

## Comparación de las propiedades de canteras para subbase y base en la ciudad de Juliaca

### Comparison of quarry properties for subbase and base in the city of Juliaca

MAMANI TORRES, Thalia Vanessa<sup>1</sup>; ANDÍA ARIAS, Janet Yéssica<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Universidad César Vallejo

#### RESUMEN

La ciudad de Juliaca se extiende cada vez más, va interfiriendo a la organización urbana mientras se habilitan nuevas calles y carreteras, para lo cual será necesario la consumación de canteras de los materiales para base y subbase. El objetivo del estudio es determinar las canteras que cumplen con las especificaciones de la EG-2013 en las propiedades físicas y mecánicas para subbase y base en pavimentos. La metodología usada fue el tipo aplicada, de diseño no experimental, expresado en un nivel aplicativo de enfoque cualitativo. Los resultados de la cantera Mucra la granulometría resultó gradación tipo B; no presento límites de consistencia; en caras fracturadas de 2 a más es de 37.8%; en partículas chatas y alargadas de 1'' es 0.34%; equivalente de arena resultó 35%; resistencia al desgaste (abrasión) fue 18.6% y CBR 70% a 1''. De la cantera Taparachi la granulometría no cumplió con las gradaciones, el Índice plástico es 18%; en caras fracturadas de 2 a más es de 42.4 %; en partículas chatas y alargadas de 1'' es 1.01%; equivalente de arena resultó 34%; resistencia al desgaste (abrasión) fue 19.1%; CBR 41.5% a 1'', la combinación de cantera en proporciones de 75% Mucra y 25% Taparachi no mejoró en sus propiedades. En conclusión, las canteras Mucra y Taparachi cumplieron con las especificaciones del CBR siendo 70% y 41.5% para una subbase, pero no cumplieron para una base, como propuesta de combinación de las canteras como resultado del CBR de 53% no pudo mejorar para una base.

**Palabras clave:** Estudio, material, granular, estructura, pavimento.

#### ABSTRACT


The city of Juliaca is expanding more and more, interfering with the urban organization while new streets and highways are being built, for which it will be necessary to quarry the materials for the base and sub-base. The objective of the study is to determine the quarries that meet the specifications of the EG-2013 in the physical and mechanical properties for subbase and base in pavements. The methodology used was the applied type, of non-experimental design, expressed in an applicative level of qualitative approach. The results of the Mucra quarry, the grain size was type B gradation; I do not present consistency limits; in fractured faces of 2 or more it is 37.8%; in flat and elongated particles of 1" it is 0.34%; sand equivalent was 35%; wear resistance (abrasion) was 18.6% and CBR 70% at 1". From the Taparachi quarry, the granulometry did not comply with the gradations, the plastic index is 18%; in fractured faces of 2 or more it is 42.4%; in flat and elongated particles of 1" it is 1.01%; sand equivalent was 34%; wear resistance (abrasion) was 19.1%; CBR 41.5% at 1", the combination of quarry in proportions of 75% Mucra and 25% Taparachi did not improve its properties. In conclusion, the Mucra and Taparachi quarries met the CBR specifications being 70% and 41.5% for a sub-base, but did not meet for a base, as a proposed combination of the quarries as a result of the CBR of 53% could not improve for a base.

**Keywords:** Research, material, granular, structure, pavement.

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista UCV HACER Campus Chiclayo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

**Recibido:** 19 de enero de 2022  
**Aceptado:** 26 de mayo de 2022  
**Publicado:** 17 de junio de 2022

<sup>1</sup>Bachiller en Ingeniería Civil, e-mail: liavanetorres@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0001-7673-1414>

<sup>2</sup>Ingeniero Civil, Magíster en Geología, e-mail: jandiaar@ucvvirtual.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0002-6084-0672>

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Juliaca tiene un crecimiento poblacional muy potencial por lo que está afectando la organización urbanística, donde está siendo obligada a realizar cambios en la conformación a los alrededores de la ciudad Juliaca y será necesario la consumación de canteras en gran magnitud para realizar nuevas carreteras, los materiales de las canteras serán utilizadas para un pavimento en la base y subbase.

El avance y mejora de una sociedad es importante la infraestructura vial el cual beneficia en la comunicación, reduce la trayectoria y genera economía, "las vías son muy importantes debido a la necesidad de los transportes, el diseño y mantenimiento se convierten parte de una planificación" (Canaza, 2020, pág. 13). Estos a su vez son construidos con materiales granulares de canteras y son consideradas abundantes. En cuestión de canteras se requiere saber el cumplimiento de calidad del material para base y subbase donde será el que determine la resistencia en un pavimento, "el análisis de los agregados es de vital importancia al elegir la cantera para ejecutar los proyectos y estas deben cumplir con las especificaciones de la EG-2013" (Pinedo, 2017, pág. 2).

Según Miranda (2010) en su investigación comenta sobre el deterioro de los materiales pétreos causados por la compactación del impacto generados de las canteras Construtar y Remanso, la finalidad del estudio es conocer la correcta utilización de los materiales pétreos sobre las distintas clases de construcciones viales. En el estudio se realizó el análisis y la comparación de los materiales de las canteras, debido a que estos materiales fueron sometidas a deflexiones y es fundamental que los materiales analizados sean resistentes y durables. Para conocer sus propiedades físico mecánicas se realizaron diferentes ensayos en laboratorio los cuales aportaron en tener conocimiento de las degradaciones de los mismos, y tales datos debieron cumplir con los requerimientos para subbase granular en el Art. 320, según la norma INVIAS del 2013. En cuanto a los autores Ejeta, Quezon y Getachew (2017) afirma en su estudio de propiedades de ingeniería del material de la subbase mecánicamente estabilizado utilizando grava natural alrededor de los sitios de la cantera

de Jimma para carreteras no pavimentadas, la finalidad fue determinar las propiedades del material de grava natural usando el método de estabilizar mecánicamente para ser usados como material de subbase para la vía no pavimentada.

