancos por las formaciones Santa, Carhuaz y Farrat. El eje de esta estructura posee una orientación de NO-SE.

Falla Huayllapampa: Esta falla de carácter inversa se encuentra afectando a las formaciones Santa, Carhuaz y Farrat. Posee una orientación de NW-SE. Esta estructura se observa a lo largo de la quebrada Huayllapampa y posee una longitud de 400 m.

Diaclasas: En la Formación Chimú en la zona de Huayllapampa y Rumi Rumi, se pudo evidenciar afloramientos de rocas con presencia de meteorización de moderada a baja; así como distintas familias de diaclasas que podrían originar deslizamientos, planares o en cuña; generando una zona inestable ante posibles deslizamientos.

Geología histórica: La zona andina que se comenzó a formar a partir del triásico en donde se denota dos zonas; la del oeste que era una cuenca sedimentaria y la del este que era un geoanticlinal. En la zona de la cuenca se depositaron una gran cantidad de sedimento los cuales tuvieron un espesor de 1,000 m. las formas siguieron desarrollándose en el Neocomiano- Aptiano y producto de la erosión se depositaron una gran cantidad de sedimentos en la cuenca en su mayoría sedimentos detríticos, además de que las profundidades de la cuenca eran bajas por tal motivo se tiene sedimentos playeros y deltaicos en su mayoría a excepción de las calizas de la formación santa. El espesor de estos estratos fue de 1,500 m, los cuales dieron origen al grupo Goyllarisquizga. Luego se produjo una inmersión a fines del Aptiano y comienzos del Albiano proceso en el cual tanto la cuenca como el geoanticlinal quedaron bajo el nivel del mar, el proceso de inmersión llegó a finalizarse en el Albiano Medio; es aquí que se depositaron las calizas arenosas de la formación inca, además de las calizas de las formaciones Chulec y Pariatambo.

A partir del Albiano medio se comenzaron a depositar las calizas de las formaciones Yumagual, Mujarrúm, Quilquiñán, Cajamarca y Celendín, todos estos depósitos tuvieron un espesor de 1,500 m. Ya en el Santoniano se produjo

una epirogénesis la cual generó que sectores de la cuenca y partes de la plataforma se levantaran, este proceso alcanzo hasta los sectores del grupo Goyllarisquizga; todos estos acontecimientos significaron el primer movimiento andino el cual fue Epirogenético y con poca deformación en los estratos. Los plegamientos de gran intensidad se produjeron en el triásico donde ya en la zona de Huayllapampa y alrededores de Rumi Rumi se formó una serie de anticlinales y sinclinales, además de que se produjeron una gran cantidad de fallas, la más considerable fue la que va de NW-SE y que pasaba cerca al eje del anticlinal de Huayllapampa.

Geología de las canteras de arenas que serán utilizadas como materiales de construcción.

Consideraciones geológicas

Los afloramientos de areniscas de a formación Chimú ubicadas cerca de la localidad de Rumi-Rumi constituyen canteras para que sean utilizadas como materiales de construcción:

Las condiciones geológicas han jugado un papel importante en la generación de estas canteras en el área de estudio. En primer lugar, los procesos tectónicos han producido un intenso fracturamiento de las rocas y en segundo lugar la acción de la erosión ha ayudado a la desintegración de los componentes de las rocas areniscosas.

Se tiene que mencionar también que la composición química de estas rocas constituye también una condición favorable para que estas sean consideradas aptas para ser utilizadas como materiales de construcción. Estas areniscas al haberse depositado en un ambiente continental playero hacen que contengan un alto porcentaje de óxido de sílice (SiO_2), y una coloración blanquecina por la ausencia de minerales arcillosos y de óxidos.

Perfil Geológico

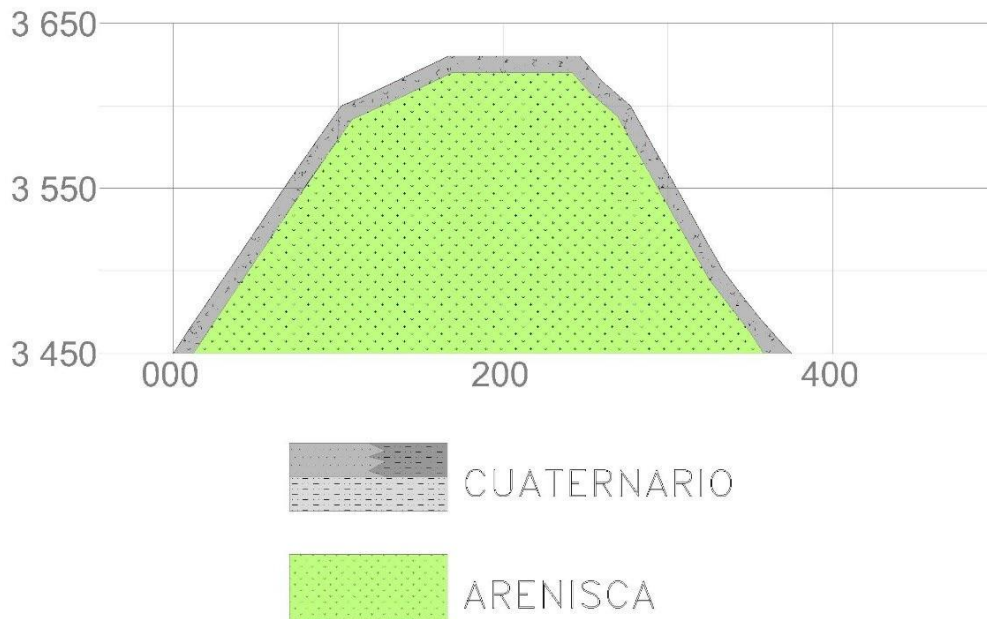



Figura 4. Perfil geológico de la zona de estudio.

Fuente: Lagos (2015).

Levantamiento Topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico se procedió a la toma de coordenadas con un GPS Garmin 64s, el cual nos dio las coordenadas UTM en el sistema WGS84, para posteriormente haciendo uso del Software AutoCAD Civil 3D obtener un plano topográfico.

Tabla 7. Coordenadas UTM de la zona de estudio.

COORDENADAS UTM WGS84-ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Ítem	Este	Norte	Altitud (msnm)
1	771434.373	9204353.09	3450
2	771848.269	9204126.24	3450
3	772087.798	9203973.46	3450
4	772228.24	9203798.19	3450
5	772515.545	9203687.85	3450
6	773075.097	9203598.16	3450

7	773206.094	9203447.42	3450
8	772763.987	9202824.51	3450
9	772303.247	9203037.96	3450
10	772165.397	9203241.06	3450
11	771957.07	9203416.82	3450
12	771798.715	9203623.54	3450
13	771580.945	9203750.81	3450
14	771217.485	9204047.26	3450

Fuente: *Elaboración Propia*

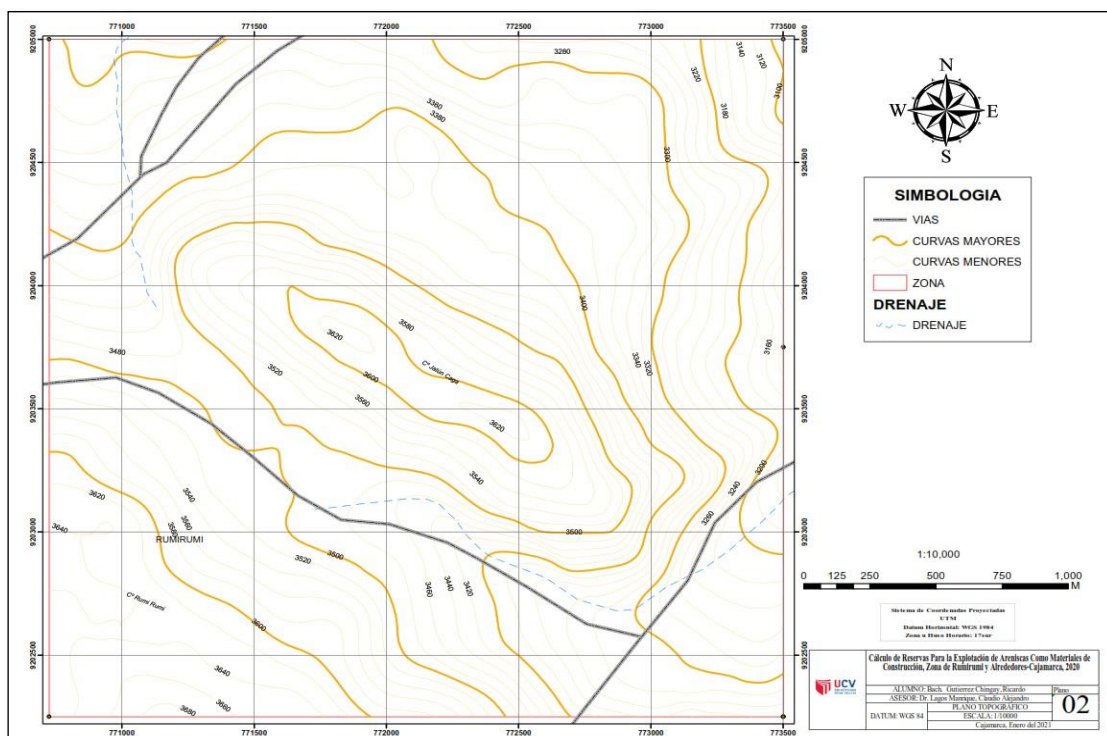



Figura 5. Plano topográfico de la zona de estudio.

Fuente: *Elaboración propia.*

Calicatas

Las diferentes calicatas fueron realizadas con la finalidad obtener información de las rocas en laboratorio, y de esta manera dar mayor validez y certeza acerca de la composición físico-química del material que se pretende explotar para su uso en la construcción. Las calicatas fueron construidas en 4 puntos estratégicos y cerca al cerro Rumi Rumi, los análisis de las calicatas fueron realizadas por el laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL, ver ANEXOS del 4 al 11.

Tabla 8. Coordenadas UTM de las calicatas realizadas en la zona de estudio.

COORDENADAS UTM WGS84- DE LAS CALICATAS, ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES.			
Ítem	Este	Norte	Altitud (msnm)
1	773517	9203603	3147
2	773111	9202948	3350
3	772677	9203573	3552
4	772069	9203737	3628

Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizado realizado los análisis de las 4 calicatas se puede observar que las areniscas presentes en el lugar poseen un potencial alto para ser explotadas como materiales de construcción, ya que cuentan con las propiedades necesarias para dicho uso, presentando un alto contenido de óxido de sílice, y con la misma estratigrafía más allá de la profundidad de calada calicata, tal como se describe a continuación:

Calicata N° 1, Esta calicata tiene una profundidad de 3.2m, en los primeros 40cm presenta cuaternarios con presencia de algunos fragmentos angulosos de areniscas, presencia de arcillas, luego va presentando en toda su dimensión presencia de areniscas con alto porcentaje de óxido de sílice con pequeños horizontes de suelos arcillosos, (ANEXO 4, 8).

Tabla 9. Análisis Físico-Químico de la calicata N°1.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MATERIAL EXTRAÍDO DE CALICATAS- ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			
Calicata N°1		Coordenadas UTM WGS84	
Fecha: 10/11/2020		E: 773517	N: 9203603 H: 3147 msnm
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS FÍSICO	
Oxido de sílice	87.5 %	Color	Areniscas blanquecinas.
Plagioclasas	4.1%	Granulometría	Areniscas de grano fino a medio.
Feldespatos	3.6%	Aspecto físico	Roca en buen estado de conservación, altamente resistente a la erosión.
Arcillas	4.4%		
Opacos	0.4%		

Fuente: Laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL

Tabla 10. Descripción estratigráfica de la calicata N°1.

INFORME DE CALICATAS-ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			
Calicata N°1		Coordenadas UTM WGS84	
Fecha: 10/11/2020		E: 773517	N: 9203603
Profundidad (cm)		Descripción	
320	0-40	Suelo arcilloso, color gris amarillento, algunos fragmentos angulosos de areniscas, de 2 a 4 cm de tamaño.	
	40-70	Arenisca de grano fino en estratos de 1 a 2 metros, color gris blanquecinas. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂).	
	70-100	Arenisca grano medio a grueso, gris blanquecino, de consistencia dura. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), ligeramente fracturadas.	
	100-140	Arenisca de grano fino a medio, de consistencia dura, color gris amarillenta, se muestra muy fracturada indicando la presencia de algún Fallamiento Geológico. Estratos delgados a medianos, pequeño horizonte arcilloso, Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂),	
	140-180	Arenisca de grano grueso, en estratos medianos de 2m, consistencia dura. Color gris blanquecina. Sin alteración. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), regularmente fracturadas. Ausencia de material arcilloso.	
	180-210	Arenisca grano grueso con horizonte de arcillita de 20 cm, color gris blanquecinas, consistencia dura, fuertemente fracturada.	
	210-240	Areniscas de grano fino, estratos delgados, fuertemente fracturados.	
	240-260	Areniscas gris blanquecinas, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos delgados de 40 cm.	
	260-300	Areniscas gris amarillentas, consistencia dura, muy fracturada.	
	300-320	Areniscas de grano fino, estratos gruesos, Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), profundizan con las mismas características.	

Fuente: Laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL

Calicata N° 2, Esta calicata tiene una profundidad de 3.2m, en los primeros 80cm presenta suelo arcilloso con presencia de abundantes raíces de plantas, cuaternarios con presencia de areniscas y arcillas, luego va presentando en toda su dimensión presencia de areniscas con alto porcentaje de óxido de sílice con pequeños horizontes de suelos arcillosos, (ANEXO 5, 9).

Tabla 11. Análisis Físico-Químico de la calicata N°2.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MATERIAL EXTRAÍDO DE CALICATAS-ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			
Calicata N°2		Coordenadas UTM WGS84	
Fecha: 10/11/2020		E: 773111	N: 9202948
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS FÍSICO	
Oxido de sílice	86.5 %	Color	Areniscas blanquecinas.
Plagioclasas	5.1%	Granulometría	Areniscas de grano fino a gruesa.
Feldespato	3.4%	Aspecto físico	Roca arenisca muy fracturada.
Arcillas	2.8%		
Opacos	0.2%		

Fuente: Laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL

Tabla 12. Descripción estratigráfica de la calicata N°2.

INFORME DE CALICATAS-ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			
Calicata N°2		Coordenadas UTM WGS84	
Fecha: 10/11/2020		E: 773111	N: 9202948
Profundidad (cm)		Descripción	
320	0-40	Suelo arcilloso, color gris marrón, presencia de abundantes raíces de plantas.	
	40-80	Cobertura cuaternaria producto de la alteración de las rocas areniscas intercalado con material arcilloso.	
	80-110	Arenisca grano medio a grueso, gris blanquecino, de consistencia dura. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), ligeramente fracturadas.	
	110-150	Arenisca de grano grueso, de constancia dura, color gris amarillenta, muy fracturada. estratos medianos, alto	

		porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂).
	150-190	Arenisca de grano medio, en estratos medianos de 1m, consistencia dura. Coloración gris blanquecina, en estado fresco. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), regularmente fracturadas. Ausencia de material arcilloso.
	190-220	Arenisca grano grueso con horizonte de arcillita de 10 cm, color gris blanquecinas, constancia dura, fuertemente fracturada.
	220-250	Areniscas de grano medio, coloración gris blanquecina, fuertemente fracturados.
	250-280	Areniscas gris blanquecinas, Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos delgados de 40cm.
	280-300	Areniscas gris blanquecinas, consistencia dura, muy fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos.
	300-320	Areniscas de grano fino, estratos medianos, fuertemente fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂). En esta misma condición profundiza.

Fuente: Laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL

Calicata N° 3, Esta calicata tiene una profundidad de 3.0m, en los primeros 60cm presenta cuaternarios con presencia de areniscas y arcillas gris marrón con presencia de raíces de plantas, luego va presentando en toda su dimensión presencia de areniscas con alto porcentaje de óxido de sílice con pequeños horizontes de suelos arcillosos, (ANEXO 6, 10).

Tabla 13. Análisis Físico-Químico de la calicata N°3.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MATERIAL EXTRAÍDO DE CALICATAS- ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			
Calicata N°3		Coordenadas UTM WGS84	
Fecha: 10/11/2020		E: 772677	N: 9203573 H: 3552 msnm
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS FÍSICO	
Oxido de sílice	88.5 %	Color	Arenisca blanquecina.
Plagioclasas	4.8%	Granulometría	Arenisca de grano fino.
Feldespatos	4.2%	Aspecto físico	Arenisca muy dura, muy

Arcillas	2.3%		fracturada.
Opacos	0.2%		

Fuente: Laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL

Tabla 14. Descripción estratigráfica de la calicata N°3.

