



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“EVALUACIÓN DE CALIDAD DE MATERIALES PÉTREOS
PARA LA ELABORACIÓN DE ASFALTO EN LA CARRETERA
OTUZCO - COMBAYO, CAJAMARCA - 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autores:

Chilon Infante, Denis Orlando
Palomino Llajaruna, Wilson Roberto

Asesor:

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñón

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a toda mi familia, principalmente a mis padres por ser el pilar que me brindaron su apoyo incondicional, por su motivación y fuerzas, para que de esa manera logre terminar mi carrera universitaria.

Denis.

Este presente trabajo dedico primordialmente a mi madre que es mi principal apoyo y que siempre está conmigo en la dedición que pueda tomar para mi vida y mi futuro, por otro lado, dedico a mi padre que me inculcó sus valores y enseñanzas en el día a día que lo tengo a mi lado.

Wilson.

AGRADECIMIENTO

A agradezco a Dios por permitirme formar parte de este mundo geológico y conocer personas que forman parte de mi futuro profesional. A mis padres por el apoyo absoluto que me ofrecen día a día y nunca me han dejado solo y finalmente a los docentes de la Universidad Privada del Norte por hacer de mí, un buen profesional en la carrera de Ingeniería de Geológica.

Denis.

Anticipadamente, agradezco a Dios por permitirme desarrollarme profesionalmente en la Universidad Privada del Norte, al darme la oportunidad de desarrollar la carrera de Ingeniería Geológica, a mis familiares los cuales me apoyan constantemente, por todas las maneras y en todo momento.

Wilson.

Tabla de contenidos

AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema	12
1.3. Objetivos	12
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	12
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	12
1.4. Hipótesis	13
1.4.1. <i>Hipótesis general</i>	13
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	14
2.1. Tipo de investigación	14
2.1.1. <i>Tipo de investigación</i>	14
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	14
2.2.1. <i>Población</i>	14
2.2.2. <i>Muestra</i>	14
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	14
2.3.1. <i>Técnicas:</i>	14
2.3.2. <i>Instrumentos:</i>	14
2.4. Procedimiento	15
2.4.1. <i>Etapa de pre campo</i>	15
2.4.2. <i>Etapa de campo</i>	16
2.4.3. <i>Etapa de post campo</i>	18
<i>Ubicación</i> 18	
<i>Accesibilidad</i> 19	
<i>Geología</i> 20	
<i>Geología local</i> 21	
Formación Pariatambo	21
Formación Yumagual	21
Formación Celendín.....	21
<i>Geología regional</i> 22	
<i>Geomorfología</i> 23	
<i>Depósitos fluviales:</i> 23	
Meandros:	24
Lomadas:	24

Laderas:	24
Análisis geotécnico	25
Laboratorio	25
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	26
3.2. Análisis Granulométrico	29
3.2.1. <i>Cantera 01</i>	31
3.2.2. <i>Cantera 02</i>	33
3.2.3. <i>Cantera 03</i>	35
3.3. Resultados de las densidades del material (C – 01, C – 02 y C – 03)	37
3.4. Resultados del desgaste por abrasión en la máquina de los ángulos de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03).....	37
3.5. Resultados de los ensayos con respecto a las partículas chatas (lajeadas) y alargadas de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03).....	38
3.6. Resultados de los ensayos respecto a los equivalentes de arena de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03).....	39
3.7. Resultados de los ensayos respecto al intemperismo y las pérdidas de sulfatos en magnesio y sodio de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03).....	40
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	42
4.1. Discusión	42
4.2. Conclusiones.....	46
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS	55
Anexo 01: Panel fotográfico.....	56
Anexo 02: Planos.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 <i>Número de Artículos utilizados.</i>	15
Tabla 2 <i>Descripción Muestra N° 1.</i>	17
Tabla 3 <i>Descripción Muestra N° 2.</i>	17
Tabla 4 <i>Descripción Muestra N° 3.</i>	18
Tabla 5 <i>Puntos de muestreo.</i>	19
Tabla 6 <i>Normas de clasificación.</i>	25
Tabla 7 <i>Coordenadas cantera 2 (C – 01).</i>	31
Tabla 8 <i>Estándar de granulometría para EE mayores a 10⁶ y estandarizada para las tres canteras.</i>	31
Tabla 9 <i>Resultados de laboratorio (C – 01).</i>	31
Tabla 10 <i>Resultado de la comparación granulométrica estandarizada y la de laboratorio (C – 01).</i>	32
Tabla 11 <i>Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 01).</i>	32
Tabla 12 <i>Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado, porcentaje y probabilidad (C – 01).</i>	33
Tabla 13 <i>Coordenadas cantera 2 (C – 02).</i>	33
Tabla 14 <i>Resultados de laboratorio (C – 02).</i>	33
Tabla 15 <i>Resultado de la comparación granulométrica estandarizada y la de laboratorio (C – 02).</i>	34
Tabla 16 <i>Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 02).</i>	34
Tabla 17 <i>Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 02).</i>	34
Tabla 18 <i>Coordenadas cantera 2 (C – 03).</i>	35
Tabla 19 <i>Resultados de laboratorio (C – 03).</i>	35
Tabla 20 <i>Resultado de la comparación granulométrica estandarizada y la de laboratorio (C – 03).</i>	36
Tabla 21 <i>Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 03).</i>	36
Tabla 22 <i>Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 03).</i>	36
Tabla 23 <i>Densidades de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3 consecutivamente.</i> ..	37
Tabla 24 <i>Abrasión de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3 consecutivamente.</i>	37
Tabla 25 <i>Chatas y alargadas de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.</i>	38
Tabla 26 <i>Equivalentes de Arena de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.</i>	39
Tabla 27 <i>Perdidas en sulfatos de magnesio y sodio de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
<i>Figura 1.</i> Criterios de selección.....	16
<i>Figura 2.</i> Ubicación Geográfica del proyecto en estudio.	19
<i>Figura 3.</i> Accesibilidad a la zona de estudio.	20
<i>Figura 4.</i> Depósitos fluviales.	24
<i>Figura 5.</i> Meandro en el río Chonta.	24
<i>Figura 6.</i> Tabla de EE.	30
<i>Figura 7.</i> Cantera en explotación.	56
<i>Figura 8.</i> Visita técnica a la Cantera.	56
<i>Figura 9.</i> Material acumulado	57
<i>Figura 10.</i> Retroexcavadora excavando.	58
<i>Figura 11.</i> Excavación.	59
<i>Figura 12.</i> Toma de muestra.	59
<i>Figura 14.</i> Laboratorio Kaolin Ingenieros S.A.C.	60
<i>Figura 16.</i> Personal trabajando en laboratorio Kaolin Ingenieros S.A.C.	60

RESUMEN

La presente investigación corresponde al estudio realizado sobre la calidad de los materiales pétreos en la carretera Otuzco, Combayo de la ciudad de Cajamarca, teniendo el objetivo de evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los materiales pétreos usados para la elaboración de asfalto en la carretera Otuzco – Combayo, Cajamarca. Dentro del estudio se pretende conocer los requerimientos máximos y mínimos que necesitan para poder elaborar el asfalto con el material pétreo, debido a los resultados nos regimos al laboratorio, que mediante su condicionante verificamos si está cumpliendo la calidad en compactación, con los estándares establecidos para su uso industrial. Respecto al tipo de vehículo y de acuerdo a las condicionantes de la vía, se prepara el asfalto donde el total de ejes equivalentes es de 10,893,52.00. Sobre el análisis de los agregados de acuerdo con los estándares establecidos determinan sus parámetros (granulometría, densidad, abrasión equivalente de arena, partículas chatas y alargadas y el intemperismo), que se analizó para luego comparar y evaluar su aceptabilidad, debido a los resultados de laboratorio. El estudio revisa las condiciones técnicas, normativas, análisis de muestra en laboratorio Kaolin Ingenieros S.A.C y manuales de asfalto vigentes, aplicados en el desarrollo de la investigación. Finalmente, el análisis desarrollado determina que las muestras deberían ser aceptadas ya que la mayoría de parámetros cumple con los requerimientos al 100% o al menos al 67%.

Palabras claves: Evaluación, calidad, material pétreo, asfalto, estándares, parámetros.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El hombre desde el inicio de las primeras civilizaciones, se enfrentó a la necesidad de comunicarse y trasladarse de un sitio a otro para satisfacer y completar algunas de sus necesidades principales, destacándose la búsqueda de alimentos y el hallazgo de muchas fuentes de materia prima que le sirvieron para la creación de inventos. Se dice que los romanos construyeron una red de vías de comunicación, mediante caminos y calzadas que consolidaron poblaciones y permitieron su expansión territorial. Así pues, es racional deducir que la construcción de una red vial sin importar lo rústica que haya sido, fue uno de los pilares de desarrollo y colonización romana.

En Perú, el crecimiento de infraestructura vial se ve afectado principalmente por su difícil condición económica, generando dificultades al disponer de recursos para los desembolsos que permitan el diseño, construcción, rehabilitación y mantenimiento de las vías. Si se hace un pequeño recorrido por las carreteras de nuestro país se puede ver claramente que están constituidas por capas de rodadura de tipo asfáltico (pavimento flexible), siendo esta una de las alternativas más económicas que a su vez cuentan con propiedades de elasticidad que dan confort y un mejor servicio para el tránsito de sus usuarios. Se hace necesario señalar que dicha capa de rodadura está compuesta por una combinación de agregados pétreos que servirá de aglutinante para formar el conglomerado final y en ocasiones se da la inclusión de fuentes innovadoras como material sustituto en ciertos porcentajes de los materiales tradicionales. Este último puede ayudar a mejorar las condiciones físicas, colaborar con una posible disminución en los costos de producción para la mezcla y servir como nueva fuente de materia prima sostenible, favoreciendo la disminución en la explotación incontrolada de los recursos naturales. Por esas 3 razones anteriormente

mencionadas, se ha despertado un gran interés por parte de los investigadores en buscar alternativas de producción en mezclas asfálticas haciendo uso de la inclusión de nuevas alternativas como los materiales pétreos de buena calidad para adicionarlos como agregados.