Por otra parte, según Huamán (2017) en su artículo fue denominada evaluación de los materiales de canteras utilizados como subbase y base de Pavimentos en la ciudad de Barranca, de las evaluaciones realizadas a las tres canteras Upaca, Julquillas y Rio seco, en donde su única finalidad fue analizar las propiedades (químicos, físicos y mecánicos) los cuales se compararon con las especificaciones establecidos por la norma EG-2013, posteriormente se propusieron para conformar la base y la subbase realizando mezclas granulares con diferentes porcentajes de materiales de las tres canteras.

Según los autores Moreira y Segarra (2019) su investigación se analizó sus características físico mecánicas de materiales granulares que se encuentra en la cantera Tigre que se localiza en la provincia de Santa Elena, su finalidad es comparar las propiedades físicas del material adquirido de la cantera con los criterios de cumplimiento con la normativa del Ministerio de transporte Ecuatoriana que sean usadas tanto para base y subbase en conformación de un pavimento, y este material será usada correctamente y aprovechada para construir nuevas vías en la provincia de Santa Elena.

Según Arshad et al (2018) en su investigación se evaluaron los materiales de subbase netamente para diseñar un pavimento mecanicista con la finalidad llevar a cabo un estudio para caracterizar el parámetro de dos tipos de materiales de subbase utilizados en Malasia de acuerdo con la Especificación para obras viales del Departamento de Obras Públicas de Malasia, en su metodología fue usada los materiales de subbase probados son arena de minería y polvo de cantera se probaron especímenes de subbase de 100 mm de diámetro x 200 mm de altura usando la prueba triaxial de carga repetida de acuerdo con AASHTO T307. Además, la prueba se llevó a cabo con diferentes composiciones de gradación (pero dentro del sobre de gradación requerido) y contenidos de humedad para estudiar sus efectos sobre el valor del módulo resiliente. A partir de la prueba, se utilizó el modelo k para caracterizar los materiales de la subbase.

Así mismo, según Aliaga (2017) su investigación describe sobre el análisis comparativo del material para base y sub base de las canteras Umuto y Sicaya en pavimento flexible de subrasante de CBR menor al 10% de la ciudad Huancayo, la finalidad de su estudio fue evaluar los resultados del análisis del material usados como subbase y base extraído en canteras Sicaya y Umuto para capas pertenecientes a pavimentos flexibles con subrasantes de CBR por debajo del 10%, para tal estudio se desea comprobar si será factible el diseño de un mejor modelo de pavimento flexible con subrasantes malas, haciendo el empleo del catálogo de espesores del manual PT-62 del ICG.

En la región Puno abarcando la ciudad de Juliaca donde existe una mayor demanda de explotación de material para construcción de vías una de ellas es la cantera Mucra ubicada en la ciudad Juliaca a los 3894 msnm. actualmente la cantera está en constante funcionamiento, sin prestar atención puede llegar a armar accidentes por resbalamientos de piedras. Otra de las canteras que está siendo explotada es la cantera Taparachi ubicada en la ciudad Juliaca a los 3891 msnm. Está situado en santo Cristóbal y altozano infierno, Urb. Taparachi al sur de la localidad de Juliaca - km 4+000, también está en funcionamiento constante.

El objetivo planteado para la presente investigación es determinar las canteras que cumplen con las especificaciones de la EG-2013 en las propiedades físicas y mecánicas para subbase y base en pavimentos. Así mismo se definieron los objetivos específicos las cuales consisten en determinar si las propiedades de las canteras Mucra y Taparachi cumplen con las especificaciones del EG-2013 para la subbase en la ciudad de Juliaca. Determinar si las propiedades de las canteras Mucra y Taparachi cumplen con las especificaciones del EG-2013 para la base en la ciudad de Juliaca. Como último es Proponer la combinación de canteras Mucra y Taparachi cumple con la norma EG-2013 para la subbase y base en la ciudad de Juliaca.

Donde se evaluará la calidad del material para mejorar las construcciones viales y estas canteras son Mucra y Taparachi, tendrá aporte en conocer aquellas propiedades del material que son mecánicas y físicas para la conformación estructural de base y subbase de un pavimento. La investigación tiene una sola variable

independiente y está definida como propiedades de canteras para subbase y base (Espinoza, 2018). Y se puede afirmar la hipótesis de la investigación que las canteras Mucra y Taparachi cumplen con las propiedades de la norma EG-2013 para subbase y base en pavimentos de la ciudad de Juliaca.

## **METODOLOGÍA**

El diseño de investigación en el presente estudio es No Experimental, que pertenece al tipo aplicada, el nivel de investigación se definió como aplicativo, y siendo de enfoque cuantitativo, se consideraron las definiciones por (Hernández, 2019), y se consideró aportes conceptuales para definir el nivel y el enfoque de investigación por (Tamayo, 2016).