INFORME DE CALICATAS-ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			
Calicata N°3		Coordenadas UTM WGS84	
Fecha: 10/11/2020		E: 772677	N: 9203573
Profundidad (cm)		Descripción	
300	0-30	Suelo arcilloso, color gris marrón, presencia de raíces de plantas.	
	30-60	Cobertura cuaternaria areniscoso.	
	60-90	Arenisca de grano medio a grueso, gris blanquecinas, de consistencia dura. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), ligeramente fracturadas.	
	90-120	Arenisca de grano grueso, de consistencia dura, color gris amarillenta, se muestra muy fracturada. estratos delgados con alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂).	
	120-150	Arenisca de grano medio, en estratos medianos de 50cm, consistencia dura. coloración gris blanquecina, en estado fresco. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), regularmente fracturadas. Ausencia de material arcilloso.	
	150-180	Arenisca grano grueso con horizonte de arcillita de 10 cm, color gris blanquecinas, consistencia dura, fuertemente fracturada.	
	180-210	Areniscas de grano medio, coloración gris blanquecina, fuertemente fracturados.	
	210-240	Areniscas gris blanquecinas, Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos delgados de 40cm.	
	240-270	Areniscas gris blanquecinas, consistencia dura, muy fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos.	
270-300	Areniscas de grano fino, estratos medianos, fuertemente fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂).		

Fuente: Laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL

Calicata N° 4, Esta calicata tiene una profundidad de 3.25m, en los primeros 100cm presenta material orgánico con presencia de arcillas y limos y material cuaternario, luego va presentando en toda su dimensión presencia de areniscas con alto porcentaje de óxido de sílice con pequeños horizontes de suelos arcillosos, (ANEXO 7, 11).

Tabla 15. Análisis Físico-Químico de la calicata N°4.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MATERIAL EXTRAÍDO DE CALICATAS-ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			
Calicata N°4		Coordenadas UTM WGS84	
Fecha: 10/11/2020		E: 772069	N: 9203737
ANÁLISIS QUÍMICO		ANÁLISIS FÍSICO	
Oxido de sílice	90 %	Color	Arenisca gris blanquecina.
Plagioclasas	4.5%	Granulometría	Arenisca de grano fino.
Feldespato	2.6%	Aspecto físico	Abundante contenido de cuarzo (oxido de sílice).
Arcillas	2.4%		
Opacos	0.5%		

Fuente: Laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL

Tabla 16. Descripción estratigráfica de la calicata N°4.

INFORME DE CALICATAS-ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES			
Calicata N°4		Coordenadas UTM WGS84	
Fecha: 10/11/2020		E: 772069	N: 9203737
Profundidad (cm)		Descripción	
325	0-35	Suelo limoso y arcilloso, color gris amarillento a gris marrón, presencia de material orgánico.	
	35-65	Suelo arcilloso, color gris oscuro, presencia de material orgánico, consistencia suave.	
	65-100	Cobertura cuaternaria arcillosa- arenosa.	
	100-140	Arenisca de grano grueso, de consistencia dura, color gris amarillenta, se muestra muy fracturada. estratos delgados alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂).	

	140-170	Arenisca de grano medio, en estratos delgados de 45 cm de espesor, consistencia dura. coloración gris blanquecina, en estado fresco. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), regularmente fracturadas. Ausencia de material arcilloso.
	170-220	Arenisca grano grueso con horizonte de arcillita de 10 cm de grosor, color gris blanquecinas, consistencia dura, fuertemente fracturada.
	220-250	Areniscas de grano medio, coloración gris blanquecina, fuertemente fracturada.
	250-280	Areniscas gris blanquecinas, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos delgados de 60cm, fuertemente fracturada.
	280-310	Areniscas grano fino, color gris blanquecinas, consistencia dura, muy fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos medianos.
	310-325	Areniscas de grano medio, gris blanquecinas, estratos gruesos, fuertemente fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), consistencia dura.

Fuente: Laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL

Cálculo de reservas

El área de estudio comprende una extensión aproximada de 7.63 km², por lo que el área susceptible a ser explotados se tiene que calcular con los métodos ya explicados anteriormente y de esta manera obtener las reservas lo cual nos dará una vida del recurso a explotar. La metodología para el cálculo de reservas consistirá en la utilización de los perfiles.

El tipo de recurso a explotar

El material que se va extraer con fines de comercialización constituyen las arenas que provienen de la alteración de las areniscas de la Formación Chimú. Estas areniscas están compuestas por granos de arenas con alto contenido de sílice, (90% aprox.), tal como se puede observar en los análisis de laboratorio en los anexos. Las observaciones de campo indican que los afloramientos de la

formación Chimú poseen espesores uniformes y que estos van desde unos centímetros hasta unos metros.

Cálculo por el método de los perfiles

Las características geológicas y geomecánicas de los afloramientos rocosos de la formación Chimú hacen que obtenga el cálculo de reservas por el método de los perfiles. A continuación, se va a explicar la metodología utilizada:

Metodología

Las constantes salidas al campo permitieron trazar en el mapa geológico cuatro (04) perfiles longitudinales los cuales estuvieron equidistantemente a 500m a una escala de 1:1500. Se construyó un perfil que ha servido para la delimitación de la zona a explotar. Posteriormente se procedió a calcular el área de cada perfil y después se realizaron los cálculos de la siguiente manera:

Se trabajó usando datos extraídos de los perfiles en base al Plano Topográfico de la zona, donde el modelo Geomecánicas determinado arroja que es un Macizo de roca de tipo III (regular calidad).

Tabla 17. Producción estimada de arena

PRODUCCIÓN (ARENA - TM)			
DIARIA	SEMANAL (6 días)	MENSUAL	ANUAL (312))
1,000	6,000	25,980	312,000

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de tonelaje:

Para el cálculo del tonelaje se procedió de la siguiente manera:

- ✓ Se confeccionaron cinco secciones geológicas mediante el software Auto CAD.
- ✓ Se calcularon las áreas mediante el software Auto CAD de la parte de coloración verdosa.
- ✓ Se calcularon los volúmenes mediante el software Data Mine Estudio RM.

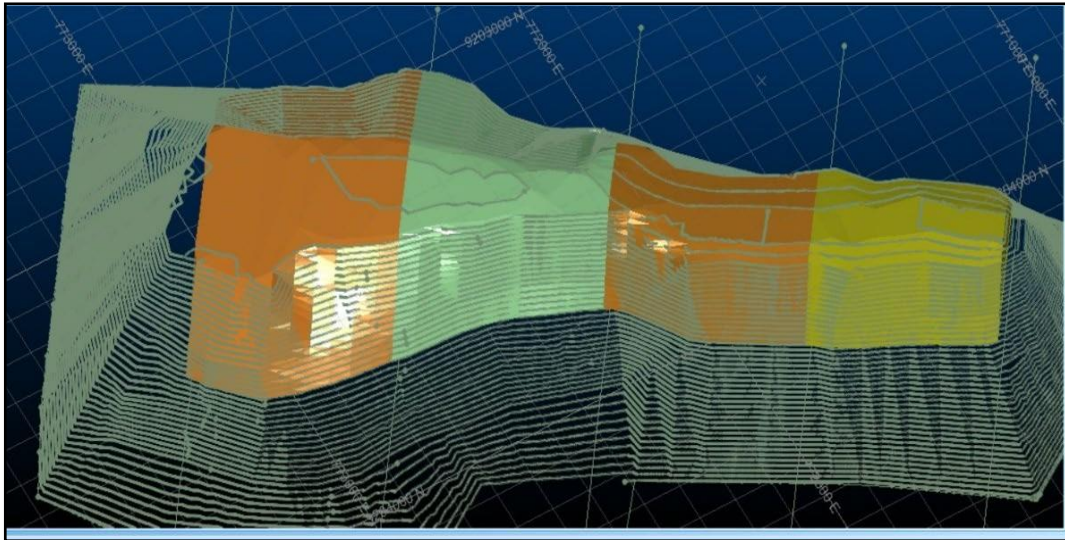


Figura 6. Bloque de material a ser extraído como material de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

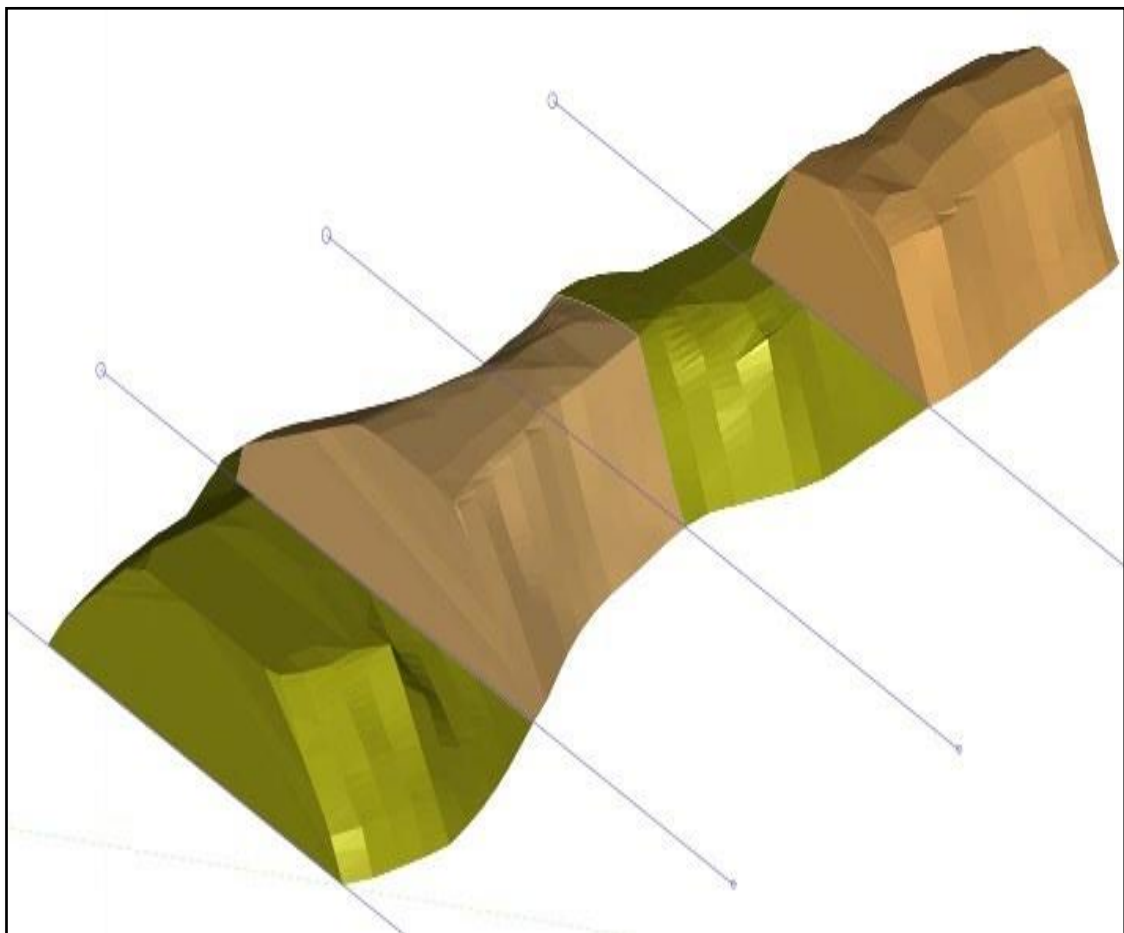


Figura 7. Secciones calculadas mediante el software Datamine Studio RM.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de áreas

Para el cálculo de las áreas se utilizó el software Auto CAD.

A) Área 1

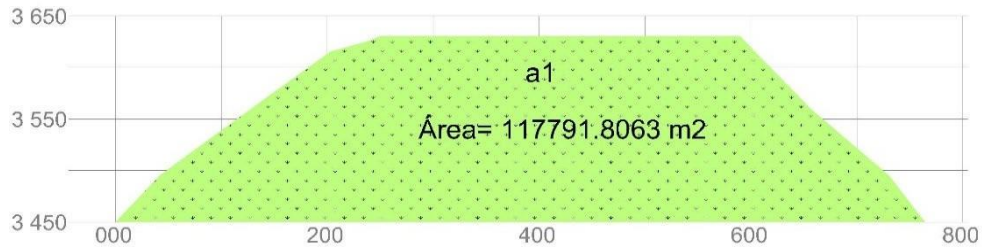


Figura 8. Área 1

Fuente: Elaboración propia

Área 1	ÁREA (m ²)
a1	117791.8063

B) Área

2

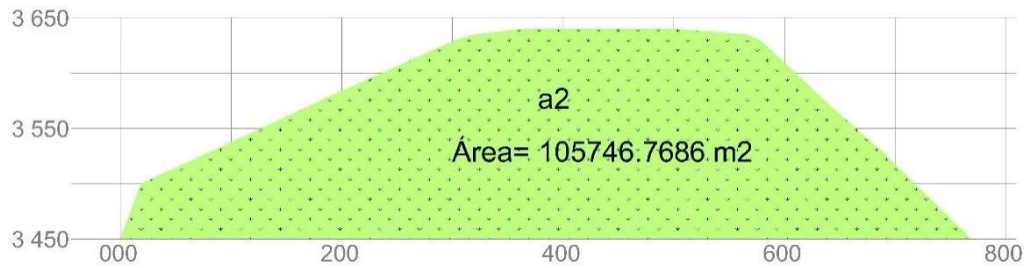


Figura 9. Área 2

Fuente: Elaboración propia

Área 2	ÁREA (m ²)
a2	105746.7686

C) Área 3

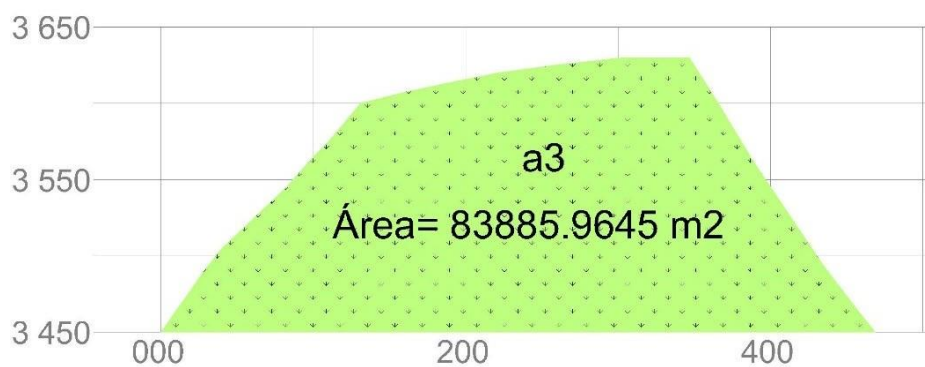


Figura 10. Área 3

Fuente: Elaboración propia

Área 3	ÁREA (m ²)
a3	83885.9645

D) Área 4

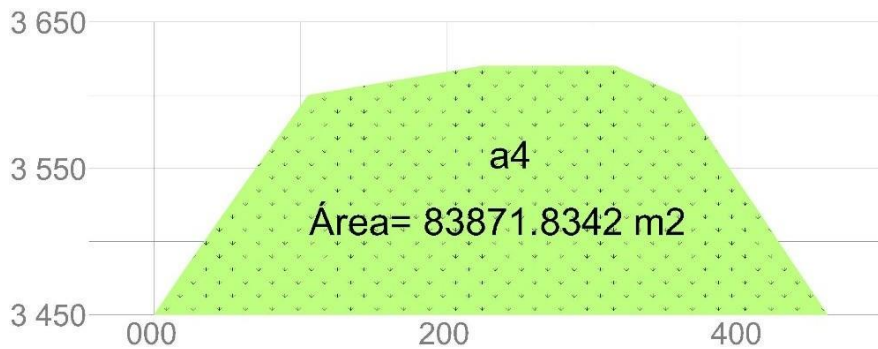


Figura 11. Área 4

Fuente: Elaboración propia

Área 4	ÁREA (m ²)
a4	83871.8342

E) Área 5

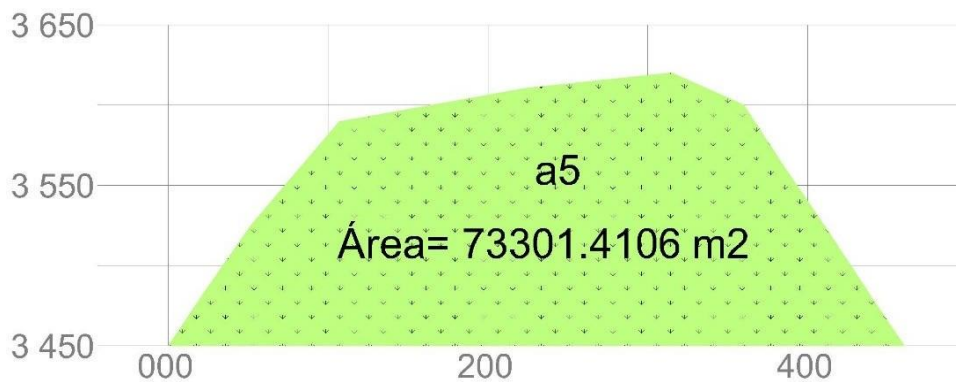


Figura 12. Área 5

Fuente: Elaboración propia

Área 5	ÁREA (m ²)
a5	73301.4106

Posteriormente se procedió a sumar las cuatro áreas obtenidas Luego se sumaron las áreas de para obtener el total:

Siendo:

Área 1: 117791.8063 m²

Área 2: 105746.7686 m²

Área 3: 83885.9645 m²

Área 4: 83871.8342 m²

Área 5: 73301.4106 m²

Para el cálculo de reservas tomamos en cuenta el área de cada perfil y multiplicamos por la distancia total del perfil (lado ancho) para hallar el volumen.