Según Higuera (2012) menciona que Material natural proveniente de minas o canteras, que tiene como características el ser poco contaminante, de fácil manejo e instalación de bajo costo y muy fácil de utilizar. El Material está compuesto de Areniscas impregnadas de petróleo emulsionado, que emerge en la superficie terrestre por acción volcánica, al cual por tener todos los ingredientes del petróleo se le pueden inducir a través de diferentes tratamientos comportamientos diferentes en velocidad de rompimiento, resistencia, flexibilidad y su comportamiento en crudo es plástico. Es un producto disponible y abundante en todo el territorio nacional; se encuentra en yacimientos relativamente superficiales lo que reduce los costos de extracción.

En Cajamarca, la carretera Otuzco- Combayo es una de uno de los principales accesos que tiene la población de la región de Cajamarca, donde una población de 78823 habitantes se transportan todos los días y una cantidad de vehículos aproximadamente de 47950, que a diario transitan por sus vías, es imperdonable que sus arterias vitales se encuentren en mal estado.

Es así que los materiales pétreos hoy en día son de vital importancia para la construcción de carreteras, ya que, si estos cumplen con todas las normas técnicas nacionales e internacionales evitarían anualmente la pérdida de millones de soles de inversión en el ámbito nacional; es por ello que las estrategias encaminadas a la utilización de materiales pétreos de buena calidad conllevan una serie de acciones, preventivas y correctivas, que

abarcan medidas tanto estructurales como no estructurales para la construcción de carreteras, ya que la población mundial crece a ritmo casi exponencial, nada más que en Perú, la población ha crecido 31 millones 237 mil 385 personas (INEI, 2018). Las consecuencias sobre el territorio son directas, ya que conduce a una expansión tanto en las grandes urbes como en las zonas rurales, ejerciendo en mayor o menor medida, una presión sobre el territorio que conlleva a la construcción de nuevas vías de acceso las cuales cumplan con normas nacionales e internacionales.

Sánchez y Belmonte (2013). Menciona que los materiales pétreos deben verificar con el cumplimiento de las normas internacionales y nacionales, a los agregados se les debe realizar una serie de ensayos de laboratorio, los cuales son: Equivalente de Arena (ASTM D-2419 AASHTO T176-00), Desgaste en la máquina de los ángeles (MTC E 207 ASTM C 131 AASHTO T96), Durabilidad al sulfato de sodio y magnesio (MTC E 209 ASTM C88 AASTHO T 104), Índice de aplanamiento y de alargamiento (MTC E221 ASTM D 4791- 99 AASHTO M 147-65), Porcentaje de caras fracturadas en los agregados (MTC E-210 ASTM D 5821). Posterior a ello menciona que los materiales pétreos que pasen dichas pruebas son aptos para ser utilizados en una carretera que servirá para uso público.

En este sentido, se justifica el enfoque que se le da al presente trabajo de investigación, como obtención de las propiedades físicas, mecánica, mineralógicas de los materiales pétreos usados para la elaboración de asfalto en función a los estándares de las normas técnicas nacionales e internacionales ASTM C – 295. Y, sobre todo, determinar si muestras analizadas son favorables para la elaboración de asfalto.

Por otra parte, Chavarro y Molina (2015) en su tesis, evaluación de alternativas de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito, donde identifico 5 tipos de

materiales pétreos para utilizar en la construcción de carreteras; determinando para esto su grado de granulometría y resistencia. Con la finalidad de generar datos medibles y comprobables se ha planteado como objetivo general: Evaluar las propiedades físicas, mecánica, mineralógicas de los materiales pétreos usados para la elaboración de asfalto en la carretera Otuzco – Combayo y que sirva como insumo para implementación de la construcción de carreteras que perduren en el tiempo y sean de bajo costo mediante la difusión de estos resultados.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad de los materiales pétreos usados para la elaboración de asfalto en la carretera Otuzco – Combayo, 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de materiales pétreos para la elaboración de asfaltos, estos en la carretera Otuzco – Combayo, Cajamarca – 2020.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el cálculo de volúmenes de agregados para la elaboración de asfalto en la carretera Otuzco – Combayo.
- Evaluar las propiedades físicas, mecánica y químicas de los materiales pétreos usados para la elaboración de asfalto en la carretera Otuzco – Combayo, durante el año 2020.
- Determinar si las muestras analizadas son favorables o desfavorables para la elaboración de asfalto en la carretera Otuzco – Combayo, durante el año 2020.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Mediante la evaluación de la calidad de materiales pétreos para la elaboración de asfalto estos son favorables para la utilización en la carretera Otuzco – Combayo, Cajamarca – 2020.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Según su fin, la investigación es aplicada ya que busca conocer las características de los materiales pétreos, alcance, la investigación es correlacional porque se estudió la relación entre la calidad de materiales pétreos y la elaboración de asfalto. El enfoque, es cuantitativa ya que se procesan datos de obtenidos en laboratorio. El diseño es No experimental ya que no se modifican las variables. (Oblitas 2018).

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Material pétreo extraído para la elaboración de asfalto para la carretera Otuzco – Combayo.

2.2.2. Muestra

Seis muestras de 5 Kg de materiales pétreos para la elaboración de asfalto para la carretera Otuzco – Combayo.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas:

- Observación directa.
- Análisis documental

2.3.2. Instrumentos:

- Fichas de observación
- Fichas de muestreo.
- Cuaderno de campo.

- GPS (Garmin).

2.4. Procedimiento

Para la elaboración de este proyecto, se ejecutaron 3 etapas básicas, las cuales están clasificadas en: etapa de pre campo, etapa de campo y etapa de post campo.

2.4.1. Etapa de pre campo

En esta etapa se realizó la revisión, selección y recopilación de información, considerando otras tesis como antecedentes, teorías y revistas relacionadas a las palabras clave de la investigación. Se seleccionaron 16 documentos de las siguientes fuentes que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 *Número de Artículos utilizados.*

Fuente	Número de Artículos
Google Académico	10
Redalyc	3
Ebsco	3

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Los criterios de selección y depuración de bibliografía se hicieron de acuerdo al tiempo, no mayor a cinco años, palabras clave.

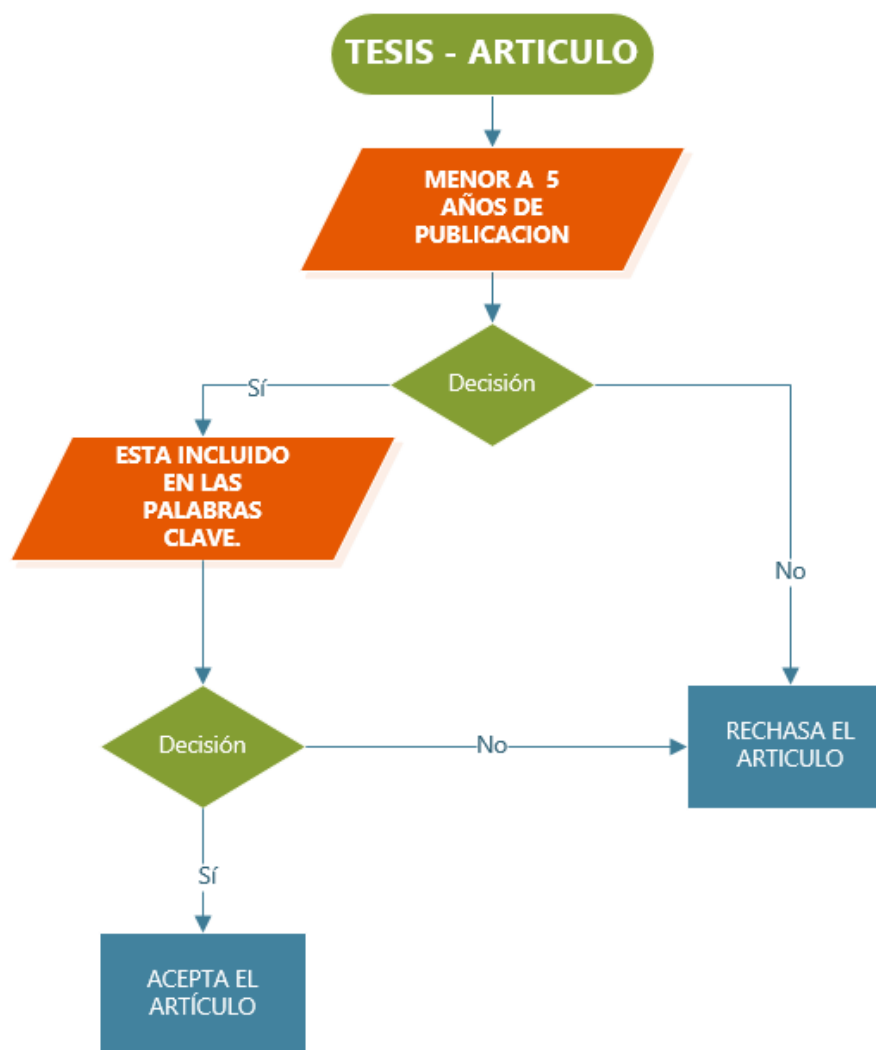


Figura 1. Criterios de selección.

Debemos mencionar que en la etapa de pre campo se ha revisado material bibliográfico y fotos satelitales las cuales ayudaron para definir las áreas de toma de muestra, así mismo se tuvo que hacer un análisis minucioso de la norma N·CMT·4·04 la cual menciona los requisitos de granulometría del material pétreo para carpetas asfálticas.

2.4.2. Etapa de campo

En la etapa de campo se procedió a la toma de muestra de tres canteras las cuales tienen un material proveniente de depósitos aluviales y coluviales. Así mismo se

pudo saber que las tres canteras están ubicadas antes de llegar al centro poblado Otuzco, donde se han realizado los estudios de granulometría, valor de densidad, el desgaste por abrasión, las partículas chatas (lajeadas) y alargadas, equivalentes de arena. Todos estos ensayos ayudaran a definir si el material es adecuado para el asfalto de la carretera.

Tabla 2 Descripción Muestra N° 1.

Coordenadas UTM-WGS 84	Descripción	Foto
N: 9210528.00 E: 779666.00	Fue tomada de la cantera N°1 en la cual se puede apreciar Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, las cuales tiene una densidad relativa de 2,218 lo cual indica que es apto y también mencionar que en la prueba desgaste por abrasión en la máquina muestra un valor de 29,5 que el material es apto.	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 3 Descripción Muestra N° 2.