La población en la presente investigación se dio por los materiales granulares en general encontradas en las canteras Mucra y Taparachi de la ciudad de Juliaca. Como muestra que representó a la investigación fue el material granular de las canteras Mucra 140.0 kg seleccionado y la cantera Taparachi 140.0 kg seleccionado, de la explotación del material tomando el criterio de homogeneidad de las canteras para emplear en la base y subbase para pavimentos, el muestreo es no probabilístico, es decir, la recolección de muestras fue tomada según el investigador.

En la actual investigación se realizaron las siguientes pruebas en laboratorio los cuales fueron: “Granulometría, Límites de consistencia, Contenido de humedad, Caras fracturadas, Absorción y Gravedad específica, Chatas y alargadas, Equivalente de arena, Resistencia al desgaste (Abrasión), Proctor modificado y CBR” (MTC, 2015), los cuales fueron evaluados de acuerdo a las normas de la EG-2013. Las técnicas de recolección de datos de la investigación fueron establecidas por (Ñaupas & otros, 2014), en la utilización de fuentes informativas donde se obtuvieron los datos para la investigación y son los siguiente:

Estudio de campo: se tomaron muestras de canteras como agregados gruesos y finos, también las coordenadas UTM de los puntos de muestreo, se realizaron ensayos de laboratorios del material

muestreadas de las canteras (Núñez, 2013).

Recopilación de datos necesarios: para la fase antes de explorar el campo donde se realizó la selección de las canteras y se tomó la muestra seleccionada de las canteras Mucra y Taparachi, para la fase en gabinete se realizaron los cálculos en Excel y otros programas luego se comparó los resultados obtenidos y se interpretaron utilizando un diagrama para saber el desempeño del material en la subbase y base.

Para elaborar y cumplir los objetivos se realizó los siguientes procedimientos en el estudio de las canteras Mucra y Taparachi:

En la Primera Etapa se localizó las canteras y luego se realizó la exploración y reconocimiento de las canteras seleccionadas para el estudio como subbase y base (Moreira & Napoleón, 2019, pág. 11).

En la Segunda Etapa se describieron los materiales que se encontraban en las canteras Mucra y Taparachi, también el acceso a las canteras, el proceso de explotación de la cantera, la aplicación o uso del material de la cantera lo cual está en función de control y calidad.

En la Tercera Etapa se realizó el muestreo de las canteras tomando como guía el manual de MTC E 201, se seleccionó el material en los puntos estudiados, las cuales están sometidos al cumplimiento de los lineamientos de la norma MTC especialmente en la parte de suelos y pavimentos.

En la Cuarta Etapa se realizó el traslado del material luego se ensayó en laboratorio.

En la Quinta Etapa Es la etapa donde se realizó los ensayos en laboratorio del material muestreado de las canteras, de las cuales se obtuvieron datos de las propiedades mecánicas y físicas de las muestras de cantera, cuando se procedieron a ensayar el material se tomó en cuenta el control de calidad por el EG-2013, “los ensayos lo realizó por profesionales y especializados en el área, y fueron validados cada resultado por normativas estandarizados, y una de ellas es el Manual de Ensayo de Materiales – 2016” (Neri, 2018, pág. 46).

El método de análisis de la información, comenzó con la recolección de datos preliminares, para su ejecución en campo y la posterior presentación de las propiedades físico mecánicas de los materiales de las canteras Mucra y Taparachi, que fueron mostradas en los ensayos de laboratorio, como instrumentos se utilizaron formatos de cada ensayo realizado en laboratorio, el análisis se realizó a través de hojas de cálculo, utilizando el programa Excel para obtener resultados y para el análisis se utilizaron gráficas y tablas de los resultados.

## RESULTADOS

La investigación inició ubicando las canteras, en la región Puno se evaluaron dos canteras y estas son: la cantera Mucra queda en la ciudad Juliaca a los 3894 msnm y la es la cantera Taparachi de la ciudad Juliaca a los 3891 msnm.



**Figura 1.** Cantera Mucra en funcionamiento.



**Figura 2.** Cantera Taparachi en funcionamiento.

En la investigación se desarrollaron las pruebas en laboratorio y se obtuvieron los resultados de las canteras estudiadas, las cuales son la cantera Mucra y Taparachi ubicadas en Juliaca de la provincia de San Román región Puno, donde se presentó toda la información en orden siguiendo los procedimientos establecidos de acuerdo a los objetivos de la investigación utilizando los instrumentos, parámetros y normativas necesarias.

Se obtuvieron los resultados de las propiedades físicas de las canteras tanto Mucra y Taparachi y estas fueron representadas en figuras y tablas.

### Granulometría

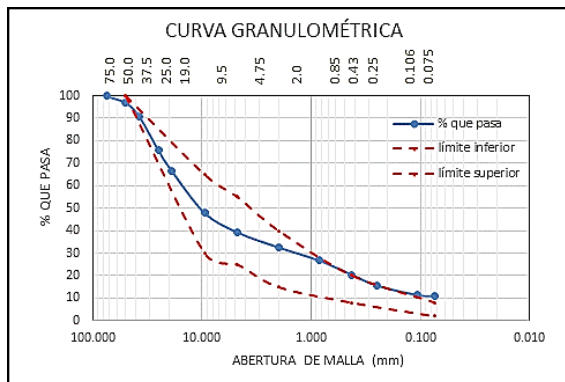


Figura 3. Curva granulométrica de la cantera Mucra.

La figura 3 de la cantera Mucra demostró que cumple la curva granulométrica con los parámetros de la gradación tipo A que estableció la norma EG-2013 para la subbase y base de un pavimento, teniendo contenidos de 10.72% de finos, 28.54% de arena y 60.74% de grava. Por lo tanto, esta cantera es apto para conformar la capa subbase y base.