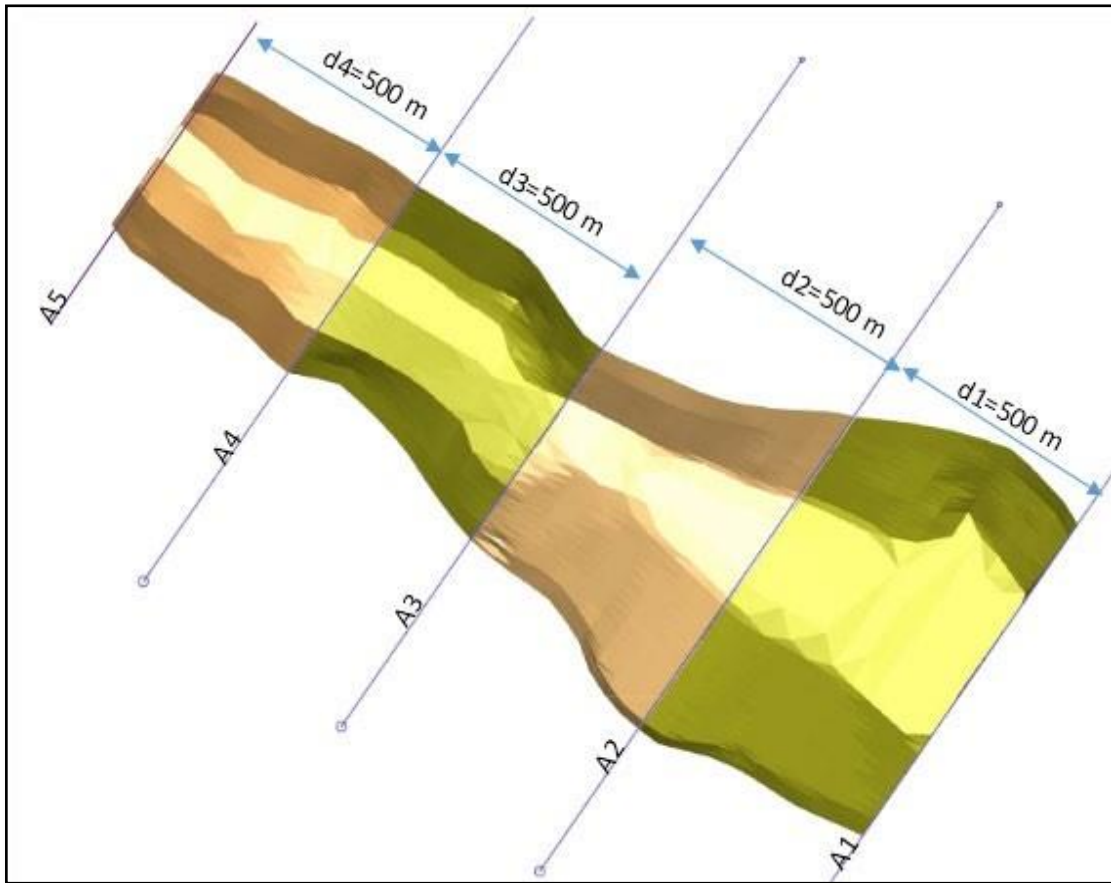


Figura 13. Vista en planta de los perfiles a ser calculados.

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del volumen se utilizó la siguiente fórmula:

$$Volumen\ Total = \frac{A1 + A2}{2} \cdot d1 + \frac{A2 + A3}{2} \cdot d2 + \frac{A3 + A4}{2} \cdot d3 + \frac{A4 + A5}{2} \cdot d4$$

Siendo d: Distancia entre perfiles. (d=500 m)

Tabla 18. Cálculo de volumen mediante la fórmula de los perfiles.

Cálculo de volumen	Volumen (m ³)
(Área 1+ área 2) /2 (d1) = (117791.8063 + 105746.7686) /2 (500)	55884643.7250
(Área 2+ área 3) /2 (d2) = (105746.7686+ 83885.9645) /2 (500)	47408183.2750
(Área 3+ área 4) /2 (d3) = (83885.9645 +83871.8342) /2 (500)	41939449.6750
(Área 3+ área 4) /2 (d4) = (83871.8342 +73301.4106) /2 (500)	39293311.2000
Volumen total	184525587.8750

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un volumen de: 184 525 587.8750 m³

Después se debe considerar un factor de corrección por la contaminación con el material orgánico (Top Soil) que existe en el área. En este caso se tomó en cuenta el 15%, siendo el 15%= 27 678 838.18 m³ por lo que restando nos queda:

$$184\ 525\ 587.8750\ m^3 - 27\ 678\ 838.18\ m^3 = 156\ 846\ 749.6938\ m^3.$$

Finalmente, se calculó el tonelaje teniendo en cuenta las variables de volumen y densidad calculado en laboratorio. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Tonelaje} = \text{Volumen} * \text{Densidad}$$

$$\text{Tonelaje} = 156\ 846\ 749.6938\ m^3 \times 2500\ \text{Kg}/m^3$$

$$\text{Tonelaje} = 392\ 116\ 874\ 234.3750\ \text{kg}$$

$$\text{Tonelaje} = (392\ 116\ 874\ 234.3750\ \text{Kg}/1000\text{Kg}) \times 1\ \text{TM}$$

$$\text{Tonelaje} = 392\ 116\ 874.234\ \text{TM}$$

Tabla 19. Cálculo para el tonelaje, tabla de Excel.

Área	Distancia m	(m ²)
Área 1	500	117791.8063
Área 2	500	105746.7686
Área 3	500	83885.9645
Área 4	500	83871.8342
Área 5	500	73301.4106
Volumen (m ³)		184 525 587.8750
Error de cálculo de topsoil		15%
Volumen corregido (m ³)		156 846 749.6938
Peso específico de la arenisca Kg/m ³		2500
Tonelaje (Kg)		392 116 874 234.3750 Kg
Tonelaje (TM)		392 116 874.234 TM

Fuente: Elaboración propia

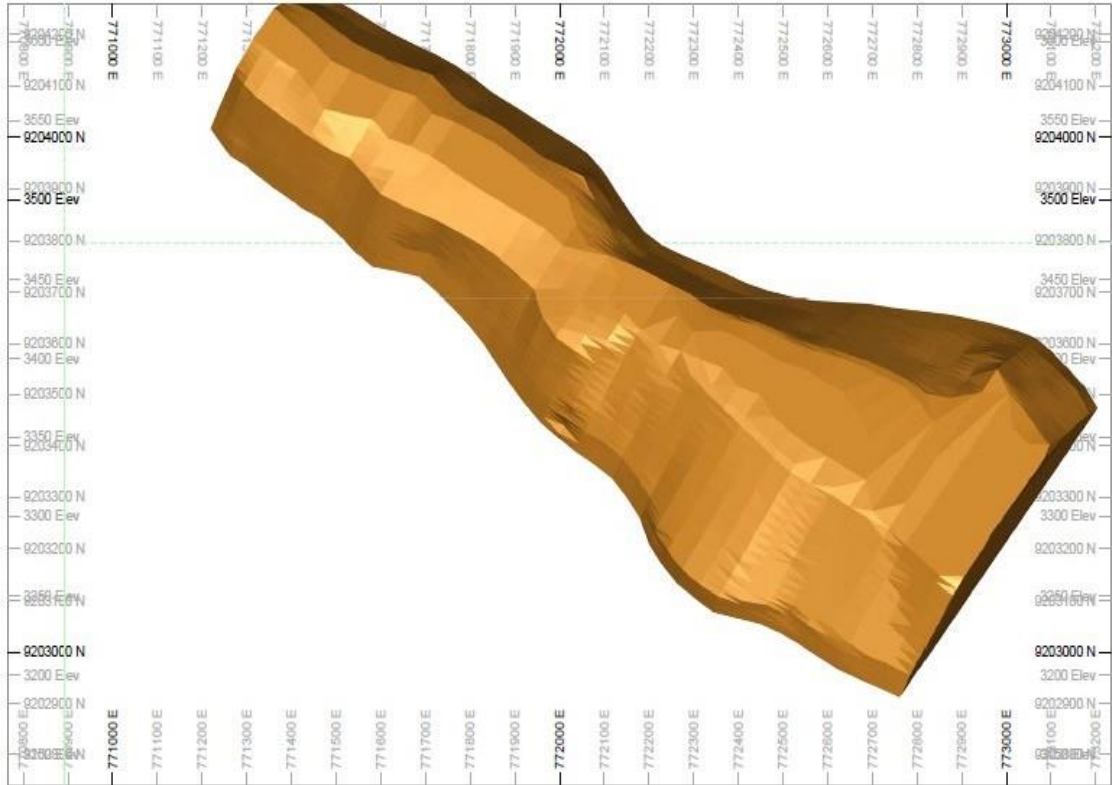


Figura 14. Volumen total del material a ser extraído.

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla 20. Precio de material en cantera.

Precio de material por m ³ en una cantera	
Material	Precio en Cantera x m ³
Hormigón	S/. 10

Fuente: "BAZAN CONTRATISTAS GENERALES S.R.L."

Tabla 21. Precio de material puestos en obra.

Precio de material por m ³ puestos en obra	
Material	Precio en obra x m ³
Hormigón (de cerro)	S/. 35
Arena Gruesa (de cerro)	S/. 50
Arena Fina para tarrajeo (de cerro)	S/. 65

Fuente: "BAZAN CONTRATISTAS GENERALES S.R.L."

Tabla 22. Valor económico del material

Valor económico por los 156 846 749.6938 m³ de material	
Material	Precio en Cantera x m³
Hormigón	S/. 1 568 467 496.9375

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Cálculo de la vida útil de la cantera

Cálculo de la vida útil de la cantera 392 116 874.234 TM de material	
Días a la semana	6
Semanas en el año	52
Días al año	312
Producción diaria	3,000 TM/Día
Producción anual	936,000 TM
Vida útil	418 años

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Requerimiento de maquinaria.

Requerimiento de maquinaria para la explotación			
Cantidad	Maquinaria	Modelo	Costo \$
02	Cargador Frontal	CAT 950 GC	320,000
02	Excavadora	CAT 320 GC	400,000

Fuente: Elaboración propia

Organización del proyecto	
Área	Cantidad
Gerencia	01
Administración	01
Jefe de operaciones	01
Operador de maquinaria	04
Mantenimiento	01
Operarios	06
Vigilancia	01
Total	15

Tabla 25. Ingresos mensuales por la venta del material.

Ingresos mensuales por venta del material en cantera			
Material	Producción mensual	Ingreso x m³	Ingreso Total
Hormigón	72,000 TM	S/. 10	S/. 720,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Cálculo egresos mensuales.

Egresos mensuales (costo de producción)				
Ítem del Costo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Diario	Costo Total
Administración	01	S/. 3,000	S/. 100	S/. 3,000
Jefe de operaciones	01	S/. 3,500	S/. 116.7	S/. 3,500
Operador de maquinaria	04	S/. 2,000	S/. 266.7	S/. 8,000
Mantenimiento	01	S/. 2,000	S/. 66.7	S/. 2,000
Operarios	06	S/. 1,500	S/. 300	S/. 9,000
Vigilancia	01	S/. 1,200	S/. 40	S/. 1,200
EPS	14	S/. 120	-	S/. 1,680
Almuerzo	14	S/. 7	S/. 98	S/. 2,548
Galones de Combustible	60	S/. 14	S/. 840	S/. 21,840
Gastos Administrativos	5%	-	-	S/. 2,638.40
Costo de operaciones mensual				S/. 55,406.40

Fuente: Elaboración propia

La ganancia mensual considerando un capital propio es de **S/. 664,593.6**

ANÁLISIS DE MECÁNICA DE ROCAS DEL MACIZO ROCOSO

Caracterización del macizo rocoso

Se ha realizado el análisis geomecánico del macizo rocoso mediante la aplicación de técnicas de RQD, RMR, GSI análisis con el software DIPS, con la finalidad de tipificarlo y caracterizarlo. Para este fin se han seleccionado tres (03) estaciones geomecánicas:

Análisis geomecánico de la Estación 1. (E: 772040 N: 9203728)

La litología de esta zona está conformada por rocas sedimentarias del Fm. Chimú (ki-chi), conformada por areniscas gris blanquecinas con meteorización moderada evidenciada por la coloración gris amarillenta en su superficie. Este macizo rocoso está afectado por tres sistemas de fracturas.

Parámetros del macizo rocoso:

Grado de meteorización: Grado III, Moderadamente meteorizada.

Número de familias de discontinuidades: Tipo VI, 3 Familias de discontinuidades.

Parámetros de la matriz rocosa

Litología: Areniscas.

Textura y Tamaño de grano: Arenisca de grano fino, tamaño va de 0.063 mm-0.2mm.

Color: Amarillenta-blanquecina.

Caracterización de las discontinuidades

Se reconoció 3 familias de diaclasas, las cuales presentan las siguientes características.

	Orientación D/DD	Prom. Espaciado	Prom. Continuidad	Rugosidad	Resistencia MPa	Prom. Abertura
Estratificación	41/327	19.64 cm	6 m	Ligeramente rugoso	R3 de 25-50	3 mm
Discontinuidad 1	66/80	9.25 cm	2.25 m	Ligeramente rugoso	R3 de 25-50	4.2 mm
Discontinuidad 2	55/184	22.4 cm	45.71 cm	Ligeramente rugoso	R3 de 25-50	3.5 mm
Talud	65/70					

Clasificación geomecánica del RQD

$$RQD = 100 * e^{-0.1*\lambda} * (0.1 * \lambda + 1)$$

$$RQD = 100 * e^{-0.1*12.5}(0.1 * 12.5 + 1)$$

$$RQD = 64.46$$

Tabla 27. Clasificación RQD, Estación 1.

Calidad	RQD
Muy pobre (muy mala)	0%-25%
Pobre (mala)	26%-50%
Regular	51%-75%
Buena	76%-90%
Excelente (muy buena)	91%-100%

Fuente: Elaboración propia

Clasificación geomecánica del RMR₁₉₈₉

Valores ajustados

Parámetros	Valor	
	Tabla	Ajustado
Compresión simple (MPa)	4MPa	3.75 MPa
Índice de calidad de la roca (RQD)	13	12.7
Espaciado entre discontinuidades	8 mm	8.4 mm

$$RMR = 3.75 + 12.7 + 8.4 + 2 + 1 + 3 + 4 + 3 + 15$$

$$RMR = 52.85$$

Tabla 28. Clasificación RMR, Estación 1.

Definición	RMR	Tipo
Roca Muy Buena	81-100	I
Roca Buena	61-80	II
Roca Regular	41-60	III
Roca Mala	21-40	IV
Roca Muy Mala	>20	V

Fuente: Elaboración propia

Relación entre el RMR y el GSI

$$RMR_{89} > 23 \rightarrow GSI = RMR_{89} - 5$$

$$GSI = 52.84 - 5$$

$$GSI = 47.84$$

Análisis de discontinuidades DIPS

Análisis por rotura en cuña

De acuerdo al análisis cinemático en el diagrama de polos, el cual se observa la generación de una rotura por cuña, entre la diaclasa 1(verde) y la estratificación (azul); pero el cual no se desarrolla al 100 %, ya que la intersección de las discontinuidades mencionadas no se encuentra dentro de la zona crítica (rojo).

La rotura en cuña se puede generar entre la diaclasa 1 (verde) y el talud (negro), esta intersección forma parte de la zona crítica. Además, también la intersección entre la estratificación (azul) y el talud (negro), también están generando una cuña.

Por lo tanto, la posibilidad de que exista una rotura en cuña es de 2/6 que corresponde al 33.33%.