Coordenadas UTM-WGS 84	Descripción	Foto
N: 9211995.00	Fue tomada de la cantera N°2 en la cual se puede apreciar Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, las cuales tiene una densidad relativa de 1,47 lo cual indica que es no apto y también mencionar que en la prueba desgaste por abrasión en la	

máquina muestra un valor de 27 que el material es apto.

E: 781611.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 4 Descripción Muestra N° 3.

Coordenadas UTM-WGS84	Descripción	Foto
N: 9213008.00 E: 783403.00	Fue tomada de la cantera N°3 en la cual se puede apreciar Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, las cuales tiene una densidad relativa de 2,405 lo cual indica que es apto y también mencionar que en la prueba desgaste por abrasión en la máquina muestra un valor de 39,9 que el material es no apto.	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.4.3. Etapa de post campo

Ubicación

El proyecto está ubicado en las inmediaciones de la vía que comunica la ciudad de Cajamarca con el centro poblado de Otuzco. Este mismo se encuentra al noroeste y a 8 km de la ciudad condal.

El proyecto consta de tres sub-ubicaciones de las cuales se han extraído las muestras. Estas se encuentran en puntos clave de los tramos de la vía de comunicación; y, son detallados a partir de los puntos GPS obtenidos in situ con el sistema de coordenadas

Universal Transversal de Mercator (UTM) - WGS84. Los puntos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5 Puntos de ubicación.

Vértices	Coordenadas UTM - WGS 84	
	Este	Norte
1	779666.00	9210528.00
2	781611.00	9211995.00
3	783403.00	9213008.00

Nota, se utilizó las coordenadas UTM – WGS 84.

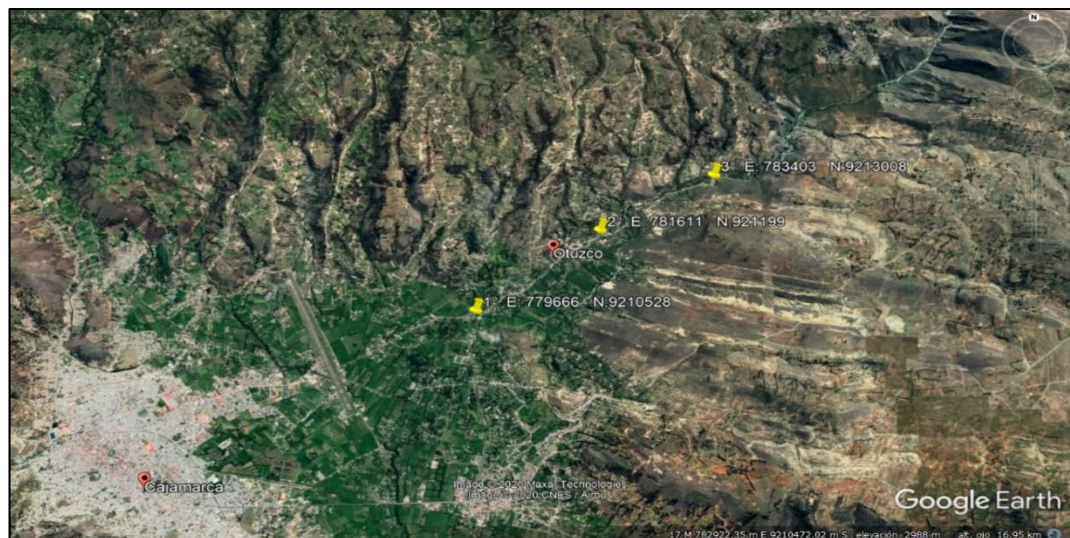


Figura 2. Ubicación Geográfica del proyecto en estudio.

Fuente: Google Earth.

Accesibilidad

El proyecto en mención se encuentra en el centro poblado de Otuzco, para ello existen dos opciones de ingreso. La primera, se enfoca en ingresar desde la misma ciudad de Cajamarca, partiendo por la avenida Hoyos Rubios directamente, hasta el aeropuerto de la ciudad por vía asfaltada, siguiendo al noroeste de la misma por la misma vía, pero sin asfaltar (trocha carrozable), finalmente, después de 25 minutos aproximadamente se llega a la ciudad de Otuzco. La segunda opción, es partir desde

el distrito de Baños del Inca, siendo el único acceso a través de una trocha carrozable (sin asfaltar), a través de la cual se podrá llegar directamente al destino en 15 minutos aproximadamente.

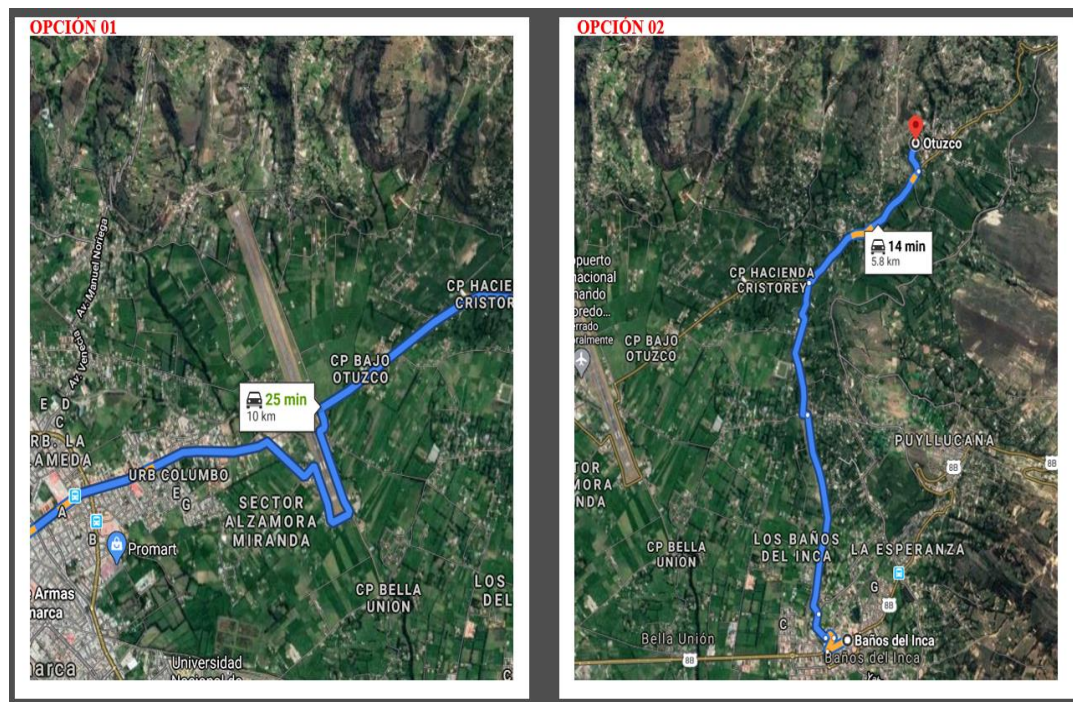


Figura 3. Accesibilidad a la zona de estudio.
Fuente: Google Earth.

Geología

En el área de estudio, tenemos presente un conjunto de anticlinales y sinclinales, que siguen un rumbo andino, de pliegues amplios y alargados. Al sector SE del área de estudio abundan los pliegues tumbados y recostados. Los pliegues están cubiertos por rocas piroclásticas y tobas LC de la Formación Huambo. Las estructuras poseen una orientación NW-SE con una clara inclinación al oeste y es transversal al corredor estructural Chicama - Yanacocha.

Los pliegues son el resultado de fuertes esfuerzos tectónicos de direcciones NE-SW de edad post-Cretácica que se desarrollarán durante la fase orogénica Inca, que

afectó prácticamente a todos los sedimentos Cretácicos en Perú. Los pliegues y fallas se desarrollaron durante la fase compresiva.

Geología local

Formación Pariatambo

Litología: Está compuesta por una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, además, estratos calcáreos con nódulos silicios y dolomíticos.

Distribución: Yace sobre la Formación Chulec con una suave discordancia a la formación Yumagual. Consta de una potencia de 150 a 200 m. Tiene como límite la formación Chulec y la cuenca del río Chonta.

Formación Yumagual

Litología: En la zona de estudio se pudo apreciar un afloramiento de margas y calizas gris, destacando un tono medio lutáceo margoso amarillento.

Distribución: Suprayace a la formación Pariatambo, e infrayace a la formación Mujarrún. Se pudo apreciar que aflora en el cauce del río Chonta.

Formación Celendín

Litología: Se pudo apreciar en la zona que está compuesta de una intercalación de lutitas, margas y calizas delgadas de color claro, que en superficie estaban con un color amarillento por la misma acción del intemperismo, además se pudo encontrar bastantes fósiles.

Distribución: Supra yace a la formación Cajamarca e infra yace a la formación Chota.

Geología regional

En la zona de estudio se puede apreciar al Grupo Goyllarisquizga, se inició en la zona andina la formación de una cuenca al oeste que fue cubierta por el mar y al este un geoanticlinal que no fue cubierto depositándose en la cuenca más de 1000 m. de sedimentos Chicama. Si bien el mar cubría algunos sectores de la cuenca, este no fue profundo, por lo que casi toda la acumulación clástica es deltaica o playera, excepción de las calizas de la formación santa, que si representan una considerable profundización del mar, mientras la plataforma permaneció prácticamente emergida. Afines del Aptiano y comienzos del Albiano, la cuenca y plataforma, empezaron a hundirse, invadiendo decididamente el mar a la cuenca y en forma progresiva al geoanticlinal, cubriendo totalmente recién en el Albiano Medio, en estas circunstancias, se depositaron los niveles calcáreo-arenosos de la Formación Inca, seguido de las calizas Chúlec y Pariatambo dentro de la cuenca, y simultáneamente estas dos últimas las margas de la Formación Crisnejas en la plataforma (Muñoz, 2018).

Con respecto a las deformaciones existentes en la zona (Muñoz, 2018) afirma lo siguiente: La deformación compresiva principal de los sedimentos de la cuenca en el área sucedió a comienzos del terciario, después de la deposición de la formación Chota, plegándolos intensamente y ocasionando estructuras de corrimiento a nivel de las lutitas Chicama, sobre el flanco occidental del geoanticlinal del marañón, el que reacciono con una serie de fallas de alto ángulo ondulado suavemente su cobertura.