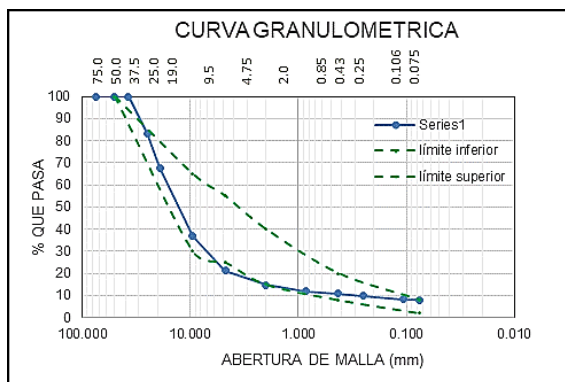


Figura 4. Curva granulométrica de la cantera Taparachi.

La figura 4 de la cantera Taparachi demostró que no cumple la curva granulométrica con algunos tamices del parámetro de la gradación tipo A que estableció la norma EG-2013 para la subbase y base de un pavimento, teniendo contenidos de 7.91% de finos, 13.32% de arena y 78.77% de grava. Por lo tanto, esta cantera podría ser apto para conformar la capa subbase y base ya que solo algunos tamices no cumplen con el parámetro.

### Límites de consistencia

Tabla 1

Resultado de los límites de consistencia de las canteras.

Item	Cantera Mucra	Cantera Taparachi	Requerimiento de la EG-2013
LL	NP	36%	LL Base y subbase
LP	NP	18%	25% máx. IP Base 2% máx.
IP	NP	18%	Subbase 4% máx.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 1 demuestra que la cantera Mucra no presentó los límites de consistencia y si cumple con el requerimiento de una base y subbase, en la cantera Taparachi el límite líquido resultó 36% con un índice plástico de 18% por tanto no cumple con el requerimiento de la EG-2013.

Tabla 2

Resultado de gravedad específica de las canteras.

Canteras	Resultado de laboratorio (gr/cm <sup>3</sup> )
Mucra	2.66
Taparachi	2.67

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se obtuvieron los resultados de la gravedad específica de las canteras, en la cantera Mucra resultó 2.66 gr/cm<sup>3</sup> y en la cantera Taparachi resultó 2.67 gr/cm<sup>3</sup> y se puede estimar que no hay mucha diferencia entre ambas canteras.

### Caras fracturadas

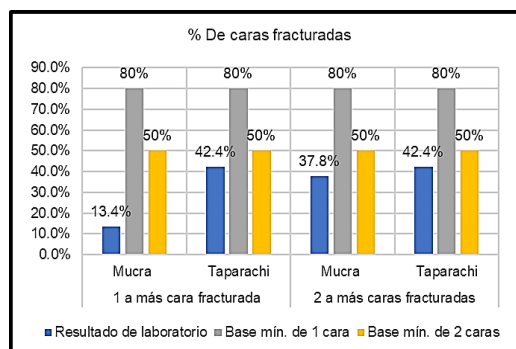
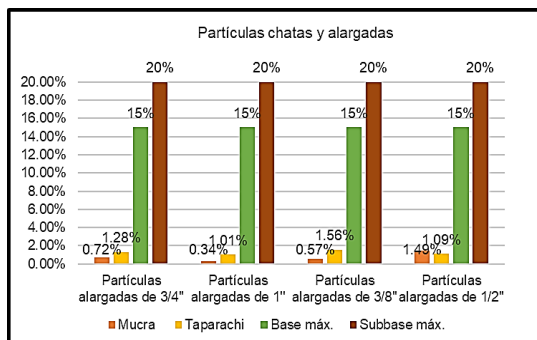


Figura 5. Cumplimiento de caras fracturadas de las canteras con la EG-2013.

La figura 5 deja en claro los resultados de laboratorio midiendo con los parámetros para base y subbase que estableció la EG-2013, donde se determinó que las canteras Mucra y Taparachi no llegan alcanzar los parámetros mínimos por

tanto no cumplen para una base y subbase.

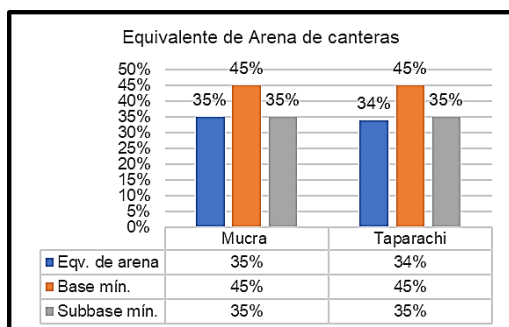
### Chatas y alargadas



**Figura 6.** Cumplimiento de partículas chatas y alargadas con la EG-2013.

La figura 6 representa los resultados de laboratorio de las partículas chatas y alargadas de las medidas respectivas, y fue medido con los parámetros máximos que establece la EG-2013 donde las canteras Mucla y Taparachi sus resultados no superaron los parámetros de la EG-2013 por tanto si cumplieron las especificaciones para una base y subbase.