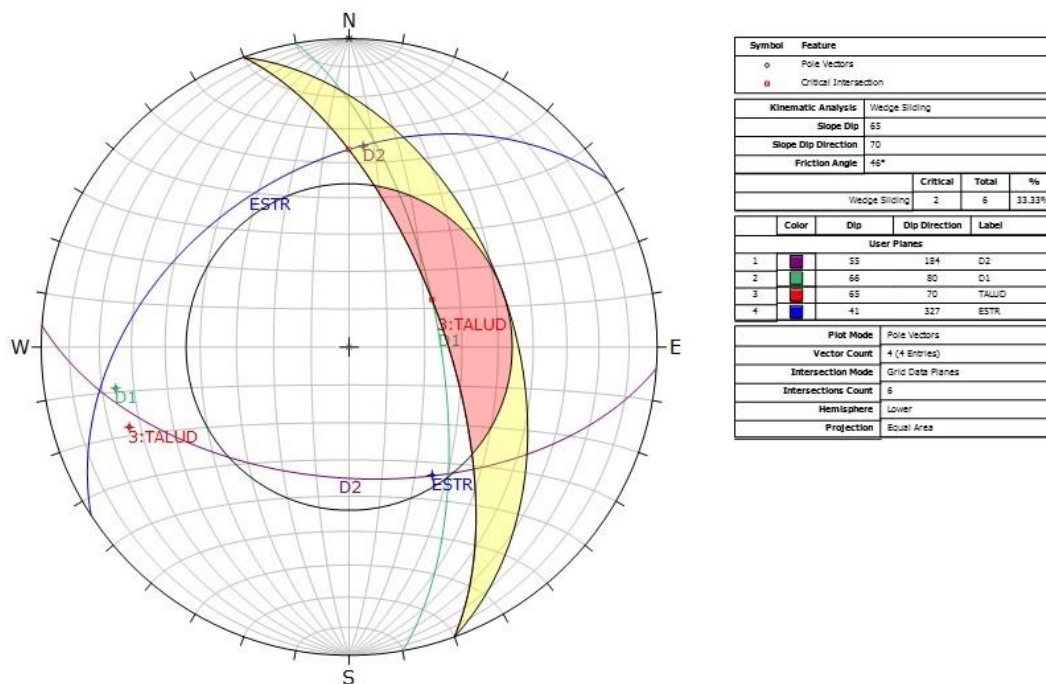


Figura 15. Análisis cinemático de la estación 1.

Fuente: Elaboración propia

Análisis por rotura planar

Para esta estación no se observa la rotura de tipo plana ya que no cumplen con la diferencia de ángulo ± 20 de la diaclasa 2 y a la estratificación con relación al ángulo del talud; pero si existe la dicha diferencia entre la diaclasa 1 con el talud;

en consecuencia, podemos decir que para que exista rotura tipo plana el ángulo de fricción debe ser mayor que el empleado en este análisis; para que así, los polos de las juntas se encuentran dentro de la zona crítica, esta corresponde a la zona comprendida entre la elipse (envolvente de luz) y el Angulo de fricción (área coloreada de rojo).

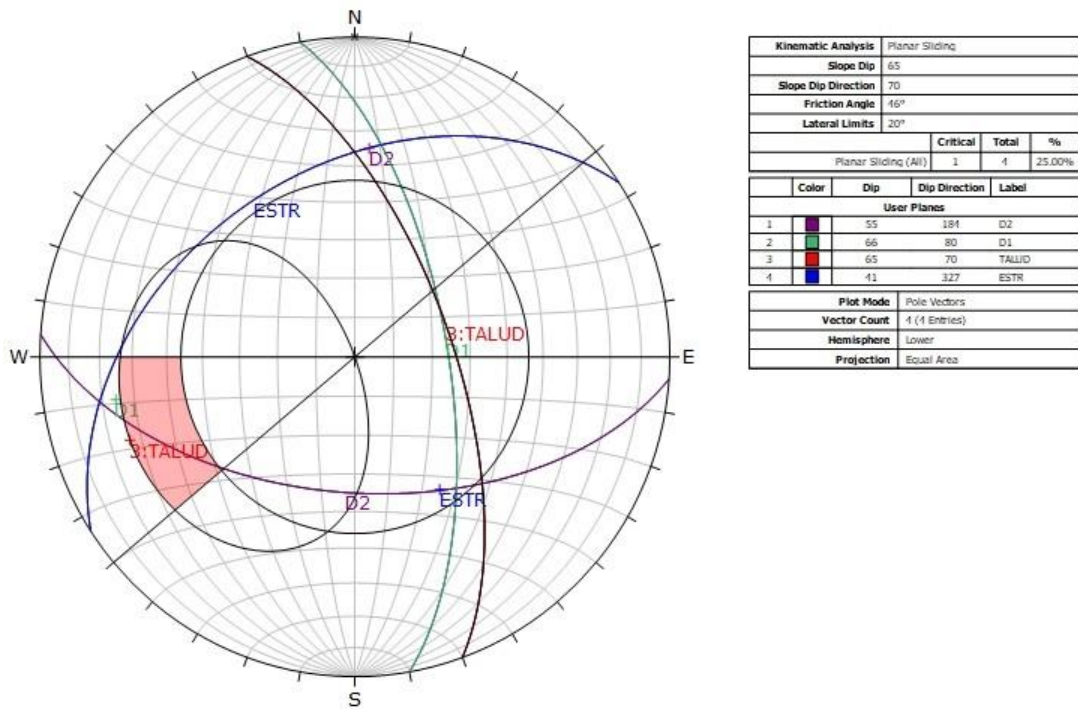


Figura 16. Análisis cinemático de estación 1.

Fuente: Elaboración propia

Análisis geomecánico de la Estación 2. (E: 772540 N: 9202966)

La litología que presenta esta estación está conformada por rocas de la Formación Chimú (Ki-chi), conformadas por areniscas de grano grueso levemente meteorizadas, con una tonalidad blanquecina-amarillenta. Con respecto al análisis de las discontinuidades que presenta el macizo rocoso levemente meteorizado

Parámetros del macizo rocoso:

Grado de meteorización: Grado II, Levemente meteorizado.

Número de familias de discontinuidades: Tipo VI, 3 Familias de discontinuidades.

Parámetros de la matriz rocosa

Litología: Areniscas.

Textura y Tamaño de grano: Arenisca de grano grueso, tamaño va de 0.63 mm-2mm.

Color: Amarillenta-blanquecina.

Meteorización: Grado II, Levemente meteorizado.

Resistencia: Clase R5, Muy resistente, de 100-250 Mpa de resistencia a la compresión uniaxial.

Caracterización de las discontinuidades

Se reconoció 3 familias de diaclasas, las cuales presentan las siguientes características:

	Orientación D/DD	Prom. Espaciado	Prom. Continuidad	Rugosidad	Resistencia MPa	Prom. Abertura
Estratificación	30/335	49.5 cm	10 m	Rugoso	R5 de 100-250	2.4 cm
Discontinuidad 1	35/150	25.87 cm	80.8 m	Ligeramente rugoso	R5 de 100-250	2 mm
Discontinuidad 2	78/72	32.28 cm	26.47 cm	Ligeramente rugoso	R5 de 100-250	0.4 mm
Talud	87/125					

Clasificación geomecánica del RQD

$$RQD = 100 * e^{-0.1*\lambda} * (0.1 * \lambda + 1)$$

$$RQD = 100 * e^{-0.1*5.83}(0.1 * 5.83 + 1)$$

$$RQD = 88.36$$

Tabla 29. Clasificación RQD, Estación 2.

Calidad	RQD
Muy pobre	0%-25%
Pobre	26%-50%
Regular	51%-75%
Buena	76%-90%
Excelente	91%-100%

Fuente: Elaboración propia

Clasificación geomecánica del RMR₁₉₈₉

Parámetros	Valor	
	Tabla	Ajustado
Compresión simple (MPa)	12MPa	12.3 MPa
Índice de calidad de la roca (RQD)	17	17.54
Espaciado entre discontinuidades	10 mm	9.8 mm

Valores ajustados

$$\text{RMR} = 12.3 + 17.54 + 9.8 + 2 + 1 + 0 + 5 + 4 + 5 + 15$$

$$\text{RMR} = 71.64$$

Tabla 30. Clasificación RMR, Estación 2.

Definición	RMR	Tipo
Roca Muy Buena	81-100	I
Roca Buena	61-80	II
Roca Regular	41-60	III
Roca Mala	21-40	IV
Roca Muy Mala	>20	V

Fuente: Elaboración propia

RELACION ENTRE EL RMR Y EL GSI

$$\text{RMR}_{89} > 23 \rightarrow \text{GSI} = \text{RMR}_{89} - 5$$

$$\text{GSI} = 71.64 - 5$$

$$\text{GSI} = 66.64$$

Análisis de discontinuidades DIPS

Análisis por rotura en cuña

De acuerdo al análisis, se obtiene que la rotura en cuña se está generando en la intersección de la diaclasa 1 (verde) con el talud (negro), esta intersección crítica (punto de color rojo) se encuentra en la misma línea de zona crítica.

La probabilidad de rotura es de 1/6 que corresponde a 16.67%, lo que indica que la probabilidad es baja.

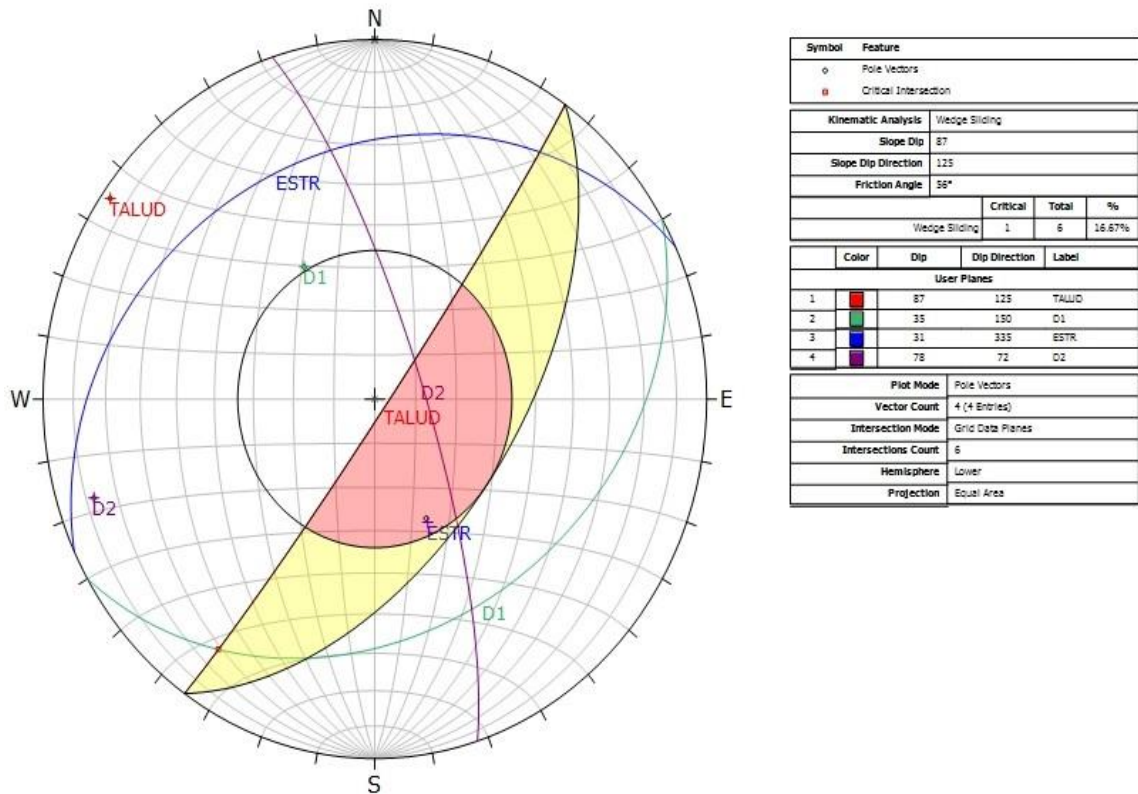


Figura 17. Análisis cinemático de la estación 2.

Fuente: Elaboración propia

Análisis por rotura plana

Nótese la diaclasa 2, que está dentro de la zona que corresponde a la elipse (envolvente de luz) y al ángulo de fricción, pero esta fuera del límite ± 20 que corresponde a este tipo de rotura; lo cual indica que esta rotura no se desarrolla con mayor porcentaje, pero si existe la rotura.

El porcentaje de rotura que corresponde para esta estación es de 1/4, lo que indica un 25% de probabilidad de caída.

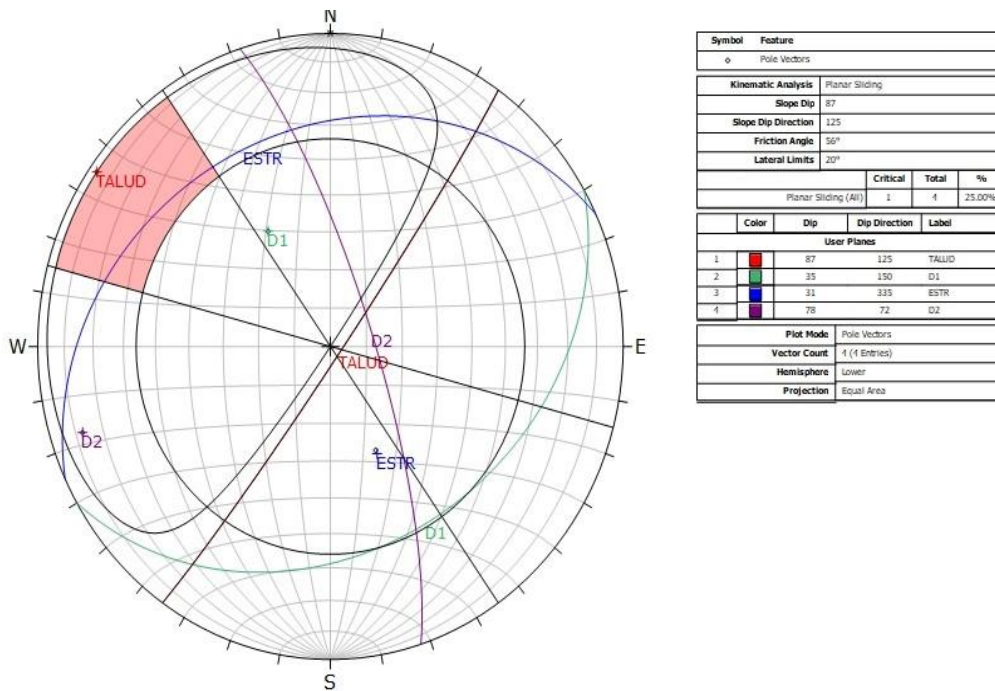


Figura 18. Análisis cinemático de estación 2.

Fuente: Elaboración propia

Análisis geomecánico de la Estación 3. (E: 772972 N: 9203481)

La litología está conformada por rocas de la Formación Chimú (ki-chi), presenta areniscas de grano fino moderadamente meteorizadas, con presencia de meteorización biológica evidenciándose un color amarillenta-rojiza. El macizo rocoso presenta moderada alteración

Parámetros del macizo rocoso:

Grado de meteorización: Grado III, Moderadamente meteorizada.

Número de familias de discontinuidades: Tipo VI, 3 Familias de discontinuidades.

Parámetros de la matriz rocosa

Litología: Areniscas.

Textura y Tamaño de grano: Arenisca de grano fino, tamaño va de 0.063 mm-0.2mm.

Color: Amarillenta-rojiza.

Meteorización: Grado III, Moderadamente meteorizada.

Resistencia: Clase R3, Moderadamente resistente, de 25-50 Mpa de resistencia a la compresión uniaxial.

Caracterización de las discontinuidades

Se reconoció 3 familias de diaclasas, las cuales presentan las siguientes características:

	Orientación D/DD	Prom. Espaciado	Prom. Continuidad	Rugosidad	Resistencia MPa	Prom. Abertura
Estratificación	49/190	33.25 cm	3 m	Ligeramente rugoso	R3 de 25-50	5 mm
Discontinuidad 1	85/263	8.5 cm	60 m	Ligeramente rugoso	R3 de 25-50	1.8 mm
Discontinuidad 2	64/3	14 cm	32 cm	Ligeramente rugoso	R3 de 25-50	1.2 mm
Talud	56/353					

Clasificación geomecánica del RQD

$$RQD = 100 * e^{-0.1*\lambda} * (0.1 * \lambda + 1)$$

$$RQD = 100 * e^{-0.1*14}(0.1 * 14 + 1)$$

$$RQD = 59.16$$

Tabla 31. Clasificación RQD, Estación 3.