Por otro lado, se puede apreciar las formaciones del grupo Calipuy. Una intensa actividad magmática efusiva e intrusiva durante el terciario inferior y medio,

representada por más de 2000 m de rocas volcánicas del Grupo Calipuy, dando también origen a la mayoría de los cuerpos intrusivos del batolito de la costa, que en el área en estudio aflora por determinadas zonas.

Geomorfología

Nuestra zona de estudio contempla una geomorfología variada, esto se debe a que tenemos diferentes tipos de formaciones geológicas, las cuales se comportan de manera diferente ante los agentes geológicos externos.

Depósitos fluviales:

En la zona se pudo apreciar muchos depósitos clásticos cuaternarios, clasificados en fluviales, los cuales han encontrado en los lechos de los ríos. Los materiales lacustres involucran todos los materiales depositados casi horizontalmente en pequeñas cuencas ocupadas anteriormente por lagunas. Estos depósitos se encuentran en diferentes lugares y niveles, dispuestos en bancos sub-horizontales constituidos por material fino areno-arcilloso, a los que algunas veces se intercalan lentes de gravas y delgados conglomerados. Estos depósitos se hallan en la Pampa de la Culebra, Pampa de Polloc, entre el pueblo de Cajamarca y los Baños del Inca, pampas de Tintac y Sumbatillo y los pueblos de Namora, Matara, San Marcos, Ichocán y Cajabamba. Dentro de los depósitos aluviales se han considerado los materiales con poco transporte y en los fluviales las diferentes terrazas dejadas por los ríos.



Figura 4. Depósitos fluviales.

Meandros:

Éste marca la curvatura de un río, debido a que la topografía, y con ello hay depositación de materiales.



Figura 5. Meandro en el río Chonta.

Lomadas:

En la zona de estudio se pueden encontrar muchas lomadas, las cuales se caracterizan por tener superficies redondeadas de material arcilloso.

Laderas:

Se encuentran laderas con una pendiente de 35-45° grados, las cuales se encuentran constituidas por depósitos coluviales, provenientes de la formación Pariatambo y Yumagual. Estas laderas presentan poca estabilidad.

Análisis geotécnico

Para el análisis geotécnico se realizaron los ensayos: contenidos de humedad natural, granulometría, límite líquido y límite plástico, densidad, abrasión, chatas alargadas, equivalente arena, durabilidad, con el fin de determinar si las características de los materiales son apropiadas para el diseño de asfalto.

Tabla 6 Normas de clasificación.

Análisis granulométrico	Norma ASTM-D422
Límite líquido	Norma ASTM-D423
Límite plástico	Norma ASTM-D424
Humedad natural	Norma ASTM-D2216
Clasificación de suelos	Norma ASTM-D2487
Densidad	Norma ASTM-C127
Abrasión	Norma MTC-E207
Chatas alargadas	Norma MTC-E221
Equivalente arena	Norma MTC-E114
Durabilidad	Norma AASHTO- T104

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Laboratorio

Que los datos se obtuvieron de los siguientes protocolos, dados por el laboratorio Kaolin Ingenieros S.A.C.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente capítulo se darán a conocer en primer lugar el cálculo del volumen de los agregados, luego se dará a conocer los análisis obtenidos de los materiales muestreados en las canteras C – 01, C – 02 y C – 03.

Básicamente, el estudio se enfoca en analizar la calidad del material pétreo encontrado, para que, en función a la normativa vigente, pueda ser contrastado con las hipótesis planteadas y a la vez desarrollar el probable diseño asfáltico de acuerdo a las condiciones geomorfológicas y litológicas.

Secuencialmente se darán a conocer las normativas (*N·CMT·4·04, materiales para pavimentos / Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*) y manuales vigentes (*de acuerdo a su requerimiento*), para dar a conocer los requerimientos máximos y mínimos que se necesitan para poder elaborar el asfalto con el material pétreo, posteriormente se darán a conocer los resultados encontrados en el laboratorio y según el condicional activado del cumplimiento de calidad en comparación con los estándares se procederá a describir el cumplimiento o no del material para su uso industrial.

3.1. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LAS CANTERAS.

➤ RESERVAS DE LA CANTERA.

Es el volumen o cantidad de material de un determinado área o sector que cumple con las características para su extracción, su cálculo se basa en estudios preliminares como exploración, topografía, estudio de suelos, características del material, etc. (Bernaldo, 2016 p.46).

➤ **CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS.**

Para la reserva probada. - Se tiene en cuenta la excavación de calicatas (Estratigrafía del suelo).

Para la reserva probable. - Se infiere 1 metro más de profundización, pudiendo existir mayor cantidad de material como reservas prospectivas y potenciales a medida mayores exploraciones de detalle (Bernaldo, 2016 p.46).

➤ **ESTIMADO DE LA RESERVA.**

- **Para el bloque probado**

$$\text{Reserva 1} = A * P1$$

Dónde:

A: área del sector según topografía

P1: Profundidad probada según las calicatas.

- **Para el bloque probable**

$$\text{Reserva 2} = A * P2$$

Dónde:

A: área del sector según topografía

P2: Profundidad probable (Bernaldo, 2016 p.46).

- **Reserva total:**

$$\text{Reserva Total} = \text{Reserva 1} + \text{Reserva 2}$$

✚ **CALCULO DE RESERVA DE CANTERA N° 1**

- **Para el bloque probado**

$$\mathbf{Reserva\ 1 = A * P1}$$

$$R1 = 13420\ m^2 * 3\ m$$

$$R1 = 40260\ m^3$$

- **Para el bloque probable**

$$\mathbf{Reserva\ 2 = A * P2}$$

$$R2 = 13420\ m^2 * 4\ m$$

$$R2 = 53680\ m^3$$

- **Reserva total:**

$$\mathbf{Reserva\ Total = Reserva\ 1 + Reserva\ 2}$$

$$RT = 40260\ m^3 + 53680\ m^3$$

$$RT = 93940\ m^3$$

CALCULO DE RESERVA DE CANTERA N° 2

- **Para el bloque probado**

$$\mathbf{Reserva\ 1 = A * P1}$$

$$R1 = 11156\ m^2 * 3,5\ m$$

$$R1 = 39046\ m^3$$

- **Para el bloque probable**

$$\mathbf{Reserva\ 2 = A * P2}$$

$$R2 = 11156\ m^2 * 4,5\ m$$

$$R2 = 50202\ m^3$$

- **Reserva total:**

$$\mathbf{Reserva\ Total = Reserva\ 1 + Reserva\ 2}$$

$$RT = 39046\ m^3 + 50202\ m^3$$

$$RT = 89248\ m^3$$

CALCULO DE RESERVA DE CANTERA N° 3

- Para el bloque probado

$$\mathbf{Reserva\ 1 = A * P1}$$

$$R1 = 11494\ m^2 * 2,80\ m$$

$$R1 = 32183,2\ m^3$$

- Para el bloque probable

$$\mathbf{Reserva\ 2 = A * P2}$$

$$R2 = 11494\ m^2 * 3,8\ m$$

$$R2 = 43677,2\ m^3$$

- Reserva total:

$$\mathbf{Reserva\ Total = Reserva\ 1 + Reserva\ 2}$$

$$RT = 32183,2\ m^3 + 43677,2\ m^3$$

$$RT = 75860,4\ m^3$$

3.2. Análisis Granulométrico

Los estándares de calidad según la Norma N·CMT·4·04, Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas, en el apartado donde menciona los *requisitos de granulometría del material pétreo para carpetas asfálticas*, para ello se está considerando un número de ejes

equivalente (ESAL), de acuerdo con el tipo de vehículo que transita por la zona, según la siguiente figura.

Tipo de Vehículo	Carga por eje (Kips)	Tipo de eje	Volumen de tráfico diario	Factor de Crecimiento	Tránsito de Diseño	Factor de Camion TF	N° de ESALs
Automoviles vagoneras	4	Simple	850	24.3	7539075	0.69	5201962
Otros livianos'							
Microbuses camion pequeño'	10	Simple	440	24.3	3902580	0.69	2692780
Bus y camion mediano	16	Simple	260	24.3	23606070	0.69	1591188
Bus -Grande	34	Tandem	230	24.3	2039985	0.69	1407590
Camion Semiremolque	36	Tandem	240	24.3	2128680	0.69	1468789
Camion Semiremolque	48	Tridem	196	24.3	1738422	0.69	1199511
Totales			2216				13561820

Total, de Ejes Equivalentes: 10, 893,520.00

Figura 6. Tabla de EE.

Se puede observar que a medida que transiten vehículos más pequeños la repetición de ejes equivalentes será mayor, puesto que, de acuerdo a las condiciones de la vía para la cual se prepara el asfalto, se consideran desde motos lineales hasta buses grandes (con frecuencia casi nula pero existente), proyectando los ejes equivalentes a 10, 893,520.00 y, por lo tanto, se tiene el criterio para utilizar la granulometría con la intensidad de ESAL para tal cantidad y por ende la tabla adecuada.

En tanto, la tabla adecuada para el estudio y el análisis de acuerdo con la granulometría será la siguiente: * *Requisitos de granulometría del material pétreo para carpetas asfálticas (Para $\Sigma L > 10^6$)* *

3.2.1. Cantera 01

Se ubica antes de llegar al centro poblado de Otuzco, para ello se muestran sus coordenadas.