### Equivalente de arena

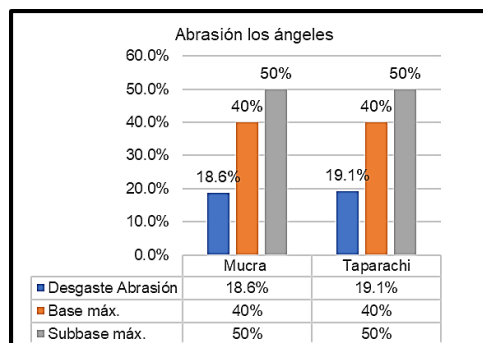


**Figura 7.** Cumplimiento de Equivalente de arena con la EG-2013.

En la figura 7 proporciona el equivalente de arena donde se determinó que las canteras Mucla y Taparachi no cumplieron con el parámetro mínimo de la EG-2013 que especifica 45% mínimo para base y 35% mínimo para subbase.

Se obtuvieron los resultados de las propiedades mecánicas de las canteras Mucla y Taparachi y estas fueron representadas en figuras y tablas.

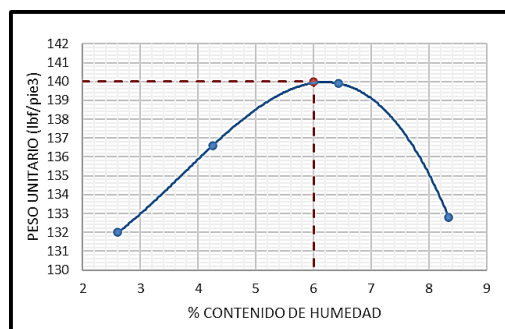
### Resistencia al desgaste (Abrasión)



**Figura 8.** Cumplimiento de Abrasión los ángeles con la EG-2013.

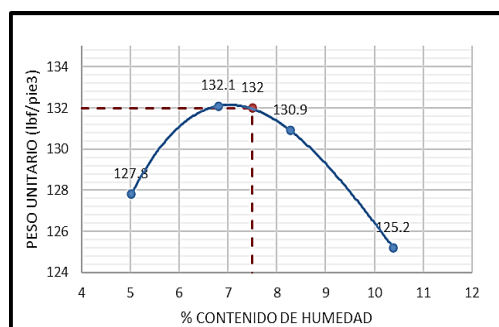
La figura 8 da a conocer los resultados del laboratorio de Abrasión los ángeles y fue medido con los parámetros máximos que establece la EG-2013 donde las canteras Mucla y Taparachi sus resultados no superaron los parámetros de la EG-2013 por tanto si cumplieron con las especificaciones para una base y subbase.

### Proctor modificado



**Figura 9.** Peso unitario seco máximo modificado de la cantera Mucla.

La figura 9 con los valores de peso unitario y contenidos de humedad se determinaron los resultados del peso unitario seco máximo modificado de la cantera Taparachi siendo 132 lbf/pie<sup>3</sup> equivalente a 2.114 gr/cm<sup>3</sup> y la humedad optima que es 7.5% con los valores obtenidos se determinaron los valores de CBR.



**Figura 10.** Peso unitario seco máximo modificado de la cantera Taparachi.

La figura 10 con los valores de peso unitario y contenidos de humedad se determinaron los resultados del peso unitario seco máximo modificado de la cantera Taparachi siendo 132 lbf/pie<sup>3</sup> equivalente a 2.114 gr/cm<sup>3</sup> y la humedad optima que es 7.5% con los valores obtenidos se determinaron los valores de CBR.

**Prueba de CBR**

**Tabla 3**

Resultado del CBR de canteras en cumplimiento con la EG-2013.

CBR %	Cantera Mucra	Cantera Taparachi	Requerimiento CBR de la EG-2013
CBR al 100% - 0.1"	70.0%	41.5%	Base 80% mín. Subbase 40% mín.
CBR al 95% - 0.1"	50.0%	33.0%	
CBR al 100% - 0.2"	77.8%	44.1%	
CBR al 95% - 0.2"	60.1%	35.0%	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3 cabe demostrar el resultado de las pruebas de CBR donde debieron cumplir los parámetros mínimos de una base y subbase de la EG-2013, los valores de CBR de la cantera Mucra no cumplió para una Base establecida como mínimo 80% y si cumplió con el parámetro mínimo 40% de una subbase, se consideró los valores máximos de CBR al 100% de 0.1'' 70% y al 100% de 0.2'' 77.8%, así mismo los resultados de CBR de la cantera Taparachi no cumplieron con las especificaciones mínimas para una base y si cumplió con el parámetro mínimo 40% de una subbase, se consideró los valores máximos de CBR al 100% de 0.1'' 41.5% y al 100% de 0.2'' 44.1%.

En representación de los resultados en las propiedades físico mecánicas de la cantera Mucra y Taparachi se afirma que son deficientes para emplear para una base y es la razón donde se optó en combinar las muestras de canteras Mucra y Taparachi para mejorar en sus propiedades, donde se presentó en la siguiente.

**Análisis granulométrico y límites de consistencia (Mucra 75% + Taparachi 25)**

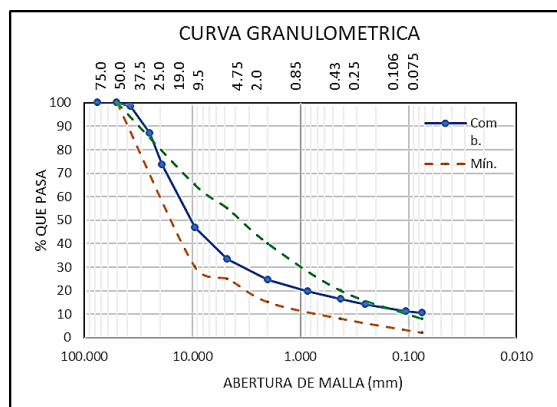


Figura 11. Curva granulométrica de la combinación de cantera.