Calidad	RQD
Muy pobre	0%-25%
Pobre	26%-50%
Regular	51%-75%
Buena	76%-90%
Excelente	91%-100%

Fuente: Elaboración propia

Clasificación geomecánica del RMR1989

Parámetros	Valor	
	Tabla	Ajustado
Compresión simple (MPa)	4MPa	4.8 MPa
Índice de calidad de la roca (RQD)	13	11.9
Espaciado entre discontinuidades	10 mm	9.95 mm

Valores ajustados

$$\text{RMR} = 4.8 + 11.9 + 9.95 + 4 + 1 + 3 + 4 + 3 + 8$$

$$\text{RMR} = 49.65$$

Tabla 32. Clasificación RMR, Estación 3.

Definición	RMR	Tipo
Roca Muy Buena	81-100	I
Roca Buena	61-80	II
Roca Regular	41-60	III
Roca Mala	21-40	IV
Roca Muy Mala	>20	V

Fuente: Elaboración propia

RELACION ENTRE EL RMR Y EL GSI

$$\text{RMR}_{89} > 23 \rightarrow \text{GSI} = \text{RMR}_{89} - 5$$

$$\text{GSI} = 48.65 - 5$$

$$\text{GSI} = 43.65$$

Análisis de discontinuidades DIPS

Análisis por rotura en cuña

En esta estación, se genera rotura en cuña con un caído de bloques con dirección de SE, por la ubicación de la interacción en la zona crítica de las juntas D1 con D2 y las juntas D1 con el Talud.

La probabilidad de rotura es de 2/6 que corresponde a 33.33%, lo que indica que la probabilidad es moderada.

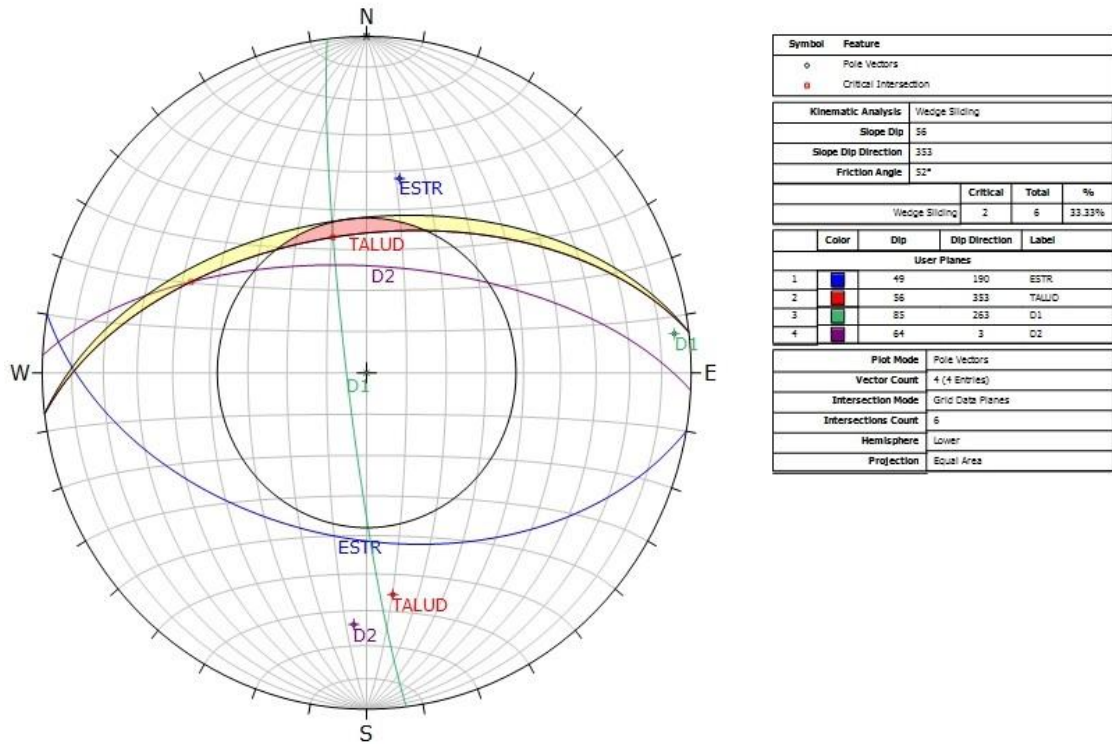


Figura 19. Análisis cinemático de estación 3.

Fuente: Elaboración propia

Análisis por rotura plana

En la estación 3 no se observa ninguna rotura plana esto se puede evidenciar porque no se encuentra ningún polo dentro de la zona que corresponde a la elipse (envolvente de luz) y al ángulo de fricción, así mismo tampoco fuera del límite ± 20 que corresponde a este tipo de rotura; lo cual indica que esta rotura no se desarrolla con mayor porcentaje, pero si existe la rotura.

El porcentaje de rotura que corresponde para esta estación es de $1/4$, lo que indica un 25% de probabilidad de caída.

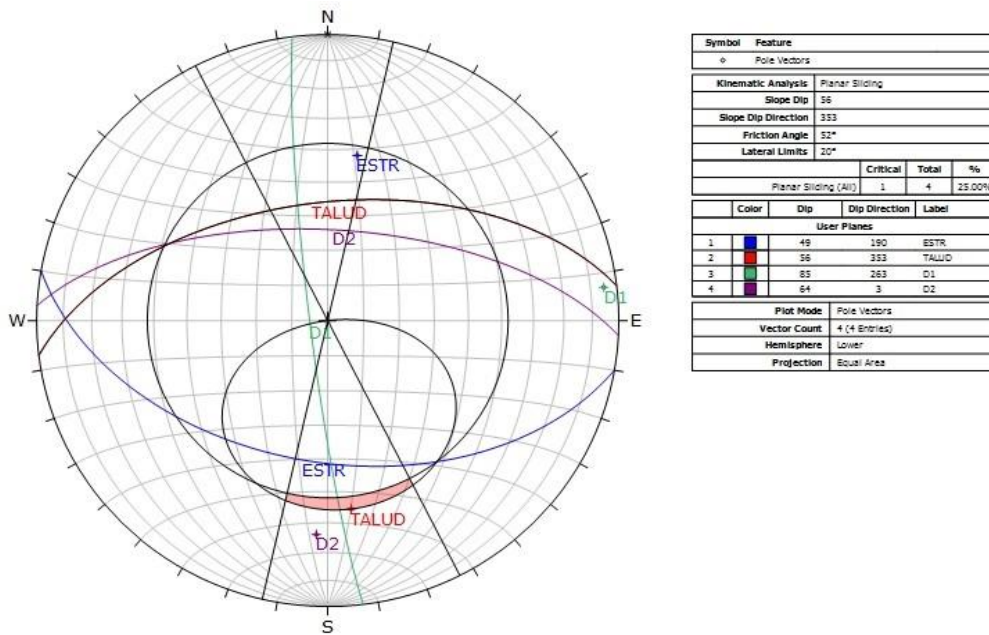


Figura 20. Análisis cinemático de estación 3.

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA DUREZA DE LAS ROCAS

Al realizar el análisis ínsitu de las areniscas de la formación Chimú que forman las canteras de materiales de construcción se constata lo siguiente.

- ✓ Que los afloramientos de areniscas de la formación Chimú poseen una alta dureza y alta consistencia tal como se puede ver en los análisis de laboratorio, de tal manera que en la presente investigación se ubicaron cuatro zonas idóneas en donde las rocas han sufrido procesos de fracturamiento intenso y erosión generando la fragmentación de la roca y constituyendo las canteras.
- ✓ Estas canteras serán explotadas sin necesidad de usar mayor cantidad de explosivos, Mayormente la explotación será utilizando el desbroce y aprovechando la gravedad en la mayoría de los casos.

MITIGACIÓN DE POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES

La explotación de las canteras ubicadas cerca de las localidades de Rumi Rumi

y Huayllapampa podrían generar una serie de impactos ambientales negativos tales como:

- ✓ Alteración de la topografía
- ✓ Destrucción de la flora y fauna
- ✓ Alteración de las aguas superficiales

Dentro de los planes de restauración ante posibles impactos ambientales por la actividad extractiva de las canteras están:

En lo concerniente al manejo de los suelos, los cuales deberán ser reacondicionados para luego realizar la revegetación del lugar.

Evitar en lo posible, derrames de combustibles y aceites de las maquinarias.

Mitigar las emanaciones de polvo provocado por el transporte de los vehículos de carguío que podrían afectar a los sembríos y a la salud de los pobladores.

Restaurar el posible impacto paisajístico mediante la siembra de árboles de tallos largos que en cierta medida puedan disminuir el impacto visual.

Impactos ambientales positivos

- ✓ La explotación de las canteras traería consigo una fuente económica que servirá para el progreso de los habitantes de las localidades de Rumi Rumi y Huayllapampa.

V. DISCUSIÓN

Las diversas observaciones de campo han permitido constatar lo dicho por Lagos (2015), en donde define a las areniscas de la formación Chimú como formadas en un ambiente playero continental, todos estos afloramientos poseen una coloración gris blanquecinas, de granulometría fina a media, con alto contenido de cuarzo (SiO_2), la prominencia de sus afloramientos contrasta con los afloramientos ubicados en su entorno los cuales están conformados por calizas y limoarcillitas. La comparación desde el punto de vista mineralógico indica que las areniscas son más resistentes a la erosión por su alto contenido de cuarzo (óxido de sílice) en contraposición a las calizas las cuales son afectadas por el proceso erosivo y sufren a menudo procesos de alteración por disolución. Se ha podido determinar, además, que el área de estudio constituye una “zona de falla” producto de la “falla regional Cajamarca” que atraviesa el valle de Cajamarca con una orientación NO- SE. Esta “zona de falla” se caracteriza por presentar intenso fracturamiento como consecuencia de la actividad de la falla regional favoreciendo de este modo la gran trituración de las rocas. En esta localidad se ubican extensos afloramientos de areniscas de la formación Chimú y que según el análisis geológico y mineralógico indican que constituye grandes reservas de arenas para que estas sean explotadas como materiales de construcción.

Se realizaron varios recorridos lo que permitió definir cuatro zonas apropiadas para la explotación de estas canteras de arenas. Esta determinación se dio tomando en cuenta los siguientes factores: zonas con intensa fracturación, areniscas de coloración gris blanquecinas, ubicación cercana a la carretera para su posterior transporte y topografía no muy escarpada que facilite su explotación.

Para realizar el análisis geológico y minero se tomó las consideraciones de Pérez (2019), ya que se tuvo que confeccionar el mapa geológico de la zona de estudio apoyado por la información contenida en el mapa geológico del INGEMMET. Esto permitió realizar un análisis más detallado y muy cercanos a la realidad al momento de determinar el

método de cálculo de reservas que mejor se adecua a esta zona y dando como resultado que el mejor es el de los perfiles debido a su topografía.

Tomando como referencia lo definido por Barreto, (2012) en el cual describe que, para determinar un área en específico cuya finalidad es tener la topografía plasmada en un plano, primero se efectúa varios procedimientos. Iniciando por la toma de coordenadas UTM de los puntos del área de estudio, hasta plasmarlo en el software AutoCAD CIVIL 3D versión estudiante. Siguiendo esta temática se procedió a realizar el levantamiento topográfico haciendo uso de un GPS Diferencial, con el cual se tomaron los datos de las coordenadas UTM: NORTE, ESTE y la altitud (X, Y, Z). Luego se llevaron estos datos del levantamiento topográfico al software AutoCAD CIVIL 3D versión estudiante, tal como puede observarse en el anexo 17. Se confeccionaron perfiles longitudinales los cuales se ubicaron en forma equidistantemente a 500 metros. Se construyó un perfil que ha servido para la delimitación de la zona a explotar (sección A-A, sección B-B, sección C-C, sección D-D). Posteriormente se precedió a calcular las áreas haciendo uso del software AutoCAD CIVIL 3D versión estudiante, los volúmenes y tonelajes fueron calculados bloque por bloque para finalmente realizar una sumatoria cuya cantidad total asciende a 392 116 874.234 TM, mediante la siguiente formula: tal como se puede observar en anexo 19.

Para la caracterización del macizo rocoso se concuerda con lo dicho por Cáceres (2019), ya que se efectuó mediante la utilización de técnicas geotécnica que se basan en el análisis de las características del macizo rocoso como: grado de alteración, fracturamiento, tipo de roca, presencia de agua, etc. Estos análisis arrojaron como resultado rocas de tipo III (regular a buena del macizo rocoso) esta categoría es buena para la estabilidad de los bancos de explotación que se van a construir. El alto grado de fracturamiento es una característica favorable porque debido a ello genera un gran desmenuzamiento de la roca aunado a la acción de la erosión hace que se constituyan canteras de arena.

El valor del RQD se determinó utilizando la fórmula en ausencia de testigos de perforación arrojando valores de 59 a 88% lo que indica valores de regular a bueno para la estabilidad de los bancos de explotación.

Se recolectaron 04 muestras de roca de areniscas de las cuatro estaciones seleccionadas con la finalidad de realizar el análisis físico químicos y tres muestras para el análisis geomecánico. Estos análisis fueron encargados al laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL. Los resultados de estos análisis arrojaron un porcentaje promedio de 88% de óxido de sílice (SiO_2) lo que constituye un valor idóneo para que estos materiales puedan ser utilizados como materiales de construcción por las razones siguientes: siendo el óxido de sílice un mineral estable químicamente hace de que el material de construcción generado tenga bastante contenido de SiO_2 y por ende no sufrirá un proceso de alteración posterior.

Del mismo modo el laboratorio GINGECONSULT & LAB SRL. se encargó de la realización y análisis físico químico de cuatro (04) calicatas de 03 metros aprox. de profundidad cada uno y con un ancho de 1.5mx1.5 m. El informe entregado por dicho laboratorio concluye que las cuatro calicatas arrojan una continuidad en profundidad de las características físicas de las areniscas observadas en superficie y que incluso podrían profundizar a 10 metros más abajo con estas mismas características. Los resultados arrojan: cobertura cuaternaria de 1 a 2 m, debajo de ella se observan las areniscas de coloración gris blanquecinas, poseen alto contenido de óxido de sílice, de consistencia dura y un alto grado de fracturamientos y buen estado de conservación, concordando con lo dicho por Lagos (2015).

Del mismo modo se realizó el análisis de las discontinuidades mediante el software DIPS determinándose por intersección de fallas una serie de cuñas con un caído de bloques con distintas direcciones lo que sirvieron para definir la estabilidad de los bancos de explotación contrastando lo dicho por Rojas y Rodríguez (2018).

Se realizó el cálculo de las reservas por el método de los perfiles con la finalidad de poder obtener el volumen total de las reservas tanto probadas como probables, apoyándose del software AutoCAD Civil 3D y software Datamine Studio RM, tal como lo indica Pérez (2019) que utilizó la misma metodología, apoyándose a primera instancia de las calicatas realizadas para ubicar los perfiles estratigráficos. Para luego hallar las áreas utilizando el software RecMin, siguiendo con el cálculo de volúmenes por cada bloque dado para luego realizar una sumatoria de cada sección, obteniendo un volumen total, tanto de las reservas probadas como probables.

De acuerdo a todos estos resultados obtenidos se puede decir que la hipótesis planteada se contrasta positivamente. Por otro lado, mediante el estudio estructural y geotécnico se logró la caracterización del macizo rocoso lo cual dio como resultado rocas de mala calidad lo cual es favorable para la disgregación del macizo rocoso para dar como resultado canteras de arenas.