Tabla 7 *Coordenadas cantera 1 (C – 01).*

PUNTO DE MUESTREO	Coordenadas UTM - WGS 84	
	Este	Norte
CANTERA 01	779666.00	9210528.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 8 *Estándar de granulometría para EE mayores a 10⁶ y estandarizada para las tres canteras*

Malla	Tamaño nominal del material pétreo mm (in)	Porcentaje que pasa										
		9,5 (3/8)	12,5 (1/2)	19 (1/4)	25 -1	37,5 (1 1/2)	47,5 (1 3/4)	60 (2 1/4)	75 (3)	100 (4)	150 (6)	
Abertura mm	Designación											
50	2"	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	
37,5	1 1/2"	0	0	0	0	0	0	100	100	90	100	
25	1"	0	0	0	0	100	100	90	100	74	90	
19	3/4"	0	0	100	100	90	100	79	90	62	79	
12,5	1/2"	100	100	90	100	72	90	58	71	46	60	
9,5	3/8"	90	100	76	90	60	76	47	60	39	50	
6,3	1/4"	70	81	56	69	44	57	36	46	30	39	
4,75	Nº4	56	69	45	59	37	48	30	39	25	34	
2	Nº10	28	42	25	35	20	29	17	24	13	21	
0,85	Nº20	18	27	15	22	12	19	9	16	6	13	
0,425	Nº40	13	20	11	16	8	14	5	11	3	9	
0,25	Nº60	10	15	8	13	6	11	4	9	2	7	
0,15	Nº100	6	12	5	10	4	8	2	7	1	5	
0,075	Nº200	2	7	2	6	2	5	1	4	0	3	

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 9 *Resultados de laboratorio (C – 01).*

MALLA	ABERTURA	PESO RETENIDO	% PESO PARCIAL	% PESO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.8	1002	4.8	4.8	95.2
1 1/2"	38.1	1044	5	9.77	90.2
1"	25.4	1879	9	18.7	81.3
3/4"	19	1213	5.8	24.5	75.5
1/2"	12.5	1662	7.9	32.5	67.5

3/8"	9.5	1204	5.7	38.2	61.8
1/4"	6.5	1210	6.7	43.2	55.8
N°4	4.75	2649	12.6	50.9	49.1
N°10	2	23	1.5	59.6	40.4
N°20	0.84	54.1	3.5	67.4	32.6
N°40	0.425	62.2	4	75.6	24.4
N°60	0.177	87.8	5.7	85.7	14.3
N°100	0.15	30.9	2	87.7	12
N°200	0.075	55.6	3.6	91.4	8.6

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 20 Resultado de la comparación granulométrica estandarizada y la de laboratorio (C – 01).

MALLA	CONDICIONANTES				
	9,5 (3/8)	12,5 (1/2)	19 (1/4)	25 -1	37,5 -1 1/2
2"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1 1/2"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	APTO	NO APTO
3/4"	NO APTO	APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1/2"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
3/8"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	APTO
1/4"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	APTO
N°4	NO APTO	NO APTO	APTO	NO APTO	NO APTO
N°10	APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°20	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°40	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°60	APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°100	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°200	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 31 Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 01).

TAMAÑO DEL MATERIAL	9,5 (3/8)	12,5 (1/2)	19 (1/4)	25 -1	37,5 -1 1/2
APTOS	2	1	1	1	2
NO APTOS	12	13	13	13	12
TOTAL	14	14	14	14	14

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 12 Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado, porcentaje y probabilidad (C – 01).

TAMAÑO DEL MATERIAL	9,5 (3/8)	12,5 (1/2)	19 (1/4)	25 -1	37,5 -1 1/2
APTOS (%)	14%	7%	7%	7%	14%
NO APTOS (%)	86%	93%	93%	93%	86%
TOTAL (%)	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Nota, la interpretación de los gráficos y tablas será de acuerdo con los requerimientos granulométricos de la norma.

3.2.2. Cantera 02

Se ubica antes de llegar al centro poblado de Otuzco, para ello se muestran sus coordenadas.

Tabla 43 Coordenadas cantera 2 (C – 02).

PUNTO DE MUESTREO	Coordenadas UTM - WGS 84	
	Este	Norte
CANTERA 02	781611.00	9211995.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 14 Resultados de laboratorio (C – 02).

MALLA	ABERTURA	PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50	0	0	100
1 1/2"	37,5	0	0	100
1"	25	0	0	100
3/4"	19	0	0	100
1/2"	12,5	0	0	100
3/8"	9,5	0	0	100
1/4"	6,3	1300	4.3	95.7
N°4	4,75	2420	8	92
N°10	2	126.4	42	58
N°20	0,85	161.1		
N°40	0,425	239.3	72.3	27.7

N°60	0,25	269.5	80.5	19.5
N°100	0,15	310.7	91.5	8.5
N°200	0,075	335.5	98.2	1.8

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 15 Resultado de la comparación granulométrica estandarizada y la de laboratorio (C – 02).

MALLA	CONDICIONANTES				
	9,5	12,5	19	25	37,5
	(3/8)	(1/2)	(1/4)	-1	-1 1/2
2"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1 1/2"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	APTO	APTO
3/4"	NO APTO	APTO	APTO	NO APTO	APTO
1/2"	APTO	NO APTO	APTO	NO APTO	NO APTO
3/8"	APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1/4"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°4	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°10	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°20	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°40	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°60	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°100	APTO	NO APTO	APTO	NO APTO	NO APTO
N°200	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 56 Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 02).

MALLA	9,5	12,5	19	25	37,5
	(3/8)	(1/2)	(1/4)	-1	-1 1/2
APTOS	3	1	3	1	2
NO APTOS	11	13	11	13	12
TOTAL	14	14	14	14	14

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 67 Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 02).

MALLA	9,5	12,5	19	25	37,5
	(3/8)	(1/2)	(1/4)	-1	-1 1/2
APTOS (%)	21%	7%	21%	7%	14%

NO APTOS (%)	79%	93%	79%	93%	86%
TOTAL (%)	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

3.2.3. Cantera 03

Se ubica antes de llegar al centro poblado de Otuzco, para ello se muestran sus coordenadas.

Tabla 78 *Coordenadas cantera 3 (C – 03).*

PUNTO DE MUESTREO	Coordenadas UTM - WGS 84	
	Este	Norte
CANTERA 03	783403.00	9213008.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 198 *Resultados de laboratorio (C – 03).*

MALLA	ABERTURA	PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50	0	0	100
1 1/2"	37,5	0	0	100
1"	25	0	0	100
3/4"	19	1185	2.7	97.3
1/2"	12,5	15075	34.2	65.8
3/8"	9,5	23015	52.2	47.8
1/4"	6,3	31120	70.5	29.5
N°4	4,75	35990	81.6	18.4
N°10	2	87.1	97.9	2.1
N°20	0,85	90	98.4	1.6
N°40	0,425	92.9	99	1
N°60	0,25	94.4	99.2	0.8
N°100	0,15	95.8	99.5	0.5
N°200	0,075	97.3	99.8	0.2

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 90 Resultado de la comparación granulométrica estandarizada y la de laboratorio (C – 03).

MALLA	CONDICIONANTES				
	9,5	12,5	19	25	37,5
	(3/8)	(1/2)	(1/4)	-1	-1 1/2
2"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1 1/2"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	APTO	APTO
3/4"	NO APTO	APTO	NO APTO	NO APTO	APTO
1/2"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
3/8"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
1/4"	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°4	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°10	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°20	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°40	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°60	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°100	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
N°200	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 101 Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 03).

MALLA	9,5	12,5	19	25	37,5
	(3/8)	(1/2)	(1/4)	-1	-1 1/2
APTOS	0	1	0	1	2
NO APTOS	14	13	14	13	12
TOTAL	14	14	14	14	14

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Tabla 112 Resultado de la cantidad de tamices aptos según tamaño estandarizado (C – 03).

MALLA	9,5	12,5	19	25	37,5
	(3/8)	(1/2)	(1/4)	-1	-1 1/2
APTOS (%)	0%	7%	0%	7%	14%
NO APTOS (%)	100%	93%	100%	93%	86%
TOTAL (%)	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

3.3. Resultados de las densidades del material (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 23 Densidades de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3 consecutivamente.

C - 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Densidad relativa, mínimo	2.4	2.22	NO APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Densidad relativa, mínimo	2.4	1.15	NO APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Densidad relativa, mínimo	2.4	2.41	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C)

3.4. Resultados del desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 24 Abrasión de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3 consecutivamente.

C - 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles, %, máximo.	30	29.5	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles, %, máximo.	30	27	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles, %, máximo.	30	39.9	NO APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

3.5. Resultados de los ensayos con respecto a las partículas chatas (lajeadas) y alargadas de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 125 Chatas y alargadas de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.

C - 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, %, máximo	25	4.8	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, %, máximo	25	5.5	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, %, máximo	25	6.9	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

3.6. Resultados de los ensayos respecto a los equivalentes de arena de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 136 *Equivalentes de Arena de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.*

C - 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Equivalente de arena, %, mínimo.	50	29	NO APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Equivalente de arena, %, mínimo.	50	66	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).
C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Equivalente de arena, %, mínimo.	50	69	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

3.7. Resultados de los ensayos respecto al intemperismo y las pérdidas de sulfatos en magnesio y sodio de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 147 *Perdidas en sulfatos de magnesio y sodio de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.*

C - 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Perdidas en sulfato de sodio y magnesio, %, máximo.	12	2.36	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).
C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
-----------------------------------	--	---------------------------	------------

Característica	Valor	Valor	Condición
Perdidas en sulfato de sodio y magnesio, %, máximo.	12	2.6	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).
C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
-----------------------------------	--	---------------------------	------------

Característica	Valor	Valor	Condición
Perdidas en sulfato de sodio y magnesio, %, máximo.	12	2.1	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Por lo expuesto en esta sección se acepta la hipótesis general que mediante la evaluación de la calidad de materiales pétreos para la elaboración de asfalto estos son favorables para la utilización en la carretera Otuzco – Combayo, Cajamarca – 2020.

Par a realizar la estimación del cálculo de volumen de las canteras se realizó calicatas las cuales fueron de 3.0 m, 3,5m y 2,8 m. los mismos que certificaron la presencia del material probado y probable haciendo un total de 259048 m³. Un caso similar menciona Taype (2016) donde para determinar el volumen de agregados fue necesario elaborar tres calicatas con una profundidad de 1.60 m. los mismos que certificaron la presencia del material probado y probable haciendo un total de 315,767.40 m³.

Con respecto a la granulometría estandarizada para la elaboración de asfalto con materiales pétreos, se ha asignado una tabla de acuerdo con el diámetro más conocido y su total pasante a través de las diferentes aberturas de tamices, específicamente los que se han presentado en las tablas de resultados granulométricos. Se evidencia que, tanto para las C – 01, C – 02 y C – 03, se ha extraído la información de las hojas de laboratorio y se ha adecuado de acuerdo a la normativa para una mejor interpretación, además de realizar las comparaciones con cada uno de los tamaños nominales establecidos para un resultado óptimo.