La figura 11 demostró que cumple la curva granulométrica con los parámetros de la gradación tipo B para la subbase y base de un pavimento que estableció la EG-2013, teniendo contenidos de 10.48% de finos, 23.11% de arena y 66.41% de grava respectivamente. En los límites de consistencia su límite líquido resultó 24% lo cual si cumple con el requerimiento máximo de 25% y el índice plástico resultó 10% donde no cumple con requerimiento para una subbase y base.

**Gravedad Específica (Mucra 75% + Taparachi 25%)**

**Tabla 4**

Resultado de gravedad específica de la combinación de canteras.

Canteras	Resultado de laboratorio (gr/cm <sup>3</sup> )
Mucra + Taparachi	2.66

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°4 se presentó el resultado de gravedad específica, donde resultó 2.66 gr/cm<sup>3</sup> de la combinación de las canteras.

### Equivalente de arena (Mucra 75% + Taparachi 25)

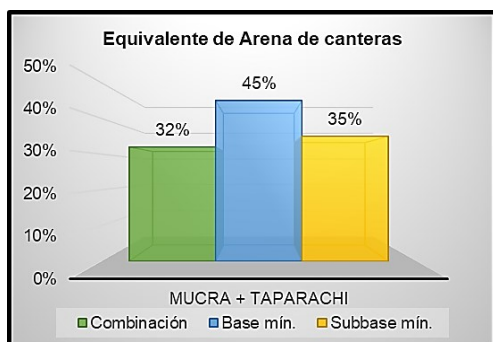


Figura 12. Cumplimiento de equivalente de arena de la combinación de cantera.

La figura 12 demostró el valor de equivalente de arena, donde se definió que la combinación de canteras Mucra y Taparachi resultó 32% y no cumplió con el parámetro mínimo de 45% para la base y 35% como mínimo para subbase, que estableció la EG-2013.

### Resistencia al desgaste (Abrasión) (Mucra 75% + Taparachi 25%)

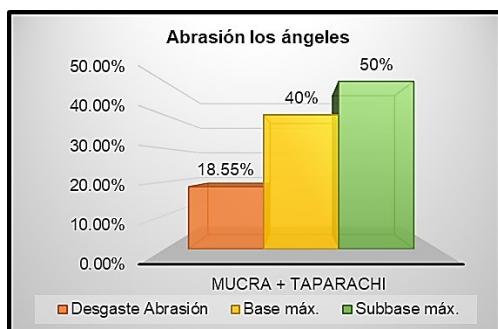


Figura 13. Cumplimiento de la resistencia al desgaste de la combinación de cantera.

En la figura 13 se aprecia el análisis de resistencia a la abrasión, la combinación de canteras resultó 18.55% al desgaste a la abrasión y cumple con las especificaciones establecidas por la EG-2013.

### Ensayo de proctor (Mucra 75% + Taparachi 25%)

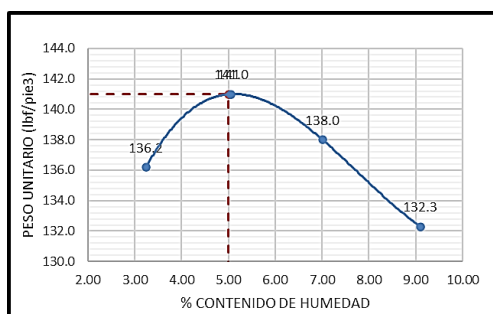


Figura 14. Peso Unitario Seco Máximo vs contenido de humedad.

En la figura 14 se determinó los resultados como el peso unitario seco máximo modificado de la cantera Mucra resultó 140.5 lb/cm equivalente a 2.251 gr/cm<sup>3</sup> y la humedad óptima que resultó 5% lo cual se usó para la determinación del CBR.

### Prueba de CBR (Mucra 75% + Taparachi 25%)

Tabla 5

Resultado de gravedad específica de la combinación de canteras.

CBR %	Resultado de CBR al 100%	Resultado de CBR al 95%	Requerimiento CBR de la EG-2013
CBR % - 0.1"	53.0%	41.0%	Base 80% mín. Subbase 40% mín.
CBR % - 0.2"	58.5%	47.0%	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se presentó los resultados de la capacidad de soporte, la combinación de cantera del CBR al 100% a 0.1" resultó 53% y al 95% resultó 41% donde cumple para una subbase requerida de 40% mínimo y no cumple para base requerida 80% como mínimo. Asimismo, del CBR al 100% a 2" resultó 58.5% y al 95% resultó 47% donde cumple para una subbase requerida de 40% mínimo y no cumple para base requerida 80% como mínimo que fue establecida por la EG-2013.

### Caras fracturadas (Mucra 75% + Taparachi 25%)

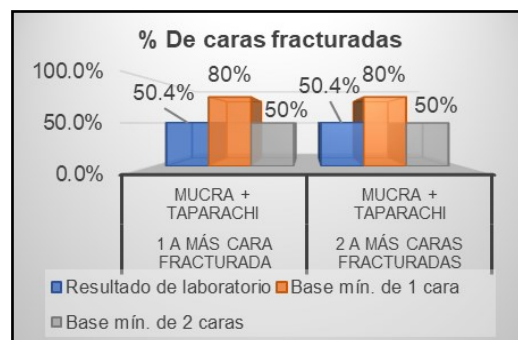


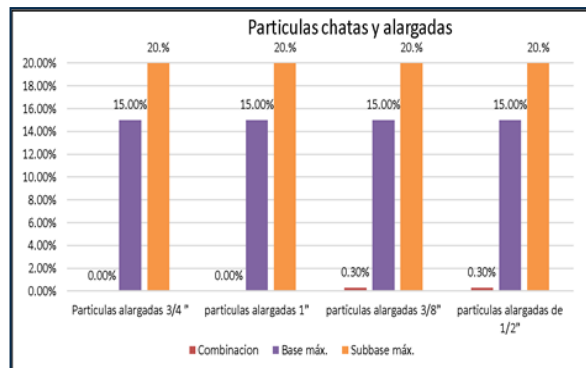
Figura 15. Cumplimiento % de caras fracturadas de la combinación de canteras.