VI. CONCLUSIONES

1. Las areniscas presentes en el lugar tienen una concentración de óxido de sílice del 88% en promedio, además las características fisicoquímicas que arrojaron los analices del laboratorio, nos dice que dicho material es apropiado para ser explotados como materiales de construcción.
2. Para la explotación de las canteras de arenas se debe utilizar el método de explotación a cielo abierto, mediante bancos y aprovechando la gravedad.
3. Las reservas fueron calculadas haciendo uso de cuatro perfiles o cortes (sección AA, BB, CC, DD) confeccionados por el software de Auto CAD Civil 3D y software Datamine Studio RM, los cuales sumados dieron un resultado final de: Sección A - A': 55884643.7250 m³. Sección B - B': 47408183.2750 m³, Sección C - C': 41939449.6750 m³. Sección D - D': 39293311.2000 m³
4. El Volumen calculado con el método de perfiles es: 156 846 749.6938 m³. Y con un tonelaje calculado del área a explotar de 392 116 874.234 TM.
5. Las caracterizaciones del macizo rocoso realizado mediante técnicas geotécnica dieron como resultado rocas de tipo III (regular a buena del macizo rocoso) es bueno para la estabilidad de los bancos que se van a construir. Esta característica es favorable porque esto genera que la roca sea desmenuzada más fácilmente por la acción de la erosión para que constituya canteras de arena.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar los trabajos de explotación con sumo cuidado sin afectar la tranquilidad de los pobladores aledaños.
2. Dar charlas a los pobladores tratando de concientizarlo en el sentido que una minería responsable no contamina.
3. Basándose del estudio realizado, se recomienda calcular el tiempo de vida de explotación, haciendo uso de un método de explotación adecuado, el cual contribuya con una minería responsable y al desarrollo de los pobladores de la localidad.
4. Cajamarca tiene reservas potenciales de areniscas que pueden ser utilizados para la construcción, es por ello que se recomienda realizar un estudio adecuado de cada reserva, y para desarrollar el proyecto es necesario recurrir a los servicios de un profesional, quien está capacitado para efectuar dichas labores, teniendo en cuenta el mejor método de explotación para dar la rentabilidad necesaria al yacimiento.
5. Es necesario contribuir con el desarrollo de una minería responsable, es por ello que se recomienda realizar la explotación teniendo en cuenta la minimización de las alteraciones ambientales que pueda generar la extracción de estos materiales.
6. En vista de los escasos de materiales para la construcción proveniente de los ríos, es de necesidad dar un mayor impulso a los estudios de las reservas de minerales no metálicos como las canteras de areniscas, para cubrir la demanda que día a día va creciendo de estos materiales, los cuales pueden ser una fuente de trabajo para la población aledaña.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abreu, J. (2002). Diseño de un plan de explotación yacimiento de caliza, cantera la gamarra Magdaleno, estado Aragua. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2002. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/294447563/Tesis-Cantera-Caliza-Aragua>
2. Agual, D. (2017). Diseño de explotación integrado de las canteras playa llagchoa y canteras salvador, ubicada en el Canton Ambato, provincia de Tungurahua. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2017. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12964>
3. Alvear, C; López, M; Pindo, J; Proaño, G. (2004). Diseño y análisis económico de la explotación a cielo abierto de un yacimiento de caliza. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica Litoral, 2004. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/279506021_Disenoyanalisiseconomicode_la_explotacion_a_cielo_abierto_de_un_yacimiento_de_caliza
4. Annels, A. (1991). Mineral Deposit Evaluation. Londres, Inglaterra: Chapman & Hall.
5. Benito, O; Huamán, I. (2014). Optimización y modernización en el proceso de obtención de arena de sílice para incrementar la producción en la cantera santa rosa 94-i c.c. Llocllapampa. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1335/b.%20CAPITULO%20DE%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. Buendia, C. (2018). Propuesta de un plan de minado para la Cantera de Agregados San Isidro – Unidad Minera Cobriza. Perú: Universidad Continental, 2018. Obtenido de <http://repositorio.continental.edu.pe/handle/continental/5203>

7. Cabrera, H; Pérez, E. (2017). Plan De Minado Superficial Aplicado A La Cantera El Nogal; Tongod - San Miguel. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/12699>.
8. Cabrera, M. (2015). Planificación minera en mina Pucamarca de MINSUR S.A. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2094/1/cabrera_am.pdf
9. Canchucaya, O. (2007). Proyecto De Factibilidad De Minado 2007- 2014 De La Cantera De Yeso San Antonio – Tarma. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2007. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3153>
10. Castillo, J. (2018). Estimación de Recursos y Reservas del Yacimiento Aurífero Fidami, Sancos – Lucanas – Ayacucho. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8622/Castillo_Vilca_Yack.pdf?sequence=1&isAllowed=y
11. Castro, B. (2015). Propuesta de implementación de plan de minado en la cantera de dolomita “Jajahuasi 2001” de la comunidad campesina Llocllapampa – provincia de jauja. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1343>
12. Chacca, J. (2018). Cálculo de reservas y estimación de recursos minerales de la veta esperanza yacimiento minero San Andrés - puquio Ayacucho. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2018. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7303>

13. Chávez, E. (2018). Propuesta de Plan de Minado de la Cantera Los Chancas lli 5hnos, Distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, Departamento De Cajamarca. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Cajamarca: Univerdad Nacional de Cajamarca, 2018. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/15029>
14. Chuquimango, N. (2016). Propuesta Técnica para la Construcción de Taludes en la Cantera Juan Sin Miedo, Cajamarca-2016. Tesis profesional. Cajamarca, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10950/chuquimango_ch n.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. Contreras, W. (2014). Influencia de la Forma y Textura del Agregado Grueso de la Cantera Olano en la Consistencia y Resistencia a la Compresión del Concreto en el Distrito de Jaén - Cajamarca. Tesis profesional. Jaén, Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/504/T%20620.191%20 C764%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Cornejo, J. (2015). Optimización en la producción de agregados de construcción – Unidad minera no metálica Jesús de Nazaret. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2015. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/172/B2M18290.pdf?s equence=1&isAllowed=y>
17. Estupiñán, T. (2002). Diseño y explotación subterránea del nivel A de la mina Expobonanza – San Gerardo Ubicada en el Cantón Pucará Provincia de Azuay. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3386/1/5909.pdf>

18. Ferrer, F. (2015). Planeamiento De Minado De Largo Plazo Para Proyecto Minero No Metálico. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6812>
19. Godoy, M. (2009). Estimación de Recursos. Chile: Gorder Associates.
20. Gonzales, J. (2018). Estudio estructural para determinar el Método de Explotación de las canteras de materiales de construcción en el sector de Shudal- Paccha Grande y alrededores. Cajamarca - 2017. Cajamarca, Perú: Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de minas. Universidad Alas Peruanas.
21. Guevara, J. (2017). Propuestas de un Plan de Minado para Mejorar la Productividad en la Cantera El Gavilán al Sur de la Ciudad de Cajamarca, 2017. Cajamarca, Perú: Tesis para obtener el título profesional ingeniero de minas. Universidad Alas Peruanas.
22. Gusbin, J. (1983). Cálculo de reserva y recursos de un yacimiento de sienita cuarzosa. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Montevideo: Universidad de la República Uruguay, 1983. Obtenido de https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/067/42067654.pdf
23. Herrera, C. (2016). Diseño del sistema de explotación de materiales de construcción existentes en la cantera "mina 2", ubicada en la parroquia Cangahua, cantón Cayambe, provincia de pichincha. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Quito: Universidad Central de Ecuador, 2016. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6488/1/T-UCE-0012-11.pdf>
24. Herrera. H. (2017). Diseño de Explotaciones de. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

25. Huamán, R. (2015). Optimización de flota de camiones aplicando programación dinámica – mina Corihuarmi. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. Obtenida de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2175/1/huaman_sr.pdf
26. Iezzi, L. (2011). Minería Aurífera a cielo abierto en Argentina. El caso del emprendimiento Veladero, provincia de San Juan. Tesis (Licenciada en geografía). Plata: Universidad Nacional de la Plata, 2011. Obtenida de <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.423/te.423.pdf>
27. López, C; Bustillo, M. (1997). Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones mineras. Madrid, España: Entorno Gráfico.
28. Luque, J. (2017). Estudio de factibilidad en un proyecto de explotación de rocas y minerales industriales en una mina de perlita. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3439>
29. Maza, Y. (2017). Estimación de reservas minerales de oro y plata en la veta Karina – Los Pircos, Santa Cruz – Cajamarca. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1532>
30. Mazari, M. (2015). Propuesta para cambiar el sistema de minado de una cantera de mármol en el municipio de Santiago Acatlán, Puebla. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015. Obtenido de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/8239/Tesis_Rodrigo_Garnica_R%C3%ADos.pdf?sequence=1

31. Medrano, C. (2011). Metodología de estimación de recursos minerales y reconciliación de reservas de la veta Jimena en el sector norte del batolito de Pataz. Tesis (Título en Ingeniería de minas). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2011. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/11185>
32. Mineral Resources Estimation with Data and Parameter Uncertainty. KARPEKOV, Tolonbek. Thesis (Degree in Mine Engineering). Edmonton: University of Alberta, 2016. Obtenido de https://era.library.ualberta.ca/items/5725beb1-ea46-4821-b958-59bccca242861/view/a8dec1f7-73f9-4f07-83ad-8c073613b8fc/Karpekov_Tolonbek_201604_MSc.pdf
33. Nacarino, A; Intor, R. (2017). Influencia del Comportamiento geomecánico del macizo rocoso en el diseño de bancos de la cantera de arena fina Cabra Cabra de la Empresa S.M.R.L. Cabra Cabra, distrito de Namora- Cajamarca, 2017. Cajamarca, Perú: Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de minas. Universidad Privada del Norte.
34. Ortega, P. (2013). Diseño para la Explotación de la Cantera de Arcilla, Barrio Cera- Cantón Loja. Tesis profesional. Loja, Ecuador: Universidad Tecnica Particular de Loja. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/3935>
35. Sampieri. R. (2014). Metodología de la Investigación. Obtenido de <https://metodologiaecs.wordpress.com/2016/01/31/libro-metodolo-de-la-investigacion-6ta-edición-sampieri-pdf/>
36. Soto, G. (2015). Caracterización de la Actividad minera artesanal no metálica en la zona de la carretera Iquitos- Nauta. Iquitos, Perú: Tesis para, obtener el título profesional de ingeniero en gestión ambiental. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

37. Sotomayor, L. (2016). Guía de condiciones medioambientales a considerar para el diseño de una planta de extracción y procesamiento de áridos. Valdivia, Chile: Tesis para obtener el título profesional de ingeniero constructor Universidad Austral de Chile.
38. Taype, E. (2016). Diseño de Explotación de Cantera para Agregados, Distrito de Huayucachi. Tesis profesional. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4107/Taype%20Mata%20moro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
39. Toledo, H. (2015). Desarrollo del Proceso de Planeación, Ejecución y Control dentro Área de Planeación Minera la Ciénega de Fresnillo PLC. D.F, México: Tesis para obtener el título profesional de ingeniero de minas y metalurgista. Universidad Nacional Autónoma de México.
40. Weaver, R. (1964). Relative merits of interpolation and approximating functions in the grade prediction problem. En *Computers in the Mineral Industries*. Estados Unidos: Stanford.

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Unid. del Indicador
Cálculo de reservas	El cálculo de reservas indaga respecto al potencialidad económica que logran obtener los recursos mineros dando lugar a diseños mineros que son los pilares para el plan minero, de donde emergen los cálculos el flujo de caja del proyecto.	Determinación en campo de la cantidad de reservas disponibles	Tamaños de los afloramientos disponibles.	Reservas disponibles	Toneladas (TM)
Explotación de areniscas como materiales de construcción.	Es la acción de obtener materiales de construcción de los afloramientos mediante técnicas modernas. El optar de un método de explotación de un yacimiento mineral se fundamenta en la coyuntura económica la misma que engloba (Beneficio, costos, inversiones, flujos de caja, etc.).	Mediante los diferentes métodos tecnificados existentes.	Cantera de agregados disponibles y composición química adecuada de las areniscas.	Disponibilidad de las canteras.	Grandes extracciones Medianas extracciones Bajas extracciones.

Anexo 2. Matriz de consistencia

Cálculo de reservas para la explotación de las areniscas como materiales de construcción. Zona de rumirumi y alrededores.

RICARDO GUTIERREZ CHINGAY

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS
¿Cuáles son las reservas para la explotación de areniscas como materiales de construcción en la Zona de Rumi Rumi y alrededores?	Determinar el cálculo de reservas para la explotación de las areniscas como materiales de construcción en la zona de Rumi Rumi y alrededores	Hipótesis general: Los afloramientos de areniscas que afloran en la Zona de Rumi Rumi y alrededores, constituyen canteras con grandes reservas de materiales de construcción, el método de explotación más adecuado para la extracción es a cielo abierto mediante bancos.	Independiente: - Cálculo de reservas Dependiente: - Explotación de areniscas como materiales de construcción.	Por su finalidad de estudio el tipo de investigación es APLICADA, Murillo (2008), nos dice que en la unidad de análisis que se estableció se van a aplicar conocimientos conseguidos en investigaciones básicas y a la vez se van adquiriendo otros, esto nos da como resultado una forma estricta, sistematizada y meticulosa de conocer la realidad.	Todos los afloramientos rocosos de la Formación Chimu que afloran en la Zona Rumirumi y alrededores.	Las técnicas aplicadas fueron: Observación: Se usó para reconocer las zonas de interés, a las cuales se va a estudiar. Análisis documental; En la primera etapa de la investigación se hizo una recopilación de todos los estudios existentes de la zona de estudio; recopilación de los mapas geológicos confeccionados por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico INGEMMET y por otras investigaciones referidas al tema. Análisis geoquímico: Los análisis geoquímicos de las muestras de rocas fueron realizados en los laboratorios existentes en la ciudad de Cajamarca. Todas estas informaciones fueron analizadas y procesadas para la elaboración del informe final. Los mapas y perfiles geológicos fueron confeccionadas con el software ArcGIS 10.5 y para el procesamiento estadístico de la data se utilizó el software Excel con el mismo que determinará el cálculo de reservas.
	OBJETIVOS ESPECIFICOS			DISEÑO	MUESTRA	
	- Determinar las reservas de las canteras de arena mediante el método de los perfiles o cortes. - Realizar el cálculo del área de interés y el espesor promedio de las reservas de arena. - Determinar los parámetros físico-químicos de las areniscas presentes en el lugar de estudio.			El diseño de la investigación es NO EXPERIEMNTAL-TRANSVERSAL, debido a que Sampieri (2003), nos dice que para este caso no se da la manipulación de las variables independientes, ya que los datos se tomaran en un momento dado sin intervenir en el ambiente en el que las reservas de areniscas y su alto contenido de sílice se desarrollaron.	Los afloramientos de areniscas de la Formación Chimu que muestrén condiciones favorables para ser explotadas como materiales de construcción y que afloran en las Zonas de Rumirumi y alrededores.	

Anexo 3. Instrumento de recolección de datos

A. Guía de observación, geología regional y geología local.

Geología	Descripción
Geología Regional	
Geología Local	

B. Guía de observación, levantamiento topográfico.

N° De Punto	Coordenada X (Este)	Coordenada Y (Norte)	Cota (m.s.n.m.)
1			
2			
3			
3			
9			
6			
7			
8			
9			
10			

Cálculo de reserva por el método de los perfiles

$$Volumen\ Total = \frac{A1 + A2}{2} \cdot d1 + \frac{A2 + A3}{2} \cdot d2 + \frac{A3 + A4}{2} \cdot d3 + \frac{A4 + A5}{2} \cdot d4$$

Cálculo de volumen	Volumen (m ³)
(Área 1+ área 2) /2 (d1) = (117791.8063 + 105746.7686) /2 (500)	55884643.7250
(Área 2+ área 3) /2 (d2) = (105746.7686+ 83885.9645) /2 (500)	47408183.2750
(Área 3+ área 4) /2 (d3) = (83885.9645 +83871.8342) /2 (500)	41939449.6750
(Área 3+ área 4) /2 (d4) = (83871.8342 +73301.4106) /2 (500)	39293311.2000
Volumen total	184525587.8750

Anexo 4. Análisis Físico Químico de calicata N°1.



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E I.R.T.U.A.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ROCA ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS: "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENSCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI- RUMI Y ALREDEDORES"

SOLICITA : RICARDO GUTIERREZ CHINGAY
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUAYLLAPAMPA Y RUMI- RUMI.
MUESTRA : MUESTRA CH-001 FORMACIÓN CHIMÚ.
FECHA : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de sílice (SiO ₂)	87.5
Plagioclasas	4.1
Feldespatos	3.6
Arcillas	4.4
Opacos	0.4
Total	100.0

ANÁLISIS FÍSICO

DETERMINACIÓN FÍSICA	RESULTADOS
COLOR	Roca arenisca gris blanquecina
GRANULOMETRÍA	Fina a media
ASPECTO FÍSICO	Roca en buen estado de conservación. Altamente resistente a la erosión.

NOTA: la muestra fue alcanzada a este laboratorio la cual se procedió a hacer el análisis respectivo.


ing. MSc. Hugo Marquero Estrada
JEFE DE LABORATORIO
CIP/27664

Anexo 5. Análisis Físico Químico de calicata N°2.



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ROCA ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS: "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI- RUMI Y ALREDEDORES"

SOLICITA : RICARDO GUTIERREZ CHINGAY
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUAYLLAPAMPA Y RUMI- RUMI.
MUESTRA : MUESTRA CH-002 FORMACIÓN CHIMÚ.
FECHA : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de silice (SiO ₂)	86.5
Plagioclasas	5.1
Feldespato	3.4
Arcillas	2.8
Opacos	0.2
Total	100.0

ANÁLISIS FÍSICO

DETERMINACIÓN FÍSICA	RESULTADOS
COLOR	Arenisca blanquecina
GRANULOMETRÍA	Areniscas de grano fino a gruesa
ASPECTO FÍSICO	Roca arenisca muy fracturada

NOTA: la muestra fue alcanzada a este laboratorio la cual se procedió a hacer el análisis respectivo.