La primera cantera, indica que para el primer tamaño del material pétreo (9.5 mm y 37.5), solo el (14%) cumplen con lo estandarizado, el estándar 12,5 mm solo adapta a un resultado (7%) del laboratorio, sucediendo lo mismo con los dos siguientes estándares

(19mm y 25 mm), lo que hace ver que el tamaño granulométrico de la cantera 01 no es el apropiado ya que más del 85% de granulometría no se adapta a lo estipulado por la norma. La segunda cantera (c – 02) presenta similares propiedades, teniendo a dos tamaños de material (9.5 y 19 mm) con un 21% del porcentaje pasante en las mallas estandarizadas, dos diámetros de material (12.5 y 25 mm) los cuales solo representan el 7% del pasante, y el tamaño correspondiente a (37.5 mm) que representa el 14% del pasante. Simplificando así, que la cantera 02 tampoco cumple con los estándares estipulados ya que al menos un 90% aproximadamente no cumple con lo requerido. La tercera y última cantera, representan aún más la probabilidad de no cumplir con lo establecido, ya que, de los ensayos de laboratorio y sus comparaciones, para el diámetro (9.5 y 19 mm) ningún material cumple con lo establecido teniendo un 0% de pasante con respecto al tamaño mencionado, para los diámetros (12.5 y 25 mm) tan solo un 7% corresponde al pasante y para los (37.5 mm) un 14%, nada aceptable para el uso industrial como lo es para la elaboración de asfalto para vías. Cabe señalar que, para saber si los resultados de laboratorio cumplen con lo establecido en la Norma de materiales pétreos para la elaboración de asfalto, se ha adecuado los resultados y, en base a ello se han utilizado condicionales en una plantilla Excel, de tal manera que por cada diámetro y número de malla establecido se ha podido identificar los resultados que cumplen con la normativo y se han determinado como APTOS, mientras que aquellos que no cumplen se han concretado como NO APTOS.

Las densidades de las muestras de los materiales analizados, se han comparado también con la normativa y manual de los materiales pétreos para la elaboración de asfalto, en función a ello, el valor mínimo de densidad requerido es de 2.4, en función a ello, la cantera (C – 01) presenta un valor de laboratorio correspondiente a 2.218, generando así la no

aceptación de este material, la cantera (C – 02), presenta un valor de laboratorio de 1.147, derivando directamente un valor negativo hacia lo estipulado, desvinculando así las posibilidades de ser considerado, finalmente la cantera (C – 03), muestra un valor representativo de densidad correspondiente a 2.405, cambiando la perspectiva que las dos muestras anteriores han concretado, este resultado hace que pueda ser aceptable según las características estipuladas por las normativas. En conclusión, las canteras C – 01 y C – 02 no cumplen con los estándares de calidad establecidos, quedando así descartadas para la elaboración de asfalto; mientras que la cantera (C – 01), podrá ser explotada para la elaboración del mismo, ya que, cumple con los estándares requeridos.

El tema de desgaste por abrasión, también ha sido considerado en el análisis de calidad, para ello, se establece que el porcentaje máximo de aceptación es del 30% con respecto al parámetro mencionado. Para ello, la cantera (C – 01) presenta un valor de desgaste por abrasión de 29.5%, el cual lo convierte en apto para la explotación y elaboración de asfalto; la cantera (C – 02) presenta una abrasión del 27%; convirtiéndose también aceptables para su uso industrial; y, finalmente la cantera (C – 03), la cual a través de su análisis de laboratorio presenta un resultado de 39.9%, el cual no es aceptable dentro de los estándares normativos para su uso industrial (elaboración de asfalto).

Siguiendo con las interpretaciones, también se ha desarrollado la determinación de partículas lajeadas (chatas) y alargadas para saber si cumplen con los objetivos establecidos. Para ello, la normativa a determinado que se tendrá un 25% como valor máximo para su aceptación. En tanto, las canteras (C – 01), (C – 02) y (C – 03) presentan porcentajes de 4.8%, 5.5% y 6.9% como resultados de laboratorio, pasando automáticamente a cumplir con lo establecido en la normativa, concluyendo así que, de

acuerdo con este parámetro, las tres canteras estarán perfectamente acondicionadas para ser explotadas y elaborar el asfalto.

También se ha realizado los ensayos Equivalentes de Arena del material, estipulando previamente un 50% de porcentaje mínimo aceptable en la norma. Para ello, las canteras (C – 01), (C – 02) y (C – 03) presentan porcentajes de 29%, 66% y 69% como resultados de laboratorio, interpretando así que, de acuerdo a este parámetro la primera cantera no cumple con los requisitos establecidos, mientras que las canteras 2 y 3 sí; permitiendo así, establecer que las últimas en mención si están en condiciones para elaborar el material de asfalto (ojo, solo de acuerdo a este parámetro).

Finalmente, los ensayos relacionados con el Intemperismo o la pérdida en Magnesio y Sodio, también se han desarrollado; permitiéndose establecer un valor máximo normativo de 12% para este parámetro. Por lo tanto, las canteras (C – 01), (C – 02) y (C – 03) presentan porcentajes de 2.36%, 2.6% y 2.1% como resultados de laboratorio, visualizando automáticamente que las tres canteras cumplen con los estándares establecidos y que, de acuerdo con el parámetro en mención, se puede hacer uso de este material pétreo para la elaboración de asfalto.

Las limitaciones que se tuvo es el acceso a la zona de estudio, los conflictos con las comunidades y el número de muestras para realizar la evaluación,

Se recomienda realizar un mayor número de muestras para obtener un menor margen de error y realizar el estudio de mercado para conocer la oferta y demanda de los materiales pétreos y los posibles compradores

4.2. Conclusiones

Se realizó el cálculo de los volúmenes de las canteras, siendo 93940 m³ de la cantera N°1, 89248 m³ de la cantera N°2 y 75860,4 m³ de la cantera N°3, las cuales ayudarán a abastecer para la elaboración de asfalto de la carretera Otuzco- Combayo.

Se logró determinar las propiedades físicas, mecánicas, químicas de los materiales pétreos de las tres canteras muestreados, las cuales cada una tiene ciertos criterios y parámetros por los cuales debería o no ser usada para elaborar asfalto, para ello, se han tenido en cuenta normas establecidos y resultados de laboratorio, que, a través de condicionales se ha determinado la aceptación para tales usos industriales. (Véase capítulo de discusión para más detalles).

Se ha desarrollado el análisis de los agregados (tanto en laboratorio, así como en gabinete), de acuerdo con los estándares establecidos para cada uno de los parámetros (granulometría, densidad, abrasión, equivalentes de arena, partículas chatas y alargadas y el Intemperismo (magnesio y sodio), se ha desarrollado el análisis y su posterior comparación para evaluar su aceptabilidad.

Las muestras, de acuerdo al análisis desarrollado determina que existen ciertos parámetros que cumplen con los requerimientos, para ello, se ha decidido establecer en promedios y por mayoría de estándares la inclusión o no de cada una de las muestras en función a los porcentajes sumados. A criterio personal, las muestras deberían ser aceptadas ya que la mayoría de los parámetros cumple con los requerimientos al 100% o al menos al 67%, es por ello que las tres canteras serán aptas para la fabricación de asfalto.

CUADROS DE RESUMEN DE CADA ENSAYO

Resultados del desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 24 Abrasión de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3 consecutivamente.

C - 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles, %, máximo.	30	29.5	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles, %, máximo.	30	27	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles, %, máximo.	30	39.9	NO APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Resultados de los ensayos con respecto a las partículas chatas (lajeadas) y alargadas de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 155 Chatas y alargadas de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.

C - 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, %, máximo	25	4.8	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, %, máximo	25	5.5	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Partículas chatas (lajeadas) y alargadas, %, máximo	25	6.9	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Resultados de los ensayos respecto a los equivalentes de arena de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 36 *Equivalentes de Arena de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.*

C - 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO		EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición	
Equivalente de arena, %, mínimo.	50	29	NO APTO	

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO		EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición	
Equivalente de arena, %, mínimo.	50	66	APTO	

C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO		EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición	
Equivalente de arena, %, mínimo.	50	69	APTO	

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

Resultados de los ensayos respecto al intemperismo y las pérdidas de sulfatos en magnesio y sodio de los materiales de las canteras (C – 01, C – 02 y C – 03)

Tabla 37 *Perdidas en sulfatos de magnesio y sodio de los materiales recolectados y analizados de las canteras 1, 2 y 3.*

C – 01

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Perdidas en sulfato de sodio y magnesio, %, máximo.	12	2.36	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 02

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Perdidas en sulfato de sodio y magnesio, %, máximo.	12	2.6	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

C - 03

ESTANDARES REQUERIDOS - NORMATIVA		RESULTADOS DE LABORATORIO	EVALUACIÓN
Característica	Valor	Valor	Condición
Perdidas en sulfato de sodio y magnesio, %, máximo.	12	2.1	APTO

Fuente: Resultados de laboratorio (Kaolin Ingenieros S.A.C).