En la figura 15 se da a conocer los resultados del ensayo de caras fracturadas, donde la combinación de canteras Mucra y Taparachi tuvo como resultado 50.4% tanto de 1 a más caras fracturadas y 2 a más caras fracturadas, cumplieron con el parámetro mínimo de subbase



de 50% y mas no cumplieron con el parámetro mínimo de 80% para base que estableció la norma EG-2013.

**Partículas chatas y alargadas (Mucra 75% + Taparachi 25%)**



**Figura 16.** Resultado de partículas chatas y alargadas de la combinación de canteras.

La figura 16 da a conocer el resultado del ensayo las partículas chatas y alargadas, donde la combinación de canteras Mucra y Taparachi tuvo como resultado de 3/4'' y 1'' no presenta partículas alargadas, además de 3/8'' y 1/2'' solo presentó 0.33% de partículas alargadas lo cual indica la reducción de partículas y estas si cumplen con los parámetros de base y subbase que estableció la norma EG-2013.

**DISCUSIÓN**

Se encontró un trabajo de estudio lo cual tiene una similitud con la presente investigación donde se discrepó las diferencias de los resultados. Según el autor Aliaga (2017) de su estudio "Análisis comparativo del material para base y subbase siendo de las canteras Umuto y la cantera Sicaya en pavimento flexible de subrasante de CBR menor al 10% Huancayo 2017", presento los siguientes resultados en las propiedades físicas: en las canteras Umuto y Sicaya la gradación granulométrica cumplió con el tipo A de la EG-2013, en la determinación límites de consistencia el límite líquido fue 10.1% y el índice plástico le resultó 1.78%, así mismo en su equivalente de arena le resultó 61% y 62% respectivamente, el porcentaje de caras fracturas le resultó 84.4% y 83.7% respectivamente.

Relacionando con la investigación realizada de

las canteras Mucra y Taparachi, la cantera Mucra cumplió con la gradación tipo A y solo la cantera Taparachi no cumplió con el tipo A que estableció la norma EG-2013, la cantera Mucra no presento los límites de consistencia, la cantera Taparachi su límite líquido resulto 36% y su índice plástico fue de 18%, así mismo el equivalente de arena fue 35% y 34% respectivamente, en cuanto a las caras fracturadas fue 37.8% y 42.4%.

Los resultados de las propiedades mecánicas se presentaron los siguientes: en el ensayo de Abrasión los ángeles su resultado obtenido de las canteras Umuto y Sicaya fue 13.70% y 10.28% respectivamente, su densidad máxima seca le resultó 2.11 gr/cm<sup>3</sup> y 2.25 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente y el CBR fue de 74.9% y 82%. En relación con los resultados de las canteras Mucra y Taparachi en el ensayo de Abrasión los ángeles se obtuvieron 18.6% y 19.1% respectivamente, la densidad máxima seca fue de 2.243 gr/cm<sup>3</sup> y 2.114 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente y el CBR al 100% a 0.1'' resultó 70% y 41.5% respectivamente de las canteras.

Al evaluar las propiedades de las canteras según los parámetros de la EG-2013 cabe destacar que las canteras Umuto y Sicaya su CBR requerido para base y subbase si cumplen, en cuanto las canteras Mucra y Taparachi no cumplen con lo requerido para la base y solamente cumplen para la subbase.

**CONCLUSIONES**

En el primer punto, los resultados obtenidos para una subbase de las canteras Mucra y Taparachi presentaron un material deficiente en sus propiedades físicas, en granulometría (Mucra) si cumple con la gradación tipo B y (Taparachi) no cumple con las gradaciones especificadas, (Mucra) no presentó los I.P. lo cual si cumple con las especificaciones de 4% como máximo y (Taparachi de I.P.18%) superó los parámetros máximos por tanto no cumple con lo especificado, en caras fracturadas (Mucra y Taparachi) no cumple con las especificaciones de 80% como mínimo, en partículas chatas y alargadas (Mucra de 1'' 0.34% y Taparachi de 1'' 1.01%) si cumplen los parámetros de 15%, en

equivalente de Arena las canteras (Mucra) si cumple con la especificación y (Taparachi) no cumple con lo especificado de 45% como mínimo que estableció la EG-2013. Al determinar sus propiedades mecánicas para una subbase de las canteras se determinó por el ensayo de abrasión los ángeles las canteras (Mucra 18.6% y Taparachi 19.1%) si cumplieron los parámetros máximos de 50%, se llegó a obtener el CBR al 100% de 0.1'' donde resultó 70% de la cantera Mucra donde si cumple con el parámetro mínimo de 40%. La cantera Taparachi resultó 41.5% también cumple con los parámetros de la EG-2013 la cual es regular para una subbase.

En el segundo punto, los resultados obtenidos para una base de las canteras Mucra y Taparachi también presentaron un material deficiente en sus propiedades físicas, en granulometría solo la cantera (Mucra) cumplió con la gradación tipo B y (Taparachi) no cumplió, la cantera (Mucra) no presentó los límites de consistencia lo cual si cumple con las especificaciones de 2% como máximo y (Taparachi I.P. 18%) superó los parámetros máximos de 2% del índice plástico por tanto no cumple con lo especificado, en caras fracturadas (Mucra y Taparachi) no cumple con las especificaciones de 80% como mínimo, en partículas chatas y alargadas (Mucra de 1'' 0.34% y Taparachi de 1'' 1.01%) no superaron el parámetro de 15% y si cumplen, en equivalente de Arena las canteras (Mucra 35% y Taparachi 34%) no cumple con lo especificado de 45% como mínimo de la base que estableció la EG-2013. En cuanto a sus valores de las propiedades mecánicas para una base se llegó a obtener el ensayo de abrasión los ángeles las canteras (Mucra 18.6% y Taparachi 19.1%) si cumplieron los parámetros máximos de 50%, en cuanto el CBR al 100% de 0.1'' resultó (Mucra 70% y Taparachi 41.5%) lo cual no cumple con el parámetro mínimo de 80% para una base que estableció la EG-2013 la cual está muy debajo para ser considerada un material como base por lo que se ha propuesto en combinar las muestras de ambas canteras para obtener resultados que puedan cumplir con las especificaciones de la EG-2013.

Finalmente se concluye que las canteras Mucra y Taparachi pueden ser utilizadas como subbase, Por otra parte, las canteras no cumplieron con los parámetros de una base, por lo tanto, para llegar a las especificaciones de una base de la EG-2013 se ha propuesto en combinar para mejorar las

propiedades físico mecánicas y así se realizó. En la propuesta de combinación de las canteras en las proporciones de Mucra 75% y Taparachi 25% se determinaron los resultados donde resultó en las propiedades físicas: en la granulometría cumplió con la gradación tipo B para base y subbase, en el índice plástico se excedió con el 10% los parámetros máximos de 2% y 4% para base y subbase por tanto no cumplió, en equivalente de arena resultó 32% y no alcanzó los parámetros mínimos de 45% y 35% para base y subbase, con respecto . En caras fracturadas no cumple para una base mínima de una cara, pero si cumple para una base mínima de dos caras, en chatas y alargadas cumple para una base y una subbase En cuanto a sus propiedades mecánicas para el ensayo de abrasión los ángeles la combinación de cantera resultó 18.55% y si cumple con el requerimiento, se obtuvo el, CBR al 100% a 0.1'' resultó 53% y al 95% resultó 41% donde cumple para una subbase y no cumple para base que estableció la Eg-2013.

## REFERENCIAS

- Aliaga, M. (2017). Análisis comparativo del material para base y sub base de las canteras Umuto y Sicaya en pavimento flexible de subrasante de CBR menor al 10% Huancayo 2017. Alicia. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPLA\\_741e7b9bbc2e7e5b9ed73917d94975c2](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPLA_741e7b9bbc2e7e5b9ed73917d94975c2)
- Arshad, A., Shaffie, E., Ismail, F., Hashim, W., & Abd Rahman, Z. (Agosto de 2018). Evaluación de materiales de subbase para el diseño de pavimentos mecanicistas. *Scopus*, 9(8), 504 - 512.
- Canaza, J. U. (2020). Evaluación de las propiedades de los materiales de base y sub base para pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero. Universidad Continental, Arequipa - Perú.
- Ejeta, A., Quezon, E., & Getachew, K. (mayo de 2017). Propiedades de ingeniería del material de subbase mecánicamente estabilizado utilizando grava natural alrededor de los sitios de la cantera de jimma para carreteras no pavimentadas. 5 (5). Obtenido de <https://bit.ly/3GmUAs0>

- Espinoza, E. E. (03 de Diciembre de 2018). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I. Scielo, 14(1).
- Hernández, R. (2019). Metodología de la investigación (1 ed.). México: McGraw-Hill.
- Huamán, H. (2017). Evaluación de los materiales de canteras utilizados como base y sub - base de Pavimentos en la ciudad de Barranca - 2016. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM\\_3fac09c2e03d6f0f52589fcb5d703a36](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM_3fac09c2e03d6f0f52589fcb5d703a36)
- Miranda, R. J. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Moreira, V. A., & Napoleón, S. N. (2019). Estudio y análisis de materiales granulares de la cantera Tigre para el diseño de bases y subbases estructurales de carreteras. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
- MTC. (2015). Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Lima - Perú: Macro.
- Neri, L. M. (2018). Calidad del material de base y subbase para vías pavimentadas, en tres canteras de la provincia de Trujillo, 2018. Universidad César Vallejo, Trujillo - Perú.
- Núñez, N. (2013). Evaluación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la cantera del rio Huayobamba provincia de san marcos con fines de uso en la construcción. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú.
- Ñaupas, H., & otros, y. (2014). Metodología de la Investigación (Cuarta Edición ed.). Bogotá: Ediciones de la U.
- Pinedo, F. K. (2017). Estudio de los agregados del río Cumbaza para la construcción de capas de sub base de pavimentos flexibles en la ciudad de Tarapoto. Universidad Nacional de San Martín , Tarapoto - Perú.
- Tamayo, M. (2016). "El proceso de la investigación científica" (4ta ed.). México: Editorial Limusa.
- Vallejo, M. (enero - marzo de 2020). El diseño de investigación: una breve revisión metodológica. Scielo, 72(1).