Ing. MSc. Hugo Mosqueiro Estrada
JEFE DE LABORATORIO
CIP/ 27554

Anexo 6. Análisis Físico Químico de calicata N°3.



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ROCA ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS: "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI- RUMI Y ALREDEDORES"

SOLICITA : RICARDO GUTIERREZ CHINGAY
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUAYLLAPAMPA Y RUMI- RUMI.
MUESTRA : MUESTRA CH-003 FORMACIÓN CHIMÚ.
FECHA : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de sílice (SiO ₂)	88.5
Plagioclasas	4.8
Feldespato	4.2
Arcillas	2.3
Opacos	0.2
Total	100.0

ANÁLISIS FÍSICO

determinación física	RESULTADOS
COLOR	Arenisca blanquecina
GRANULOMETRÍA	Arenisca de grano fino
ASPECTO FÍSICO	Arenisca muy dura, muy fracturada

NOTA: la muestra fue alcanzada a este laboratorio la cual se procedió a hacer el análisis respectivo.


Ing. MSc. Hugo Moquecho Estrada
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Anexo 7. Análisis Físico Químico de calicata N°4.



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.T.A.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ROCA ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS: "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI- RUMI Y ALREDEDORES"

SOLICITA : RICARDO GUTIERREZ CHINGAY
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUAYLLAPAMPA Y RUMI- RUMI.
MUESTRA : MUESTRA CH-004 FORMACIÓN CHIMÚ.
FECHA : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS

ANÁLISIS QUÍMICO

DETERMINACION QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Oxido de sílice (SiO ₂)	90.0
Plagioclasas	4.5
Feldespatos	2.6
Arcillas	2.4
Opacos	0.5
Total	100.0

ANÁLISIS FÍSICO

DETERMINACION FÍSICA	RESULTADOS
COLOR	Arenisca gris blanquecina
GRANULOMETRÍA	Arenisca de grano fino
ASPECTO FÍSICO	Abundante contenido de cuarzo (oxido de sílice).

NOTA: la muestra fue alcanzada a este laboratorio la cual se procedió a hacer el análisis respectivo.


Ing. MSc. Hugo Moqueito Estrofer
JEFE DE LABORATORIO
C.I.P. 27664

Anexo 8. Análisis estratigráfico de calicata N°1.



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES INTEGRADOS

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ROCA ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS: "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI- RUMI Y ALREDEDORES"

SOLICITA : RICARDO GUTIERREZ CHINGAY
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUAYLLAPAMPA Y RUMI- RUMI.
MUESTRA : ANÁLISIS DE CALICATA CAL-001A
FECHA : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS DE CALICATA

PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
0-40 cm	Suelo arcilloso, color gris amarillento, algunos fragmentos angulosos de areniscas, de 2 a 4 cm de tamaño.
40- 70 cm	Arenisca de grano fino en estratos de 1 a 2 metros, color gris blanquecinas. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂).
70- 100 cm	Arenisca grano medio a grueso, gris blanquecino, de consistencia dura. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), ligeramente fracturadas.
100 - 140 cm	Arenisca de grano fino a medio, de constancia dura, color gris amarillenta, se muestra muy fracturada indicando la presencia de algún Fallamiento Geológico. Estratos delgados a medianos, pequeño horizonte arcilloso. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂).
140 - 180 cm	Arenisca de grano grueso, en estratos medianos de 2m, consistencia dura. Color gris blanquecina. Sin alteración. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), regularmente fracturadas. Ausencia de material arcilloso.
180- 210 cm	Arenisca grano grueso con horizonte de arcillita de 20 cm, color gris blanquecinas, consistencia dura, fuertemente fracturada.
210- 240 cm	Areniscas de grano fino, estratos delgados, fuertemente fracturados.
240- 260 cm	Areniscas gris blanquecinas, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos delgados de 40 cm.
260- 300 cm	Areniscas gris amarillentas, consistencia dura, muy fracturada.
300-320 cm	Areniscas de grano fino, estratos gruesos, Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), profundizan con la mismas características.
TOTAL= 320 cm	


Ing. MSc. Hugo Moqueño Estrofer
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Anexo 9. Análisis estratigráfico de calicata N°2.



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES PERU

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ROCA ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS: "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI- RUMI Y ALREDEDORES"

SOLICITA : RICARDO GUTIERREZ CHINGAY
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUAYLLAPAMPA Y RUMI- RUMI.
MUESTRA : ANÁLISIS DE CALICATA CAL-002A.
FECHA : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS DE CALICATA

PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
0-40 cm	Suelo arcilloso, color gris marrón, presencia de abundantes raíces de plantas.
40- 80 cm	Cobertura cuaternaria producto de la alteración de las rocas areniscas intercalado con material arcilloso.
80- 110 cm	Arenisca grano medio a grueso, gris blanquecino, de consistencia dura. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), ligeramente fracturadas.
110- 150 cm	Arenisca de grano grueso, de constancia dura, color gris amarillenta, muy fracturada. estratos medianos, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂).
150- 190 cm	Arenisca de grano medio, en estratos medianos de 1m, consistencia dura. Coloración gris blanquecina, en estado fresco. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), regularmente fracturadas. Ausencia de material arcilloso.
190- 220 cm	Arenisca grano grueso con horizonte de arcillita de 10 cm, color gris blanquecinas, constancia dura, fuertemente fracturada.
220- 250 cm	Areniscas de grano medio, coloración gris blanquecina, fuertemente fracturados.
250- 280 cm	Areniscas gris blanquecinas, Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos delgados de 40cm.
280- 300 cm	Areniscas gris blanquecinas, consistencia dura, muy fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos
300-320 cm	Areniscas de grano fino, estratos medianos, fuertemente fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂). En esta misma condición profundiza.
TOTAL= 320 cm	


Ing. MSc. Hugo Maquieiro Estrófer
JEFE DE LABORATORIO
CIP 27664

Anexo 10. Análisis estratigráfico de calicata N°3.



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES PERU

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ROCA ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS: "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACION DE ARENSCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI- RUMI Y ALREDEDORES"

SOLICITA : RICARDO GUTIERREZ CHINGAY
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUAYLLAPAMPA Y RUMI- RUMI.
MUESTRA : ANÁLISIS DE CALICATA CAL-003A
FECHA : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS DE CALICATA

PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
0-30 cm	Suelo arcilloso, color gris marrón, presencia de raíces de plantas.
30- 60 cm	Cobertura cuaternaria arenoso.
60- 90 cm	Arenisca de grano medio a grueso, gris blanquecinas, de consistencia dura. Alto porcentaje de óxido de silice (SiO ₂), ligeramente fracturadas.
90- 120 cm	Arenisca de grano grueso, de consistencia dura, color gris amarillenta, se muestra muy fracturada. estratos delgados con alto porcentaje de óxido de silice (SiO ₂).
120- 150 cm	Arenisca de grano medio, en estratos medianos de 50cm, consistencia dura. coloración gris blanquecina, en estado fresco. Alto porcentaje de óxido de silice (SiO ₂), regularmente fracturadas. Ausencia de material arcilloso.
150- 180 cm	Arenisca grano grueso con horizonte de arcillita de 10 cm, color gris blanquecinas, consistencia dura, fuertemente fracturada.
180- 210 cm	Areniscas de grano medio, coloración gris blanquecina, fuertemente fracturadas.
210- 240 cm	Areniscas gris blanquecinas, Alto porcentaje de óxido de silice (SiO ₂), estratos delgados de 40cm.
240- 270 cm	Areniscas gris blanquecinas, consistencia dura, muy fracturada, alto porcentaje de óxido de silice (SiO ₂), estratos
270- 300 cm	Areniscas de grano fino, estratos mediano, fuertemente fracturada, alto porcentaje de óxido de silice (SiO ₂).
TOTAL= 300 cm	


Ing. MSc. Hugo Moqueita Estrada
JEFE DE LABORATORIO
CIP: 27664

Anexo 11. Análisis estratigráfico de calicata N°4.



INGECONSULT & LAB S.R.L.
INGENIEROS CONSULTORES E I.T.U.T.A.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE ROCA ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS: "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI- RUMI Y ALREDEDORES"

SOLICITA : RICARDO GUTIERREZ CHINGAY
PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO DE HUAYLLAPAMPA Y RUMI- RUMI.
MUESTRA : ANÁLISIS DE CALICATA CAL-004A
FECHA : 10 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS DE CALICATA

PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCION
0-35 cm	Suelo limoso y arcilloso, color gris amarillento a gris marrón, presencia de material orgánico.
35- 65 cm	Suelo arcilloso, color gris oscuro, presencia de material orgánico, consistencia suave
65- 100 cm	Cobertura cuaternaria arcillosa- arenosa.
100- 140 cm	Arenisca de grano grueso, de consistencia dura, color gris amarillenta, se muestra muy fracturada. estratos delgados alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂),
140- 170 cm	Arenisca de grano medio, en estratos delgados de 45 cm de espesor, consistencia dura. coloración gris blanquecina, en estado fresco. Alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), regularmente fracturadas. Ausencia de material arcilloso.
170- 220 cm	Arenisca grano grueso con horizonte de arcillita de 10 cm de grosor, color gris blanquecinas, consistencia dura, fuertemente fracturada.
220- 250 cm	Areniscas de grano medio, coloración gris blanquecina, fuertemente fracturada.
250- 280 cm	Areniscas gris blanquecinas, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos delgados de 60cm, fuertemente fracturada.
280- 310 cm	Areniscas grano fino, color gris blanquecinas, consistencia dura, muy fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), estratos medianos.
310-325 cm	Areniscas de grano medio, gris blanquecinas, estratos gruesos, fuertemente fracturada, alto porcentaje de óxido de sílice (SiO ₂), consistencia dura.
TOTAL= 325 cm	


Ing. MSc. Hugo Mejía Estrada
JEFE DE LABORATORIO
C.I.P. 27664

Anexo 12. Análisis Geomecánico del macizo rocoso zona M002



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS - ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *596828 CELULAR: 979025950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS DE MECANICA DE ROCAS DE UNA MUESTRA DE ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES-CAJAMARCA"

SOLICITAN : RICARDO GUTIERRES CHINGAY
MUESTRA : M002- CHIN; ARENISCA DE LA FORMACIÓN CHIMU (CRETACICO INFERIOR)
UBICACIÓN : ZONA DE RUMI RUMI Y HUAYLLAPAMPA- CAJAMARCA ESTACION GEOMECANICA 02
FECHA : 05/ 05/2021

ANÁLISIS GEOMECÁNICO	VALOR	CALIDAD
RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL	220Mpa	MUY RESISTENTE CLASE V
ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA (RQD)	76- 90%	MUY BUENA
METEORIZACIÓN DEL ESPÉCIMEN	GRADO II	LEVEMENTE METEORIZADA
COHESIÓN DEL ESPÉCIMEN	24000 Kpa	-
PESO ESPECÍFICO DEL ESPÉCIMEN	2500 Kg/m ³	-
ÁNGULO DE FRICCIÓN DEL ESPÉCIMEN	38°	-

Nota: La muestra fue alcanzada a este laboratorio por los solicitantes, procediéndose a realizar el análisis respectivo


Ing. MSc. Hugo Mosquera Estrada
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 27664

Anexo 13. Análisis Geomecánico del macizo rocoso zona M001



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *896826 CELULAR: 976028950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS DE MECÁNICA DE ROCAS DE UNA MUESTRA DE ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES-CAJAMARCA"

SOLICITA : RICARDO GUTIERRES CHINGAY
MUESTRA : M001- CHIN; ARENISCA DE LA FORMACIÓN CHIMU (CRETACICO INFERIOR)
UBICACIÓN : ZONA DE RUMI RUMI Y HUAYLLAPAMPA- CAJAMARCA ESTACION GEOMECANICA 01
FECHA : 05/ 05/2021

ANÁLISIS GEOMECÁNICO	VALOR	CALIDAD
RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL	200 Mpa	MUY RESISTENTE CLASE V
ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA (RQD)	52- 75%	REGULAR
METEORIZACIÓN DEL ESPÉCIMEN	GRADO III	MODERADAMENTE METEORIZADA
COHESIÓN DEL ESPÉCIMEN		-
PESO ESPECÍFICO DEL ESPÉCIMEN	2500 Kg/m ³	-
ÁNGULO DE FRICCIÓN DEL ESPÉCIMEN	38°	-

Nota: La muestra fue alcanzada a este laboratorio por los solicitantes, procediéndose a realizar el análisis respectivo


Ing. NSc. Hugo Mosquera Fitzroy
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 27664

Anexo 14. Análisis Geomecánico del macizo rocoso Zona M003



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS - ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELÉFONO: 364793

ANÁLISIS DE MECANICA DE ROCAS DE UNA MUESTRA DE ARENISCA PARA EL TRABAJO DE TESIS "CÁLCULO DE RESERVAS PARA LA EXPLOTACIÓN DE ARENISCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, ZONA DE RUMI RUMI Y ALREDEDORES-CAJAMARCA"

SOLICITAN : RICARDO GUTIERRES CHINGAY
MUESTRA : M- 003CHIN; ARENSICA DE LA FORMACIÓN CHIMU
(CRETACICO INFERIOR)
UBICACIÓN : ZONA DE RUMI RUMI Y HUAYLLAPAMPA- CAJAMARCA
ESTACION GEOMECANICA 03
FECHA : 05/ 05/2021

ANALISIS GEOMECAÁNICO	VALOR	CALIDAD
RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL	25- 50 MPA	MODERADAMENTE RESISTENTE
INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA (RQD)	61- 80%	BUENA
METEORIZACIÓN DEL ESPÉCIMEN	GRADO III	MODERADAMENTE METEORIZADA
COHESIÓN DEL ESPÉCIMEN	23000 Kpa	-
PESO ESPECÍFICO DEL ESPÉCIMEN	2500 Kg/m ³	-
ANGULO DE FRICCIÓN DEL ESPÉCIMEN	35°	-

Nota: La muestra fue alcanzada a este laboratorio por los solicitantes, procediéndose a realizar el análisis respectivo

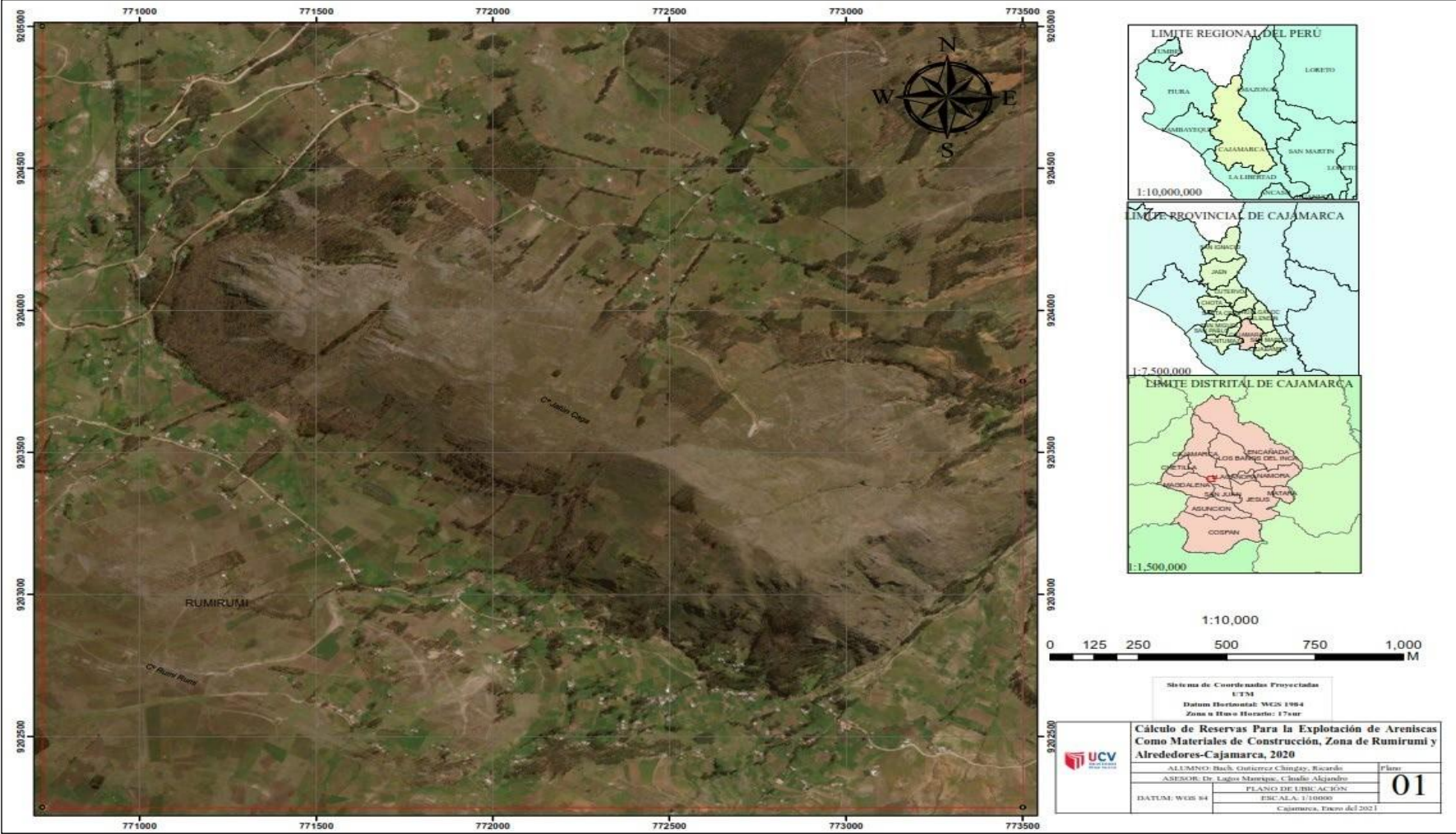

Ing. MSc. Hugo Masqueva Estima
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 27664

Anexo 15. Fotografías de la zona de estudio.

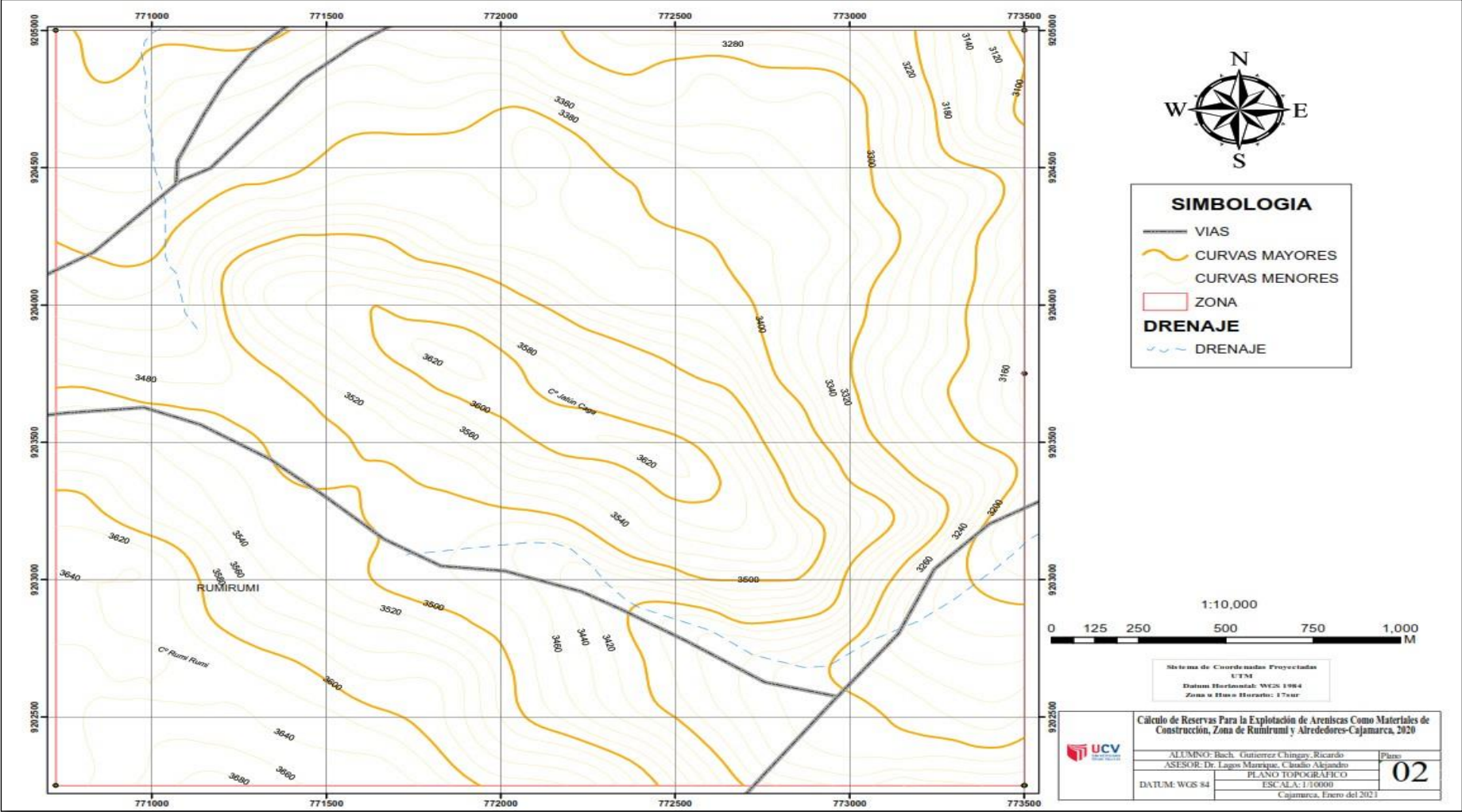




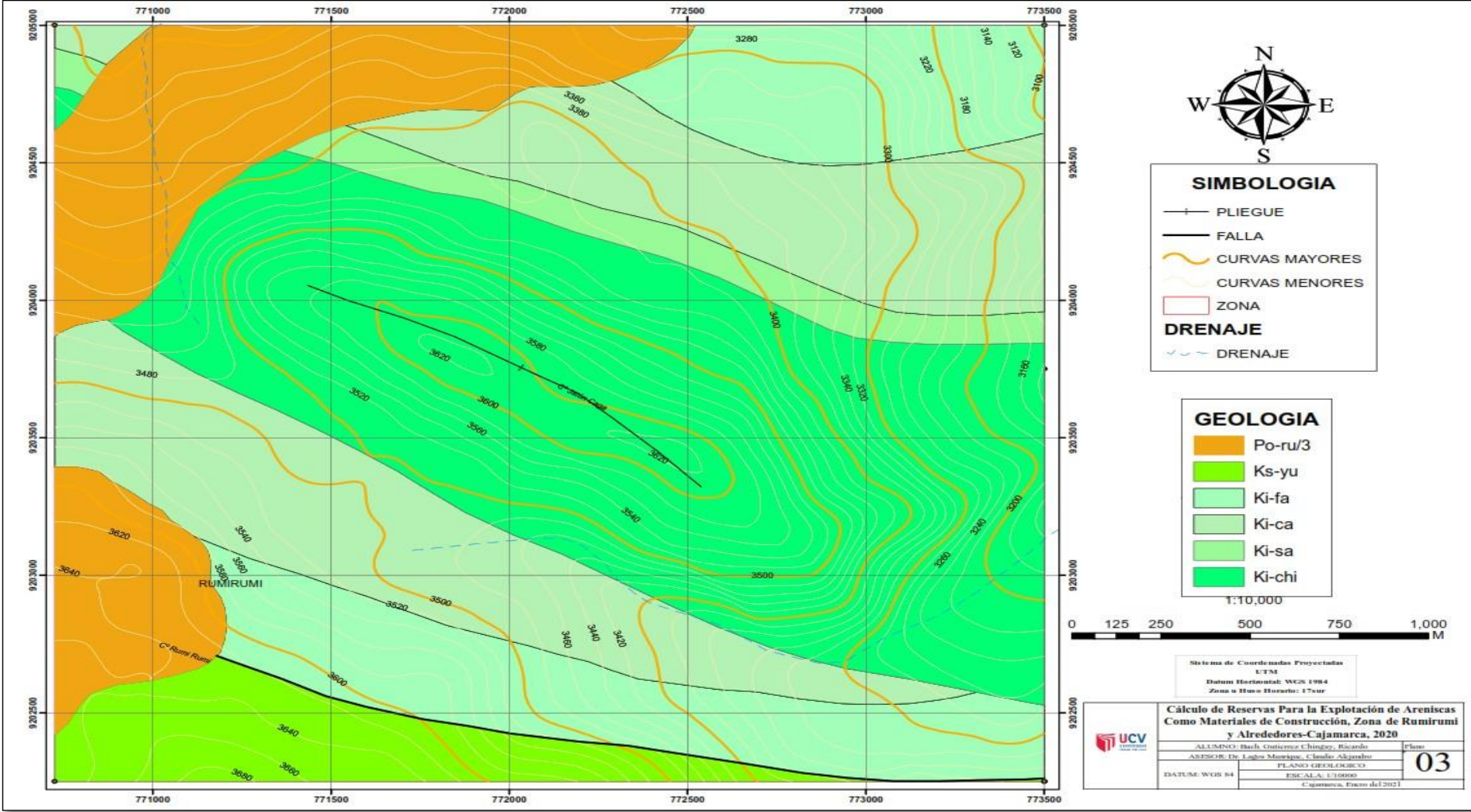
Anexo 16. Plano de Ubicación



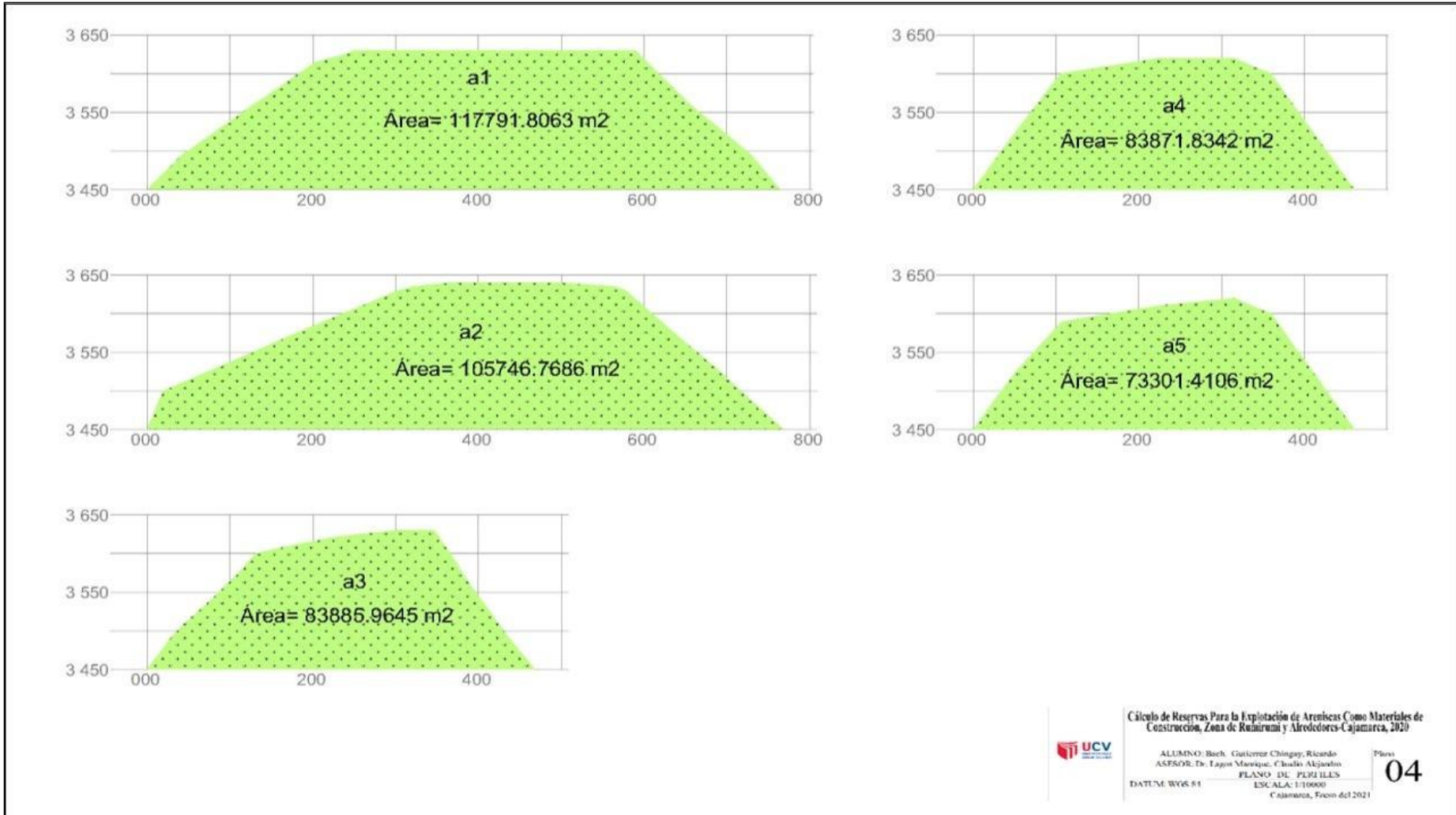
Anexo 17. Plano Topográfico



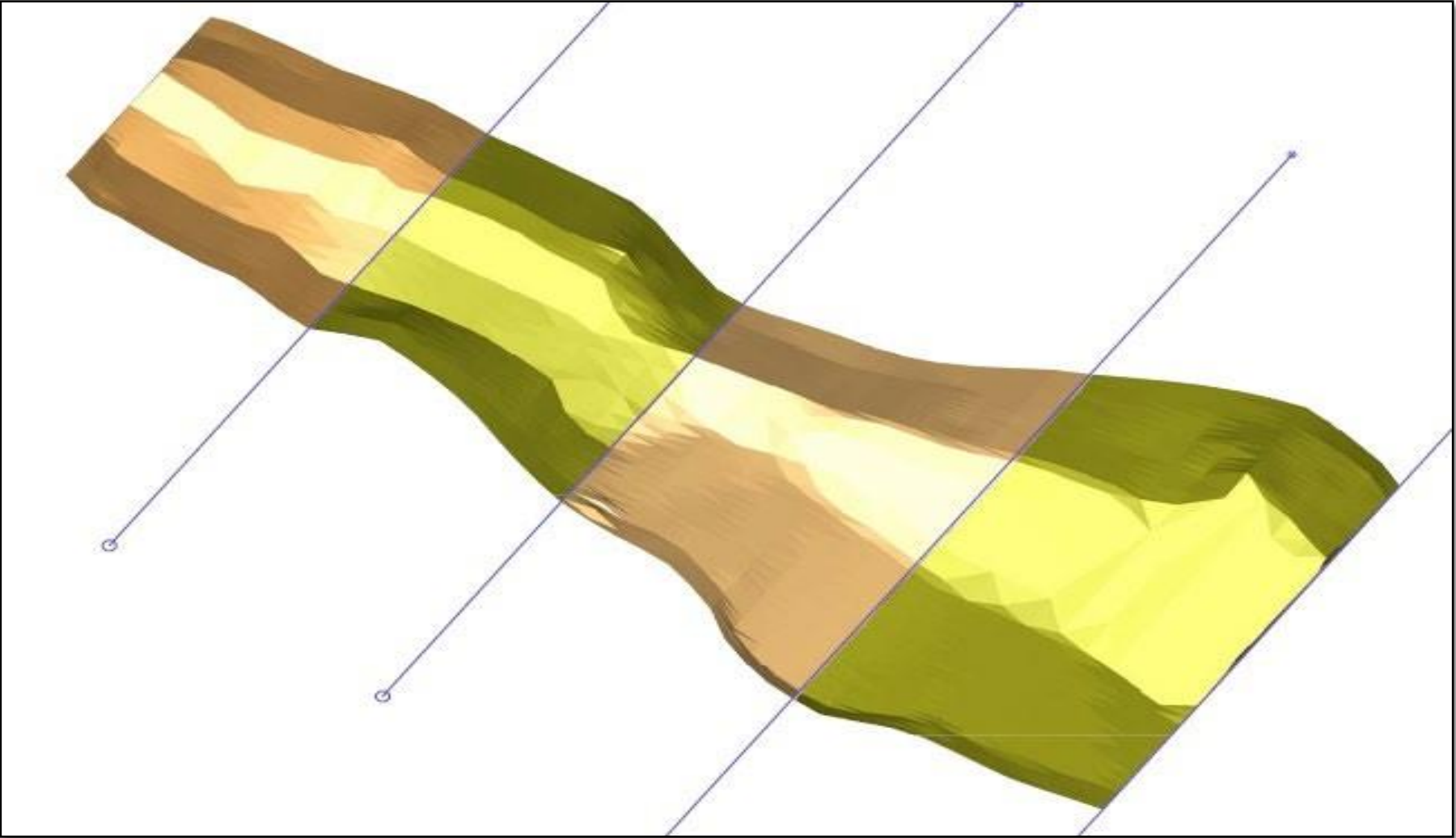
Anexo 18. Plano Geológico



Anexo 19. Plano de Perfiles



Anexo 20. Secciones mediante el software Datamine Studio RM



Anexo 21. Cálculo de volumen mediante el software Datamine Studio RM