REFERENCIAS

- Higuera, C. (2012). *Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio*.
Revista Facultad de Ingeniería (21)32; p. 21-40.
- Sánchez, A., & Belmonte, F. (2013). *Análisis de la reutilización de residuos procedentes de la industria del Silestone en la fabricación de mezclas asfálticas*. Granada - España: Universidad de Granada.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA). (2003). *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal*. Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA).
- Muñoz, J. I. (2018). *Modelamiento geoestructural del sinclinal Otuzco basado*. Cajamarca.
- Herrera D, Y, & Vargas T, L. (2015). “Caracterización de los materiales pétreos procedentes del río Ariari del municipio de Cubarral, Puerto Ariari – Meta”. Villavicencio – Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de:
<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/14424>
- León, O. M. (2017). “Diseño de explotación para materiales pétreos en el río Jubones de la concesión minera Sánchez”. Cuenca – Ecuador: Universidad de Azuay. Obtenido de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6855>
- Bolaños D, M. & Trejos C, A (2015). “Caracterización física de los agregados pétreos de la cantera Briceño Bajo, municipio de Pasto, Departamento de Nariño y obtención del porcentaje óptimo de asfalto para el diseño de la mezcla asfáltica mediante el método Marshall”. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. Obtenido de:

Bernal O, O. (2017) “Estudio de las propiedades y calidad de los materiales pétreos para producción de concreto estructural, extraídos de la cuenca, media del río Chinchina”. Nanizales – Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de: <http://sired.udenar.edu.co/2397/1/89748.pdf>

Tovar C, L. & Posada M, C. (2018). “Caracterización mineralógica y microestructural de los agregados pétreos perteneciente a una cantera del municipio de Guamal del departamento del meta”. Bogotá – Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/22560>

Véliz R, J. (2015). “Caracterización de materiales pétreos utilizados en las mezclas asfálticas en la ciudad de Portoviejo”. Manabí –Ecuador: Universidad Técnica de Manabí. Obtenido de: <http://186.46.160.229/handle/123456789/11460>

Coronel C, J. & Ruiz M, R. (2018). “Análisis y comparación al desgaste de material pétreo de cantera Bazán y Juancito para el uso de accesos mineros, Cajamarca 2018”. Cajamarca – Perú: Universidad Privada Del Norte. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14648/Coronel%20Campos%20Jaime%20-%20Ruiz%20Montoya%20Ricardo%20Fidel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Montoya T, D. (2017). “Importancia de los agregados pétreos para la estabilidad de carreteras en la carpeta asfáltica de la vía Chupaca roncha 2015”. Huancayo – Perú: Universidad Peruana Los Andes. Obtenido de: <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/991/DANTE%20DAVID%20MONTROYA%20TOVAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Alonso J. & Leal C. (2015). “Aplicación de ensaye de tensión indirecta en el control de calidad de las mezclas asfálticas”. México. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C. Obtenido de: https://www.smig.org.mx/admArticulos/eventos/1_Reunion_Cancun/2_XXVI_Reunion_Nacional/5_Vias_terrestres/I4ALMJ_1.pdf

Toapanta A, A. (2019). “Utilización de vidrio pulverizados y material pétreo de la cantera de Guayllabamba en el mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con asfalto AC-20, mediante la metodología superpave”. Quito – Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17643/TESIS%20Alejandro%20Toapanta%20Ayora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Benítez Barreto, A., Mauricio Zapata, K., & Araujo Garcés, E. (2015). “*Evaluación de la resistencia de una mezcla asfáltica tibia, sustituyendo en su fabricación, parte del agregado pétreo, por escoria de alto horno*”. Bogotá. Universidad Católica de Colombia. Obtenido de: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2804/1/TG_An%c3%adbal-Benites_Kevin-Zapata_Efra%c3%adn-Araujo.pdf

Pérez O, Y. (2017). “*Diseño de una guía optimizar el costo de transporte de materiales pétreos Granulares, para la ejecución de vías terciarias en la provincia del Gualivá Departamento de Cundinamarca por medio de un modelo de transporte*”. Bogotá. Universidad Católica de Colombia. Obtenido de: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14661>

- Vallejo T, J. (2015). “*Estudio de impacto ambiental de la explotación de materiales pétreos en la mina San Pablo, en la parroquia Valencia, Cantón Valencia, Provincia de los ríos, periodo 2015*”. Latacunga – Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de: <http://181.112.224.103/bitstream/27000/2705/1/T-UTC-00241.pdf>
- Rojas V, I. & Bendaña G, A. (2015). “*Evaluación de la calidad de mezcla asfáltica con emulsión y la aplicación en campo en los procesos de bacheo de las calles de Managua*”. Managua – Nicaragua: Universidad Centroamericana. Obtenido de: <http://repositorio.uca.edu.ni/1508/>
- Estrada, Y. J. (2015). “*Estudio de factibilidad para la ampliación de la microempresa de producción y comercialización de materiales pétreos surtipétreos, ubicada en la parroquia de Quironga, Cantón Cotachi*”. Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/848>
- Lara C, L. (2015). “*Explotación y comercialización de materiales pétreo en las minas del sector de mascarilla, parroquia y cantón mira, provincia del Carchi*”. Carchi – Ecuador: Instituto de Altos Estudios Nacionales. Obtenido de: <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/3919>
- Taype, E. (2016). *Diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de huayucachi*. Huancayo - Perú: Universidad nacional del centro del Perú.

ANEXOS

Anexo 01: Panel fotográfico.



Figura 7. Cantera en explotación.



Figura 8. Visita técnica a la Cantera.



Figura 9. Material acumulado



Figura 10. Retroexcavadora excavando.



Figura 11. Excavación.



Figura 12. Toma de muestra.

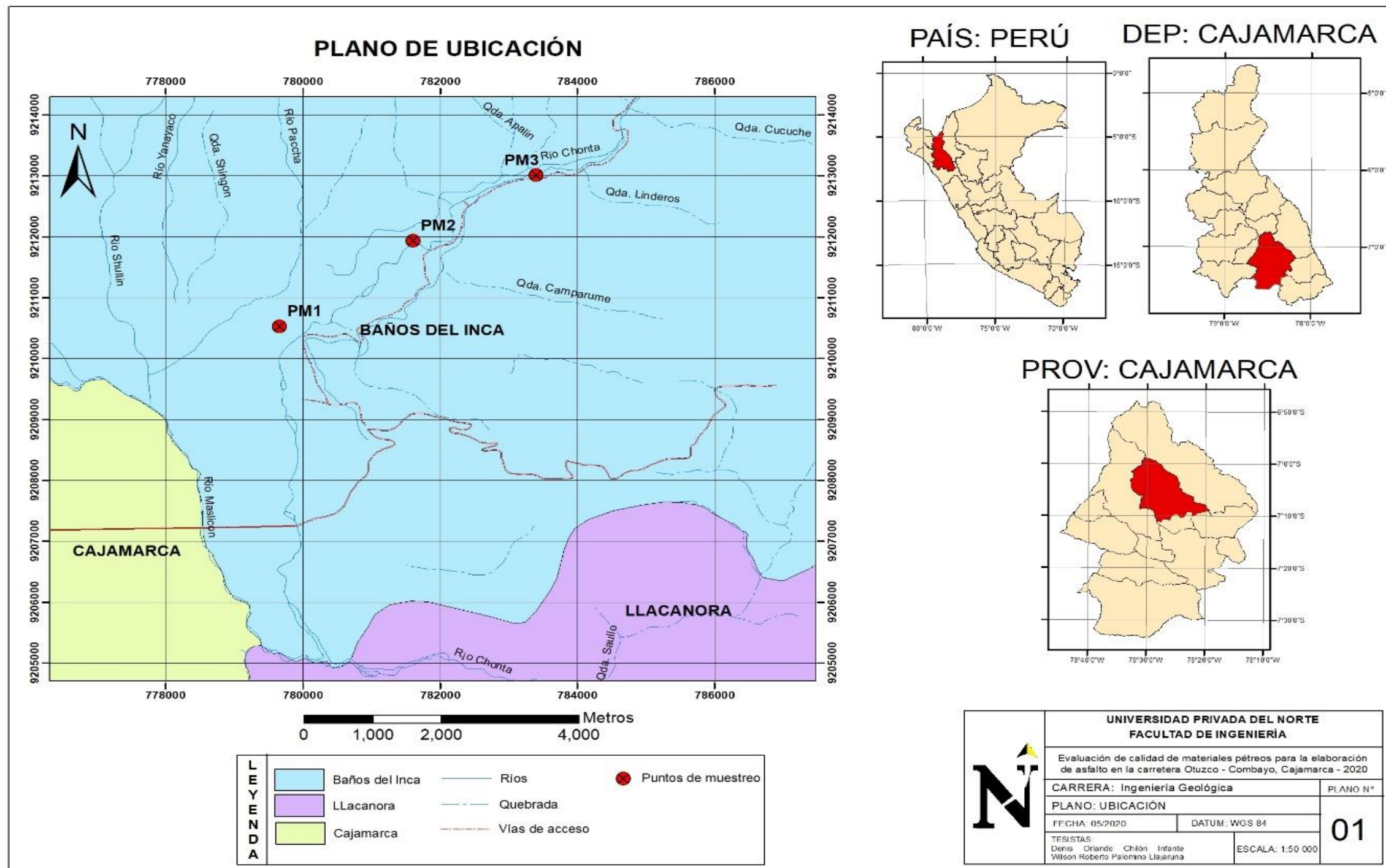


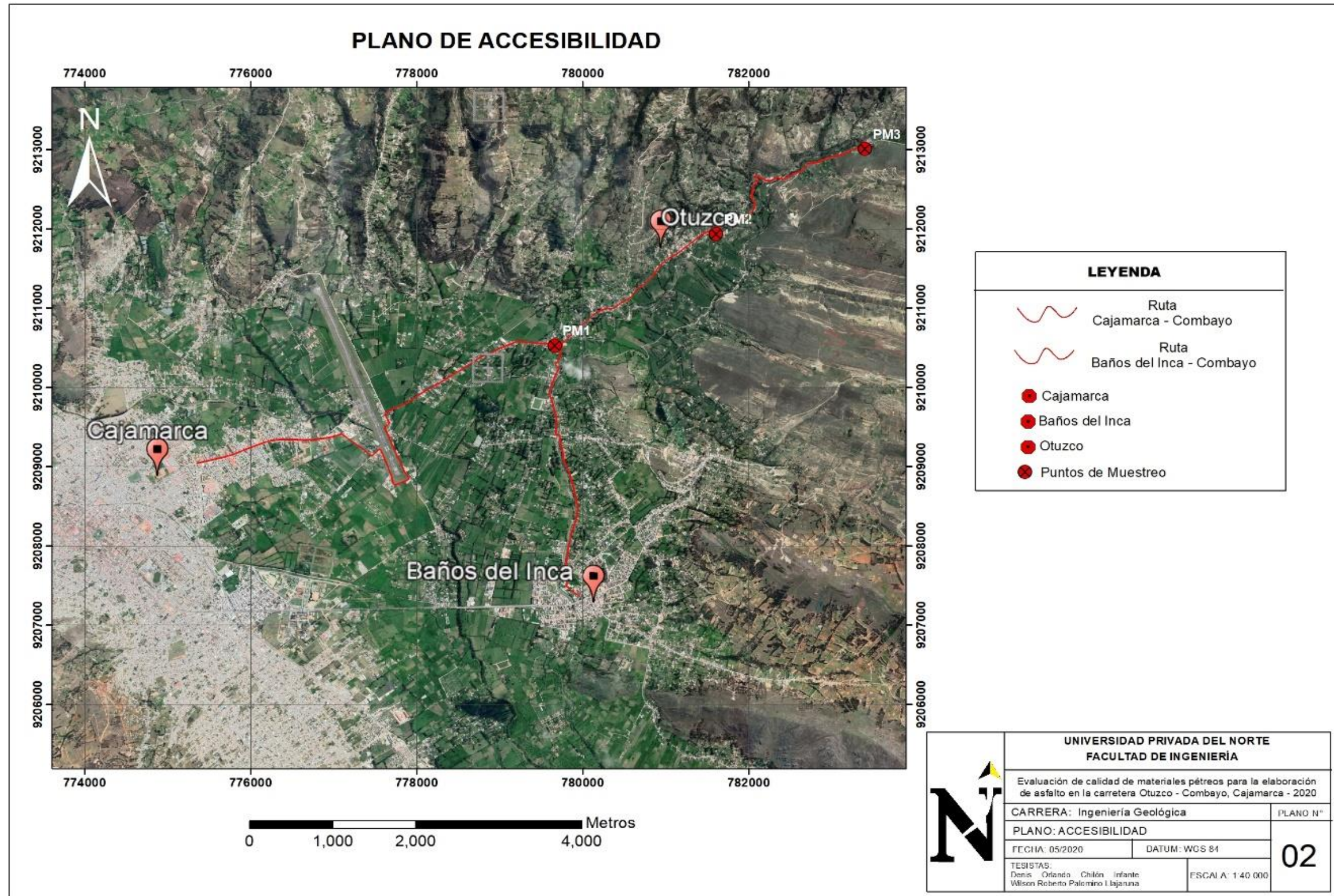
Figura 1413. Laboratorio Kaolin Ingenieros S.A.C.

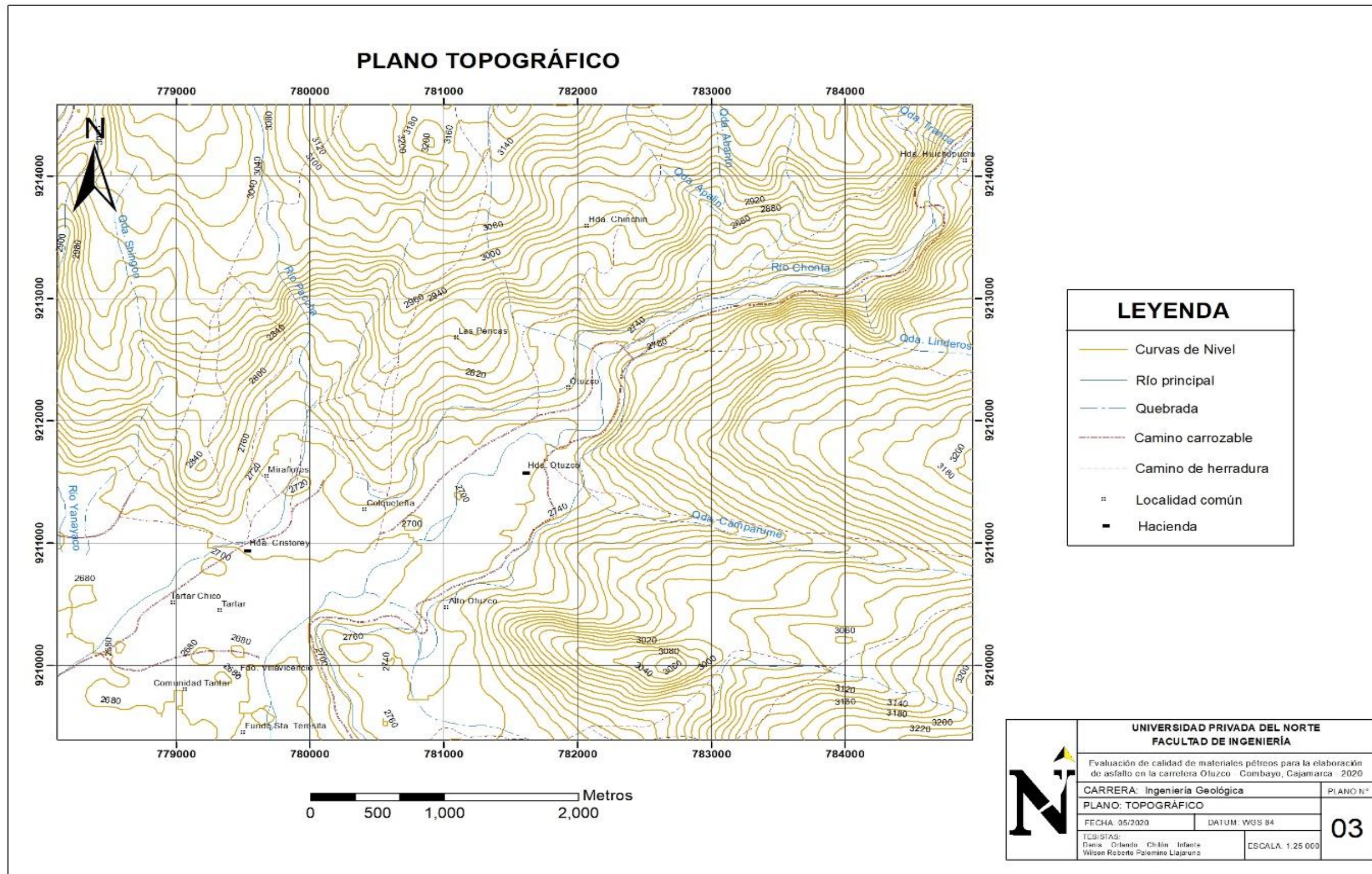


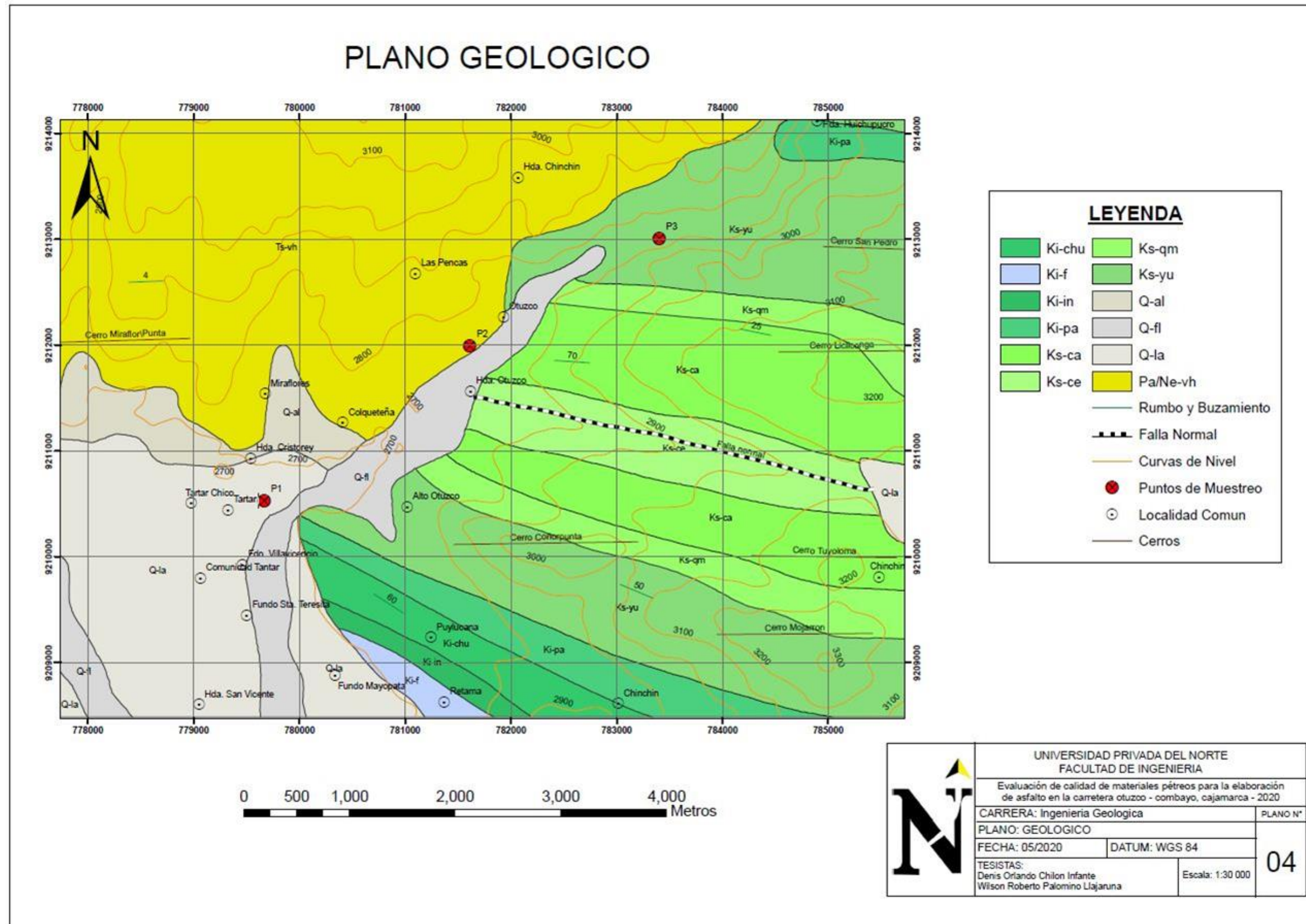
Figura 14. Personal trabajando en laboratorio Kaolin Ingenieros S.A.C.

Anexo 02: Planos











PROTOCOLO

ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA	MTC E204 – ASTM C136 – RTP 400.012	AGGF-LC-UPNC:
PROYECTO		

CANTERA:		TM:	
UBICACIÓN:		TMN:	
FECHA DE MUESTRA:		M.F.:	
FECHA DE ENSAYO:		HUSO A UTILIZAR:	
RESPONSABLE:		REVISADO POR:	

AGREGADO GRUESO

MATERIAL: *Depende TM*

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	2 1/2"	63.5						
2	2"	50.8						
1	1 1/2"	38.1						
2	1"	25						
3	3/4"	19						
4	1/2"	12.5						
5	3/8"	9.5						
6	N° 4	4.75						
7	Bandeja	-						

Nota: El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido acumulado. **Norma ASTM C33**

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:	FECHA: