

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASES
GRANULARES EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS
FLEXIBLES**

PRESENTADO POR:

Bach: HUAMÁN CARBAJAL, JUAN CARLOS

Línea de investigación institucional:

Transporte y urbanismo.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo, Perú

2020

Ing. Rando Porras Olate.

Asesor

Dedicatoria:

La siguiente investigación la dedico especialmente a las personas que hicieron posible su realización, mi familia, seres amados y asesores por su tiempo y dedicación.

Agradecimiento:

A mi asesor por el tiempo y dedicación en el desarrollo de la tesis, a mis padres por su apoyo y soporte durante el desarrollo de todo este proceso.

Bach. Juan Carlos Huamán
Carbajal

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera.

Presidente

Mg. Jesus Iden Cardenas Capcha.

Ing. Ernesto Willy García Poma.

Ing. Vladimir Ordoñez Camposano.

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.

Secretario docente

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| ÍNDICE DE TABLAS | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VII |
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT..... | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| CAPITULO I | 14 |
| 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 14 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 14 |
| 1.2. Formulación y sistematización del problema..... | 21 |
| 1.2.1. Problema general..... | 21 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 21 |
| 1.3. Justificación..... | 21 |
| 1.3.1. Practica o social..... | 21 |
| 1.3.2. Científica o teórica..... | 22 |
| 1.3.3. Metodológica..... | 22 |
| 1.4. Delimitaciones..... | 22 |
| 1.4.1. Delimitación espacial | 22 |
| 1.4.2. Delimitación temporal | 23 |
| 1.5. Limitaciones..... | 23 |
| 1.5.1. Limitación económica..... | 23 |
| 1.6. Objetivos..... | 23 |
| 1.6.1. Objetivo general..... | 23 |
| 1.6.2. Objetivo específico..... | 23 |
| CAPITULO II..... | 24 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 24 |
| 2.1. Antecedentes..... | 24 |
| 2.2. Bases teóricas o marco conceptual..... | 28 |
| 2.2.1. Compactación de suelos..... | 28 |
| 2.2.1.1. Sobre compactación de suelos..... | 29 |
| 2.2.2. Granulometría..... | 29 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| 2.2.3. | Diseño de pavimento flexible..... | 37 |
| 2.2.4. | Ensayo CBR. | 42 |
| 2.2.5. | Degradación de bases granulares..... | 46 |
| 2.2.5.1. | Bases granulares. | 46 |
| 2.2.5.2. | Degradación..... | 48 |
| 2.3. | Definición de términos..... | 50 |
| 2.4. | Hipótesis. | 52 |
| 2.4.1. | Hipótesis general. | 52 |
| 2.4.2. | Hipótesis específica..... | 52 |
| 2.5. | Variables. | 53 |
| 2.5.1. | Definición conceptual de la variable..... | 53 |
| 2.5.2. | Definición operacional de la variable. | 54 |
| 2.5.3. | Operacionalización de las variables | 56 |
| CAPITULO III..... | | 57 |
| 3. | METODOLOGÍA..... | 57 |
| 3.1. | Método de investigación. | 57 |
| 3.2. | Tipo de investigación. | 58 |
| 3.3. | Nivel de investigación..... | 59 |
| 3.4. | Diseño de la investigación. | 59 |
| 3.5. | Población y muestra. | 61 |
| 3.6. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 61 |
| 3.7. | Procesamiento de la información. | 62 |
| 3.7.1. | Ensayo de porcentaje de partículas fracturadas. | 62 |
| 3.7.2. | Ensayo de equivalente de arena. | 65 |
| 3.7.3. | Ensayo de sales solubles | 68 |
| 3.7.4. | Ensayo de impurezas orgánicas | 70 |
| 3.7.5. | Ensayo de porcentaje de partículas chatas y alargadas. | 72 |
| 3.7.6. | Ensayo de abrasión los Ángeles..... | 73 |
| 3.7.7. | Ensayo proctor modificado | 75 |
| 3.7.8. | Ensayo de CBR de suelos | 77 |
| 3.8. | Técnicas de procesamiento y análisis de datos. | 80 |
| CAPITULÓ IV | | 81 |

| | |
|--|-----|
| 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | 81 |
| 4.1. Resultados de la degradación de propiedades físicas..... | 83 |
| 4.1.1. Clasificación granulométrica | 83 |
| 4.1.2. Partículas chatas y alargadas..... | 87 |
| 4.1.3. Porcentaje de partículas con caras fracturadas..... | 89 |
| 4.1.4. Equivalente de arena | 90 |
| 4.2. Resultado de la degradación de propiedades mecánicas..... | 91 |
| 4.2.1. Degradación del Material y su efecto en el CBR..... | 91 |
| 4.2.2. Resultados del ensayo de abrasión los Ángeles | 93 |
| 4.3. Degradación de propiedades químicas..... | 94 |
| 4.3.1. Sulfato de magnesio | 94 |
| 4.3.2. Sales solubles en el suelo | 95 |
| 4.3.3. Impurezas orgánicas..... | 96 |
| CAPITULO V..... | 97 |
| 5. Discusión de Resultados..... | 97 |
| 5.1. Hipótesis general: La degradación aplicada a las bases granulares modifica los parámetros de diseño de pavimento flexible por el método de MTC..... | 97 |
| 5.2. Hipótesis específica: La degradación de propiedades físicas modifica la distribución granulométrica como parámetro de diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC. 98 | |
| 5.3. Hipótesis específica: La degradación aplicada a las bases granulares altera el valor de CBR, cambiando el factor del módulo de resiliencia en el diseño de pavimentos flexibles por método del MTC..... | 100 |
| 5.4. Hipótesis específica: La degradación aplicada a las bases granulares, no altera la resistencia química en el diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC..... | 101 |
| CONCLUSIONES..... | 102 |
| RECOMENDACIONES..... | 103 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 104 |
| ANEXOS | 107 |
| Matriz de Consistencia..... | 107 |
| Matriz de operacionalización de variables..... | 109 |
| Ensayos de Laboratorio | 110 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1 Longitud de la red vial, según tipo de superficie de rodadura al año 2018</i> | <i>15</i> |
| <i>Tabla 2 Longitud del sistema de red vial en Junín</i> | <i>18</i> |
| <i>Tabla 3 Estado de las vías en la Región Junín</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabla 4 Listado de tamices</i> | <i>31</i> |
| <i>Tabla 5 Requerimientos de gradación para material de base granular</i> | <i>33</i> |
| <i>Tabla 6 Clasificación de suelos – Clasificación SUCS</i> | <i>34</i> |
| <i>Tabla 7 Clasificación de suelos - Clasificación SUCS.....</i> | <i>34</i> |
| <i>Tabla 8 Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....</i> | <i>37</i> |
| <i>Tabla 9 Ensayos requeridos por el MTC.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Tabla 10 Ensayos especiales</i> | <i>39</i> |
| <i>Tabla 11 Espesor típico de las capas del pavimento flexible</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabla 12 Modulo resiliente obtenido por correlación con CBR</i> | <i>44</i> |
| <i>Tabla 13 Categorías de Subrasante.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Tabla 14 Valor mínimo de CBR.....</i> | <i>46</i> |
| <i>Tabla 15 Requerimientos agregado grueso.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Tabla 16 Requerimiento agregado fino.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Tabla 17 Operacionalización de variables.....</i> | <i>56</i> |
| <i>Tabla 18 Especificaciones de la muestral para el ensayo de caras fracturadas</i> | <i>64</i> |
| <i>Tabla 19 Muestras para el ensayo de sales solubles.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Tabla 20 Numero y masa de esferas según la gradación de la muestra</i> | <i>73</i> |
| <i>Tabla 21 Cuadro de especificaciones del ensayo proctor modificado</i> | <i>76</i> |
| <i>Tabla 22 Nivel de penetración donde se lectura en el ensayo de CBR</i> | <i>79</i> |

| | |
|--|----|
| <i>Tabla 23 Clasificación Granulométrica del Material</i> | 83 |
| <i>Tabla 24 Límites de Consistencia del Material</i> | 84 |
| <i>Tabla 25 Variación de la distribución Granulométrica</i> | 85 |
| <i>Tabla 26 Valores de Partículas Chatas y Alargadas</i> | 87 |
| <i>Tabla 27 Porcentaje de Partículas con Caras Fracturadas</i> | 89 |
| <i>Tabla 28 Valores de CBR</i> | 91 |
| <i>Tabla 29 Resultados de Abrasión los Ángeles</i> | 93 |
| <i>Tabla 30 Resistencia al sulfato de Magnesio</i> | 95 |
| <i>Tabla 31 Valor de Sales Solubles</i> | 95 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| <i>Figura 1 Tipo de la superficie de rodadura de la Red Vial nacional.....</i> | <i>16</i> |
| <i>Figura 2 Estado de la Red Vial Nacional pavimentada</i> | <i>16</i> |
| <i>Figura 3 Estado de la Red Vial Departamental</i> | <i>17</i> |
| <i>Figura 4 Estado de la Red Vial Vecinal</i> | <i>18</i> |
| <i>Figura 5 Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación SUCS.....</i> | <i>35</i> |
| <i>Figura 6 Signos Convencionales para perfil de Calicatas – Clasificación SUCS.....</i> | <i>35</i> |
| <i>Figura 7 Signos Convencionales para perfil de calicatas – clasificación AASHTO</i> | <i>37</i> |
| <i>Figura 8 Capas del pavimento flexible.....</i> | <i>40</i> |
| <i>Figura 9 Distribución de fuerzas en el Pavimento Flexible</i> | <i>41</i> |
| <i>Figura 10 Esquema de una partícula con una cara fracturada</i> | <i>63</i> |
| <i>Figura 11 Ensayo de caras fracturadas</i> | <i>65</i> |
| <i>Figura 12 Ensayo de equivalente de arena.</i> | <i>68</i> |
| <i>Figura 13 Ensayo de sales solubles.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Figura 14 Ensayo de impurezas orgánicas</i> | <i>72</i> |
| <i>Figura 15 Ensayo abrasión los Ángeles</i> | <i>74</i> |
| <i>Figura 16 Ensayo de proctor modificado.....</i> | <i>77</i> |
| <i>Figura 17 Ensayo de CBR</i> | <i>80</i> |
| <i>Figura 18 Variación de Granulometría Entre Ambas Muestras.....</i> | <i>86</i> |
| <i>Figura 19 Grafico de Barras del Ensayo de Partículas Chatas y Alargadas</i> | <i>88</i> |
| <i>Figura 20 Porcentaje de Partículas con Caras Fracturadas.....</i> | <i>89</i> |
| <i>Figura 21 Resultados del ensayo de equivalente de Arena</i> | <i>90</i> |

| | |
|---|-----------|
| <i>Figura 22 Valores de CBR.....</i> | <i>92</i> |
| <i>Figura 23 Resultados de abrasión los Ángeles</i> | <i>94</i> |
| <i>Figura 24 Valor de Sales Solubles</i> | <i>96</i> |

RESUMEN

El problema de investigación fue ¿Cuál es el resultado de la degradación de las bases granulares en el diseño de pavimentos flexibles? El objetivo de la tesis fue evaluar la degradación de las bases granulares en el diseño de pavimentos flexibles. La hipótesis fue que la degradación aplicada a las bases granulares modifica los parámetros de diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC. La variable dependiente e independiente fueron la degradación de bases granulares y el diseño de pavimentos flexibles respectivamente. La metodología fue del método científico. El tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue explicativo, el diseño de la investigación fue cuasi experimental. La población fue la cantera de materiales granulares para bases y sub bases de la Dirección Regional de Tránsito y Comunicaciones. La muestra fue el material extraído para base de dicha cantera, Por último, la conclusión final es que La degradación de las bases granulares afecta de forma directa a la metodología del diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC en los parámetros del número estructural SN y en la distribución granulométrica.

Palabras claves: **Degradación de bases granulares, sobre compactación, diseño de pavimentos flexibles.**

ABSTRACT

The investigation problem was that What would be the result of the granular basses' degradation on the pavement's design? The thesis objective was to evaluate the granular basses' degradation on the pavement's design. The hypothesis was that the granular basses' degradation would modify the pavement design parameters of the MTC. The dependent and independent variable were granular basses' degradation and pavement design respectably. The methodology was scientific method. The investigation type was the applied, the investigation deign was quasi experimental. The population was the Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones' quarry, the simple was the material I get from it. At last, the final conclusion is that granular basses' degradation influences directly on pavement's design

Key words: Granular basses' degradation, Over compaction, pavement design

INTRODUCCIÓN

Es una realidad en el Perú la falta de carreteras correctamente desarrolladas para la comunicación entre poblados apartados de la capital, esto trae como consecuencia entre muchas otras la clara necesidad de construcción de nuevas carreteras, es de esta forma que las brechas de comunicación, economía y otras más pueden empezar a saldarse.

En la actualidad la construcción de carreteras se guía por los manuales mencionados en el D.S. N° 034-2008-MTC, el cual menciona que las normas tienen carácter normativo mas no limitante, lo cual permite la aplicación de normas internacionales. Es en vista de esto y al revisar el manual de carreteras que no se encontró información sobre tiempos o programaciones específicas sobre el extendido de la carpeta asfáltica una vez se tenga la base granular, la cual, al ser sometida al proceso de compactación y desgaste mecánico, según la hipótesis de esta tesis, sufrirá una variación considerable en su granulometría lo que traerá como consecuencia cambios en los valores del ensayo CBR.

En el capítulo I se desarrolla el problema de investigación sobre la degradación de las bases granulares delimitándolo en función a los alcances y efectos del tema de investigación, definiéndose la delimitación del problema, Problemas Específicos, así como la justificación de la Investigación, Social o práctica, la Justificación Científica o teórica y por último la justificación Metodológica. Así mismo en este capítulo se desarrollará el objetivo General de la investigación definiéndose como. Evaluar la degradación de las bases granulares en el diseño de pavimentos flexibles.

En el capítulo II se desarrolla los fundamentos teóricos de la investigación, partiendo desde el enfoque conceptual tomado por diversos investigadores en el tiempo, los ensayos requeridos por el manual de Ensayos de materiales del MTC para la caracterización del material de cantera, además de las ecuaciones empleadas en la

determinación de los esfuerzos verticales, deformaciones y deflexiones en el interior de la estructura del pavimento, en este capítulo también se incluye el marco Teórico, para proceder a plantear la Hipótesis General, las Hipótesis Específicas y las Variables y además se elabora la operacionalización de las Variables.

En el Capítulo III, Se sintetiza el proceso metodológico, señalando las técnicas y procedimientos que se han utilizado en el desarrollo de la investigación. Así como la metodología de la Investigación científica, teniéndose el tipo de investigación, definiéndose como investigación aplicada, y como nivel de la investigación se define cuasi experimental y el diseño de investigación es cuantitativa, se desarrolla también los instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de la información técnica y análisis de datos.

En el Capítulo IV, Se presenta el análisis y los resultados de la investigación.

En el Capítulo V. Se presenta la discusión de los resultados del análisis comparativo del material compactado y sobre compactado.

Finalmente, se emite las conclusiones y recomendaciones en función al desarrollo de la tesis.

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. Planteamiento del problema.

Uno de los principales indicadores de desarrollo económico es el nivel de pavimentación de una nación o sociedad, enfocado en este aspecto suelen usarse pavimentos flexibles en carreteras o vías de gran extensión, es así que en el Perú existen tres niveles de vías. la Red Vial Nacional (RVN), Red Vial Departamental (RVD) y Red Vial Vecinal (RVV), estas tres hacen un total de 175053.30 Km, de los cuales 28856.1 km (16.5%) están bajo la administración del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), de este último valor 21434.0 km están pavimentados, lo cual equivale a un 79.1% de la Red Vial Nacional. Por otro lado 27505.6 Km de la red vial existente equivalente al 15.7% corresponden a carreteras departamentales, cuya administración recae en Gobiernos Regionales y 113857.9 km (65.0%) corresponden a caminos vecinales que caen bajo la administración de Gobiernos Locales.

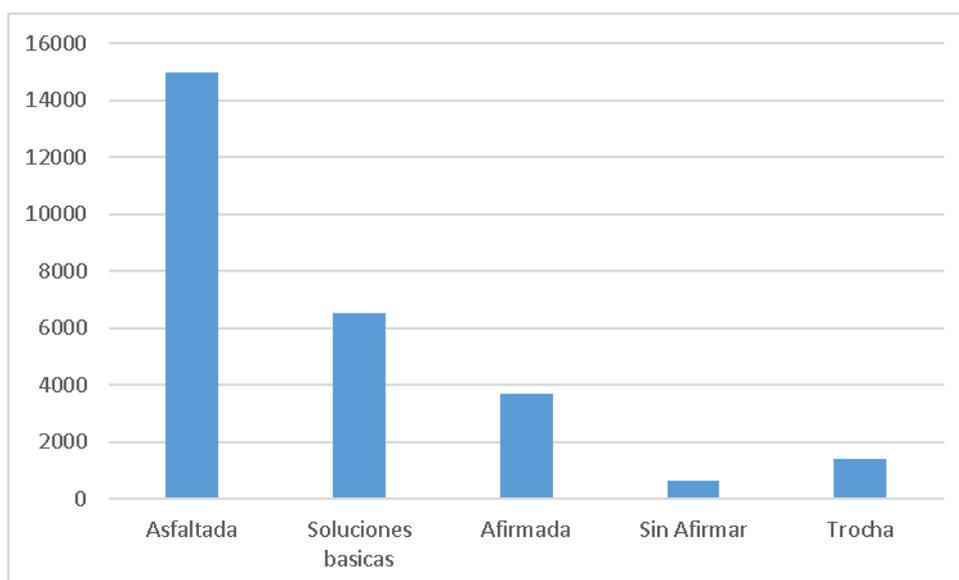
Tabla 1 *Longitud de la red vial, según tipo de superficie de rodadura al año 2018*

| Superficie de rodadura | Sistema Nacional de Carreteras | | | | | | Total | |
|------------------------|--------------------------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|------------|-------|
| | Nacional | | Departamental | | Vecinal | | | |
| Total | 28856.05 Km | | 23198.95 Km | | 113998.29 Km | | 175.053.30 | |
| | 16.5% | | 18.4% | | 65.1% | | 100% | |
| 1. Red vial Existente | 27109.61 Km | 15.5% | 27505.56 Km | 15.7% | 113857.9 Km | 65% | 168473 Km | 96.2% |
| Pavimentada | 21434.00 Km | 79.1% | 3623.09 Km | 13.2% | 18585.87 Km | 1.6% | 26916 Km | 16% |
| No pavimentada | 5675.61 Km | 20.9% | 23882.46 Km | 86.8% | 111999.04 Km | 98.4% | 141557 Km | 84% |
| 2. Proyectada | 1746.45 Km | 1.0% | 4.693.40 Km | 2.7% | 140.04 Km | 0.1% | 6580 Km | 3.8% |

Fuente: MTC- Programa multianual de inversiones 2020-2022

La Red Vial Nacional (RVN) existente comprende carreteras que interconectan a nivel nacional distintas regiones naturales o capitales de departamentos, como ejemplo tenemos la Carretera Panamericana, la Longitudinal de la Sierra, Marginal de la Selva, entre otras. Con una proyección a ser 28856.1 km, la RVN consta de 27109.6 Km a diciembre del 2018, de este último valor tenemos que 21434 Km de vía son pavimentadas, entre ellas hay Asfaltadas (14898 Km) y Soluciones Básicas (6536 Km), mientras que las vías no pavimentadas representan 5675 Km (20.9%). Es así que tenemos la siguiente figura.

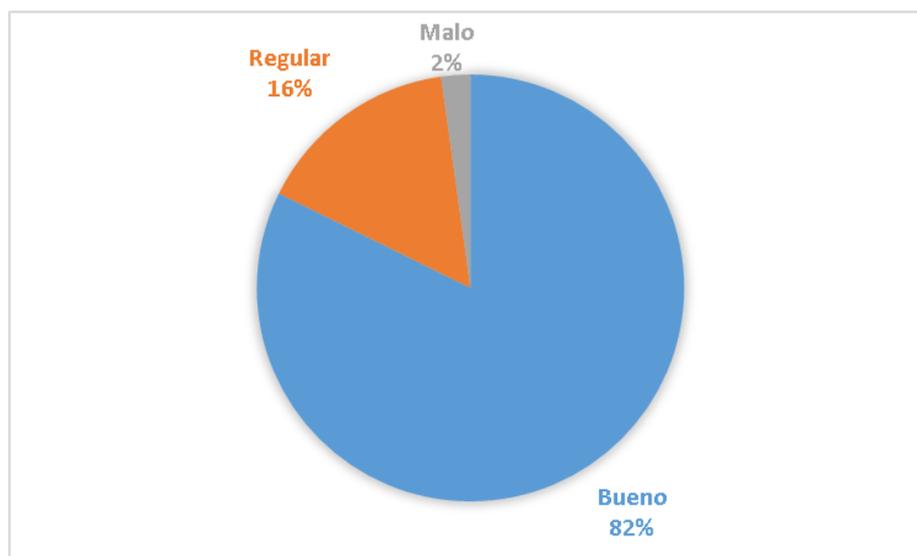
Figura 1 Tipo de la superficie de rodadura de la Red Vial nacional



Fuente: Elaboración propia

Respecto al estado de la superficie de rodadura de la Red Vial Nacional, la información proporcionada por Provias Nacional en su plan operativo institucional del 2019, es la siguiente:

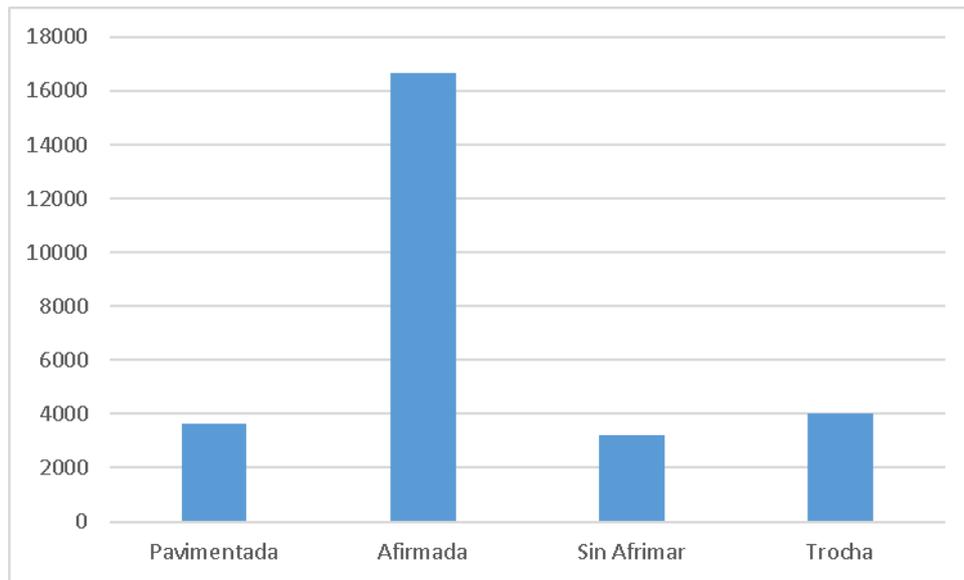
Figura 2 Estado de la Red Vial Nacional pavimentada



Fuente: MTC - Programa multianual de inversiones 2020-2022

La Red Vial Departamental (RVD) abarca alrededor de 27505.6 Km con proyección a ser 32199.0 KM. De esta solo el 13.2% es asfaltado. Lo que significa 3623.1 Km, mientras que en comparación las vías no pavimentadas abarcan 23882.5 Km el 86.8% del total de la RVD.

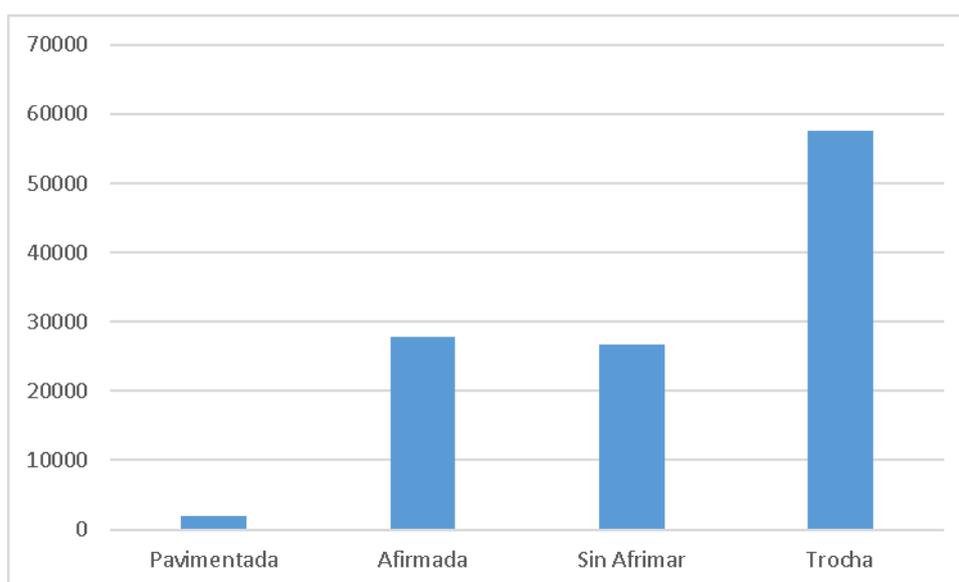
Figura 3 Estado de la Red Vial Departamental



Fuente: MTC - Programa multianual de inversiones 2020-2022

La Red Vial Vecinal (RVV) está compuesta por carreteras en el ámbito local, estas abarcan alrededor de 113857.9 Km con proyección a ser 113998.3 Km, de las cuales solo el 1.6% es pavimentada. Tal como se muestra en la siguiente figura

Figura 4 Estado de la Red Vial Vecinal



Fuente: Programa multianual de inversiones 2020-2022

La Región Junín tiene 1788.5 km de la Red Vial Nacional (RVN). En cuanto a la Red Vial Departamental (RVD), abarca 1179.8 Km del total de las vías. Por último Junín tiene 9115.5 Km del total de la Red Vial Vecinal (RVV). Así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2 Longitud del sistema de red vial en Junín

| Red Vial | Total | Junín | |
|---------------|--------------|------------|------------|
| | | Kilómetros | Porcentaje |
| Nacional | 28856.05 Km | 1788.5 | 6.2 % |
| Departamental | 32198.95 Km | 1179.8 | 3.66 % |
| Vecinal | 113998.29 Km | 9115.5 | 8.0% |

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los datos sobre el estado de las vías en la Región Junín.

Tabla 3 *Estado de las vías en la Región Junín*

| Red vial | Pavimentada | No pavimentada | Proyectada |
|---------------|-------------|----------------|------------|
| Nacional | 984.4 Km | 757.1 Km | 47.0 Km |
| Departamental | 67.7 Km | 1059.2 Km | 52.9 Km |
| Vecinal | 212.9 Km | 8902.6 Km | 0.0 Km |

Fuente: Elaboración propia

El pavimento como estructura de comunicaciones está compuesta principalmente por tres partes muy diferenciadas una de la otra. La sub base granular, es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la capa de rodadura. Además, se utiliza como capa de drenaje y control de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo de diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse.

La capa intermedia es la base granular, situada justo debajo de la capa de rodadura, cumple principalmente la función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($CBR \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento. Es por lo mencionado anteriormente que la base granular es entre los tres uno de los componentes más importantes desde el punto de vista estructural y funcional teniendo como uno de los requisitos principales un valor de CBR mayor o igual al 80%, es en este punto que reflexionamos sobre el valor de la resistencia a la penetración de la base granular, este valor es calculado a partir de datos específicos del material que se usa para su conformación. Entre estos se toman en cuenta el nivel de compactación y la granulometría, los cuales tienen relación directa con el valor de resistencia a la penetración de la base granular.

Por otro lado tenemos el fenómeno llamado compactación mecánica progresiva, el cual se entiende como el desgaste progresivo de algún objeto por acción mecánica, aplicándolo al tema de investigación tenemos el desgaste de la base granular por el tránsito de vehículos, este fenómeno suele darse principalmente en aquellas vías que liberan el tránsito cuando aún no se ha ejecutado la extensión de capa de rodadura, con la creencia de que el tránsito ayudara a compactar mejor la base granular, asegurando que esto incrementa de cierta forma el valor de CBR. En principio el fundamento de la idea es lógico y admisible, cuanto más compactada este la base tendremos mejor rendimiento en el aspecto de sostén de la capa de rodadura, sin embargo, para la distribución y transmisión de fuerzas no se da el caso puesto que para llegar a tener el valor de CBR por encima del 80% el material ya está sumamente compactado.

Es en este punto donde interviene la tercera parte del pavimento. La capa de rodadura, cuya función principal si bien es cierto es poco relacionada a la estructural es la que recibe en primer lugar el impacto de la fuerza del tránsito y empieza a distribuirla, evitando hasta cierto punto el impacto directo de la fuerza sobre la base granular.

Debido a lo anteriormente explicado, surge el problema de la compactación mecánica progresiva en bases granulares, especialmente en aquellas cuyo material no fino no tenga buena resistencia a la compresión, llegando en algunos casos a desgastarse, produciendo pérdida de volumen, el volumen perdido se vuelve fino, esto conlleva a un cambio en la granulometría lo que afecta directamente el valor de CBR.

1.2. Formulación y sistematización del problema.

1.2.1. Problema general.

¿Cuál es el resultado de la degradación de las bases granulares en el diseño de pavimentos flexibles?

1.2.2. Problemas específicos.

1. ¿Qué resultado se obtiene al evaluar la degradación de propiedades físicas en el diseño de pavimentos flexibles?
2. ¿Cuál será el resultado de evaluar la degradación de propiedades mecánicas en el diseño de pavimentos flexibles?
3. ¿Qué resultado se obtiene al evaluar la degradación de propiedades químicas en el diseño de pavimentos flexibles?

1.3. Justificación.

1.3.1. Practica o social.

Los pavimentos flexibles debido a su menor costo de producción son idealmente utilizados en caminos o carreteras interprovinciales e incluso en avenidas urbanas de gran extensión, estas estructuras viales son diseñadas para un periodo de vida de 20 años estimando factores de crecimiento poblacional y económico, considerando distintos factores del material usado para la sub-base se calcula el espesor de las capas. Así como se observa en el planteamiento del problema, en el Perú en específico la región Junín existen aún una considerable brecha que cubrir para pavimentar el sistema de red de vías. Teniendo en cuenta la extensión y magnitud de estas obras se entiende lo importante que es asegurar un producto de calidad (refiriéndonos al pavimento). El paso del tiempo en conjunto con el tránsito de vehículos genera un desgaste en la estructura provocando en muchos casos fallas,

(huecos entre otros). He aquí la importancia de la investigación para obtener datos nuevos que mejoraran la ejecución de obras de pavimentación mejorando finalmente el nivel de vida de la población afectada.

1.3.2. Científica o teórica.

En el diseño de pavimentos flexibles se calculan las dimensiones con datos del estado actual de los materiales usados, es decir, se usan valores de materiales que aún no han sido alterados por factores externos. Estos factores interactúan de forma directa con el material. He aquí la importancia del aporte sobre el estudio de la influencia que tienen estas modificaciones sobre el material de base granular en el diseño de pavimentos flexibles.

1.3.3. Metodológica.

Los resultados obtenidos en la investigación aportan nueva data para el replanteo de la metodología de diseño de pavimentos flexibles.

Los datos obtenidos en la investigación muestran una variación en factores que se creen fijos o inamovibles.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación espacial

La investigación tomó lugar en el departamento de Junín, en específico en la cantera de materiales de la Dirección Regional de Transporte y Comunicaciones (DRTC), lugar donde se extrajo material para su estudio, debido a las características y propiedades en comparación con otras canteras del ámbito regional.

1.4.2. Delimitación temporal

La investigación tuvo lugar entre los meses de noviembre del 2020 hasta junio del 2021.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitación económica.

La investigación fue autofinanciada por lo que solo se tuvo la oportunidad de escoger una sola cantera para su estudio y posterior experimentación, así como la simulación de factores externos en el laboratorio, debido a los costos que implicarían una experimentación a mayor escala.

1.6. Objetivos.

1.6.1. Objetivo general.

Evaluar la degradación de las bases granulares en el diseño de pavimentos flexibles.

1.6.2. Objetivo específico.

1. Establecer el resultado que se obtiene al evaluar la degradación física en el diseño de pavimentos flexibles.
2. Determinar el resultado de evaluar la degradación mecánica en el diseño de pavimentos flexibles.
3. Identificar el resultado de evaluar la degradación química en el diseño de pavimentos flexibles.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes.

En la tesis desarrollada por Chicchon y Rengifo (2018) “Incidencia de la energía de compactación en la determinación de la humedad óptima en los suelos granulares” se plantea la necesidad de investigar sobre la incidencia de la energía de compactación en la humedad óptima en los suelos granulares. Teniendo como problema general ¿En qué medida incide la energía de compactación en la determinación del óptimo contenido de humedad en los suelos granulares? Siendo el objetivo general el determinar la incidencia de la energía de compactación en los suelos granulares para obtener la humedad óptima aplicando proctor modificado. Anticipando los posibles resultados la hipótesis plantea que la energía de compactación incide en la determinación de la humedad óptima en los suelos granulares. Como conclusión se rescata que la energía de compactación incide en la determinación de la humedad óptima en los suelos granulares teniendo que a medida que se aumenta esta energía en la humedad crece y decrece.

La tesis desarrollada por Chirinos (2016) “Efecto de la Energía de Compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera El Gavilán.” plantea como problema de investigación. ¿Cuál es el efecto de la energía de compactación en la densidad máxima y en el óptimo contenido de humedad del suelo granular de la cantera El Gavilán? El objetivo general de la investigación fue el determinar el efecto de la energía de compactación en la densidad seca máxima y óptimo contenido de humedad del suelo granular de la cantera El Gavilán. La hipótesis planteada fue. Que, si se incrementa la energía de compactación, entonces la densidad seca máxima es mayor y el óptimo contenido de humedad es menor. Como conclusión general tenemos que al realizar la variación de la energía de compactación aumentando el número de golpes por capa se obtuvo, que la densidad seca máxima aumento a 2.18gr/cm mientras que el óptimo contenido de humedad fue menor siendo 3.5% siendo mayor la densidad seca máxima.

La investigación realizada por Cordova y Tarazona (2019) “Diseño comparativo de Pavimento Rígido y Flexible en el Tramo Puente Parco – Utcuyacu, Catac, Ancash – 2019.” plantea como problemática la elección de un modelo de pavimento que sea más conveniente para el tramo del puente Parco hasta Utcuyacu, en el departamento de Ancash. El objetivo de la investigación es comparar y determinar el mejor modelo de pavimentación para el tramo en estudio. No se da una hipótesis general debido a la falta de un problema de investigación conciso. Como conclusión podemos citar “Con respecto al objetivo general se logró realizar el diseño comparativo de pavimento rigido y flexible en tramo puente Parco- Utcuyacu, Catac, Ancash

– 2019, en la presente investigación se determina, que ambos pavimentos son factibles y no existe diferencia alguna entre ellos”.

Ulloa (2012) en su trabajo “Efectos de la Sobre Compactación en la Resistencia y Deformabilidad de Suelos Cohesivos”. Plantea como problema general que el terreno en su estado natural no cumple con las características geotécnicas de soporte y compresibilidad, es por ello que se optan por métodos de densificación del material de forma mecánica con equipos y maquinaria adecuados, sin embargo, muchas veces debido al poco control y/o error humano las fuerzas de compactación son excedidas provocando la disminución de las características buscadas en los suelos. El Objetivo general pretende determinar la influencia que ejerce la sobre-compactación en la resistencia y deformabilidad de suelos cohesivos. Aunque no se redacta una hipótesis general de la tesis, al poder estudiarla se infiere que la hipótesis general es que la sobre compactación influye de manera directa sobre la deformabilidad de suelos cohesivos. Como conclusión general obtenemos que la sobre-compactación puede en la mayoría de casos generar condiciones no deseables en el comportamiento mecánico de los suelos cohesivos, tanto en términos de resistencia como de deformabilidad, generando problemas estructurales a futuro, considerando la sobre-compactación como una práctica inadecuada en un proceso constructivo.

Ortiz y Bastidas (2013) en su tesis “Estudio del Fenómeno del Crushing en el Ensayo de Compactación de un Proctor Normal.” plantea como problema general el intentar demostrar cuantitativamente que el fenómeno del Crushing en un ensayo de proctor normal, afecta o no los resultados de la humedad óptima en la relación de la densidad seca máxima. Formulándolo de otra

manera ¿Cómo influye el fenómeno del Crushing en los resultados de un ensayo de proctor normal? Su objetivo general es analizar los efectos generados sobre la humedad, por el Crushing en una muestra de suelo, como consecuencia de un sobre-apisonamiento en laboratorio. Aunque no se redacta una hipótesis general de la tesis, al poder estudiarla se infiere que la hipótesis general es que. El fenómeno de Crushing cuando es provocado en los ensayos de laboratorio influirá significativamente en los resultados del ensayo de proctor normal. Finalmente, como conclusión se tiene que el fenómeno de Crushing afecta a los ensayos de laboratorio de proctor, tanto para densidad máxima, como para la densidad seca máxima.

Ávila y Espitia (2003) en su tesis “Evolución de las Propiedades Mecánicas de Materiales Granulares por efecto del Crushing” plantean como el fenómeno de investigación la influencia del Crushing en la evolución de las propiedades mecánicas de materiales granulares, sean estas evoluciones de formas favorables o no. Aunque no se redacta de forma directa, el objetivo general de la tesis fue el de determinar la evolución de las propiedades mecánicas de materiales granulares por acción del Crushing. De este mismo modo la hipótesis general es que el fenómeno del Crushing afecta de forma directa y significativa a las propiedades mecánicas de los materiales granulares. Como conclusión general podemos asegurar según el desarrollo de la tesis que el Crushing es un factor importante en el comportamiento físico y mecánico de los materiales granulares, los resultados mostraron cambios importantes en propiedades como la conductividad hidráulica, el ángulo de reposos y el ángulo residual, entre otros.

2.2. Bases teóricas o marco conceptual.

2.2.1. Compactación de suelos.

La ingeniería geotécnica explica la compactación de suelos como el fenómeno por el cual un esfuerzo aplicado a un suelo causa la densificación a medida que el aire se desplaza de los poros entre los granos del suelo, explicado de manera más sencilla es la fuerza aplicada a una superficie que comprimirá el suelo, eliminando las burbujas o espacios de aire en el proceso. Un proceso muy parecido y para los fines de construcción complementario, es el de consolidación donde la densificación se produce debido al agua o algún otro líquido que se utilice. Desplazando así los granos más grandes del suelo para reducir el espacio entre ellos.

Si bien es cierto la compactación es mayormente la supresión de espacios de aire en el suelo, no es raro observar el desgaste de partículas más grandes (gravas y similares) dependiendo de sus características estas pueden llegar a reducirse en limos y similares. Es en estos casos que al afectarse la granulometría de un suelo se alteran ciertas propiedades del mismo.

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) es el utilizado para medir la capacidad portante de terrenos compactados, los mismos que se usan en la conformación de bases y sub bases granulares, se rige por las normas ASTM 1883 y la UNE 103502. El procedimiento para la realización de este ensayo empieza obteniendo la humedad óptima y la densidad máxima de las muestras del suelo a estudiar.

Es en este punto donde establecemos una relación directa entre el grado de compactación y el porcentaje CBR del suelo estudiado. Como afecte

el cambio de granulometría en el resultado final del CBR de la muestra será materia de estudio para el proyecto de investigación.

2.2.1.1. Sobre compactación de suelos.

La sobre compactación de un suelo es el proceso mecánico en el cual un material compactado, con un propósito establecido, recibe aún más fuerza de la recomendada provocando distintos efectos perjudiciales listados a continuación

Cambio estructural de suelos que los hace inadecuados para un fin particular: Esto queda demostrado con un ejemplo en particular. Se selecciona un material ligero de alta porosidad con fines estructurales, este al ser sobre compactado pierde la propiedad de porosidad. (Ulloa, 2012, p. 19)

“Materiales expansivos: Si un suelo con características expansivas se compacta en exceso, tendrá un potencial de expansión aun mayor y se generarán presiones muy grandes al humedecerse tras la compactación” (Ulloa, 2012, p. 19).

2.2.2. Granulometría.

La gradación total da como resultado el porcentaje de cada uno de los tamaños en una muestra, estos resultados son expresado basándose en la cantidad de material que pasa por determinado tamiz con respecto al peso total de la muestra. Esta distribución de partículas está directamente relacionada con características físicas que influyen en su desempeño al momento de ser utilizadas como material para pavimento.

Las especificaciones de gradación granulométrica dependen de tres factores principales: Experiencia en proyectos anteriores, resultados de laboratorio y estudios de campo. La gradación del material está dispuesta para

mantenerse cerca del valor de la densidad máxima, fórmula desarrollada por Fuller y Thompson.

$$P = 100\left(\frac{d}{D}\right)^n$$

En pavimentos comunes la gradación que se usa es de densidad máxima, esta característica asegurará un mejor drenaje y fricción de partículas, en cambio la gradación abierta se usa para mezclas asfálticas resistentes.

Por lo general la distribución de agregados se caracterizan como: Uniforme, bien graduada y graduada no uniforme. Estas graduaciones se muestran en una escala semilogarítmica. (Menéndez, 2016, p 137).

El análisis granulométrico para agregados está normado por el “Manual de Ensayo de Materiales” de la dirección general de caminos y ferrocarriles perteneciente al Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), El MTC E 204 señala la correcta forma de muestreo, así como de equipos necesarios para el ensayo, se indica también como referencia normativa a la NTP 400.012 “Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global”

A continuación, se enlistan los tamices utilizados para la determinación de la granulometría.

Tabla 4 *Listado de tamices*

| Ítem | Pulgadas | Milímetros |
|------|----------|------------|
| 1 | 2" | 50,8 mm |
| 2 | 1 ½" | 37,5 mm |
| 3 | 1" | 25,4 mm |
| 4 | ¾" | 19 mm |
| 5 | ½" | 12,5 mm |
| 6 | 3/8" | 9,5 mm |
| 7 | Nº 4 | 4,75 mm |
| 8 | Nº 8 | 2,36 mm |
| 9 | Nº 16 | 1,18 mm |
| 10 | Nº 30 | 0,6 mm |
| 11 | Nº 50 | 0,3 mm |
| 12 | Nº 100 | 0,15 mm |
| 13 | Nº 200 | 0,075 mm |

Fuente: Elaboración propia.

Es con base a estas medidas que la ASTM “American Association for Testing Materials” nos da los requerimientos mínimos de granulometría para materiales que serán usados en base o sub bases granulares. Dividiéndolos típicamente en 2.

“Type I—Mixtures consisting of stone, gravel, or slag with natural or crushed sand and fine mineral particles passing a No. 200 (75- μ m) sieve and conforming to the requirements of Table 1 for Gradation A, B, C, or D.” (ASTM, 1994, P. 1).

Lo que indicia al tipo 1 como una mezcla consistente en piedras, gravas, arenas o arenas trituradas y partículas minerales pasantes del tamiz Nº 200. Cumpliendo los requerimientos de la tabla 5.

Type II—Mixtures consisting of natural or crushed sand with fine mineral particles passing a No. 200 (75- μ m) sieve, with or without stone, gravel, or slag, and conforming to the requirements of Table 1 for Gradation E or F.” (ASTM, 1994, P. 1).

Lo que indica al tipo 2 como una mezcla consistente en arenas o arenas trituradas con partículas minerales pasantes del tamiz N° 200, con o sin piedras, gravas. Cumpliendo los requerimientos de la tabla 5.

El agregado grueso retenido en el tamiz N° 10 (2 mm) es usado para el tipo 1 y 2 y consiste en partículas duras y durables o en fragmentos de roca, grava y arena; los materiales que se quiebran si son sometidos a procedimientos de congelamiento y descongelamiento, así como de saturación y secado no serán usados. El agregado grueso deberá tener un porcentaje de desgaste no mayor a 50% en la prueba de abrasión los Ángeles. (ASTM, 1994, P. 1).

El agregado fino usado para el tipo 1 y 2 que pase el tamiz N° 10 (2 mm) consistirá en arenas y finas partículas minerales pasantes del tamiz N° 200 (75 μ m), El material pasante del N° 200 no debe ser mayor a dos terceras partes del material pasante del tamiz N° 40 (425 μ m). El material pasante del tamiz N° 40 debe tener un límite líquido no mayor a 25 y un índice plástico no mayor a 6. (ASTM, 1994, P. 1).

Es necesario recordar que tanto para el tipo 1 o 2 el material debe estar libre de cualquier rastro de materia orgánica, terrones o bolas de arcilla.

Tabla 5 *Requerimientos de gradación para material de base granular*

| Tamiz: aperturas de la malla | Porcentaje de peso pasante | | | | | |
|------------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Tipo 1 | | | Tipo 2 | | |
| | Gradación A | Gradación B | Gradación C | Gradación D | Gradación E | Gradación F |
| 2" (50 mm) | 100 | 100 | ... | ... | ... | ... |
| 1" (25 mm) | | 75 a 95 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3/8" (9.5 mm) | 30 a 65 | 40 a 75 | 50 a 85 | 60 a 100 | ... | ... |
| Nº 4 (4.75 mm) | 25 a 55 | 30 a 60 | 35 a 65 | 50 a 85 | 55 a 100 | 70 a 100 |
| Nº 10 (2 mm) | 15 a 40 | 20 a 45 | 25 a 50 | 40 a 70 | 40 a 100 | 55 a 100 |
| Nº40 (425 µm) | 8 a 20 | 15 a 30 | 15 a 30 | 25 a 45 | 20 a 50 | 30 a 70 |
| Nº 200 (75 µm) | 2 a 8 | 5 a 15 | 5 a 15 | 8 a 15 | 6 a 15 | 8 a 15 |

Fuente: ASTM, traducción propia.

Sobre esta gradación es importante recordar que la gradación A es utilizada para zonas con una altitud superior a los 3000 m.s.n.m.

Es habiendo definido los requerimientos de graduación que surge la necesidad de definir la clasificación del material en términos como grava, arena, partículas, etc. Es de esta manera que para la clasificación apropiada del material existen dos escuelas o metodologías.

La primera de ellas es la clasificación de los suelos por la metodología SUCS (Sistema Unificado de Clasificación De Suelos). Es un sistema de clasificación aplicado a la mayoría de suelos en la construcción (describiendo la textura y tamaño), donde se clasifica a los suelos cuyos elementos sean menores a las 3" (7.62cm), se distinguen en dos grupos, los cuales serán

filtrados a través del tamiz N° 200 (0.075mm) siendo los que sean retenidos suelos gruesos y los que pasen suelos finos, a continuación, la tabla de clasificación.

Tabla 6 *Clasificación de suelos – Clasificación SUCS*

| Símbolo | Definición |
|---------|------------|
| G | Grava |
| S | Arena |
| M | Limo |
| C | Arcilla |
| O | Orgánico |

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla identifica la primera parte de la nomenclatura, en la cual se describe el material predominante en la muestra, a continuación, se muestra la clasificación según la gradación del material y también según la plasticidad del suelo.

Tabla 7 *Clasificación de suelos - Clasificación SUCS*

| Letra | Definición |
|-------|---|
| P | Pobrementemente graduado (tamaño de partícula uniforme) |
| W | Bien graduado (tamaños de partícula diversos) |
| H | Alta plasticidad |
| L | Baja plasticidad |

Fuente: Elaboración propia

Es de esta forma que tenemos la clasificación usada por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

Figura 5 Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación SUCS

| | | | |
|--|---|--|--|
| | Gravas bien graduadas mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares | | Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo |
| | Gravas mal graduadas, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino | | Arenas arcillosas, mezcla de arena-arcillosa |
| | Gravas limosas mezclas de grava arena limosa | | Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limos arcillosos con ligera plasticidad |
| | Gravas arcillosas mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino | | Limo orgánicos de plasticidad baja o mediano, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras |
| | Arenas bien graduadas, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios | | Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad |
| | Arenas mal graduadas con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios | | Limos inorgánicos suelos finos granosos o limosos micáceas o diatomáceas, limos elásticos |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de suelos y Pavimentos

Figura 6 Signos Convencionales para perfil de Calicatas – Clasificación SUCS

| | |
|--|--|
| | Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas |
| | Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicas |
| | Turba, suelos considerablemente orgánicos |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de suelos y Pavimentos

La segunda metodología de clasificación de los suelos es la que diseñó la American Association of State Highway and transportation Officials (AASHTO). La clasificación según este sistema es usada mayoritariamente para el juzgamiento de la aceptabilidad de un suelo que será usado como

material de sub-base y base para la construcción de pavimento. Se distinguen 8 grupos A-1; A-2; y así de manera secuencial hasta el A-8, basando su clasificación en criterios similares a los del SUCS.

De esta forma se establece que los suelos granulares cuyo porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-1, A-2 y A-3. Los suelos limo-arcilla o de material fino son aquellos cuyo porcentaje pasante del tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Finalmente, los suelos orgánicos están constituidos principalmente de materia orgánica, estos pertenecen al grupo A-8.

En cuanto al rango del tamaño de partículas tenemos que. Los cantos rodados serán retenidos por el tamiz 3", la grava pasara por el tamiz de 3" pero será retenida en el tamiz N° 10 (2 mm), la arena pasará por el tamiz N° 10 y será retenida por el tamiz N° 200 (0.075 mm) y el limo y arcilla pasaran por el tamiz N° 200.

Para la diferenciación de suelos limosos de arcillosos se establece un índice de plasticidad. El termino limosos será aplicado para suelos cuya fracción fina tenga un índice de plasticidad menor a 10, el termino arcillo es para suelos cuya fracción fina tiene un índice de plasticidad de 11 a más.

Figura 7 Signos Convencionales para perfil de calicatas – clasificación AASHTO

| Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO | | | |
|---|---------------|------------|-------------------|
| Simbología | Clasificación | Simbología | Clasificación |
| | A-1-a | | A-5 |
| | A-1-b | | A-6 |
| | A-3 | | A-7-5 |
| | A-2-4 | | A-7-6 |
| | A-2-5 | | MATERIA ORGANICA |
| | A-2-6 | | ROCA SANA |
| | A-2-7 | | ROCA DESINTEGRADA |
| | A-4 | | |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de Suelos y Pavimentos

Considerando estas dos metodologías el “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de suelos y Pavimentos. Establece la clasificación de suelos según el tamaño de partículas.

Tabla 8 *Clasificación de suelos según tamaño de partículas.*

| Tipo de Material | Tamaño de partícula |
|------------------|--------------------------------|
| Grava | 75 mm – 4.75 mm |
| Arena | Arena gruesa 4.75 mm – 2.00 mm |
| | Arena media 2.00 mm – 0.425 mm |
| | Arena fina 0.425 mm – 0.075 mm |
| Material Fino | Limo 0.075 mm – 0.005 mm |
| | Arcilla Menor a 0.005 mm |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de Suelos y Pavimentos.

2.2.3. Diseño de pavimento flexible.

“Los pavimentos flexibles son sistemas de capas con mejores materiales en la parte superior” (Menéndez, 2016, p 155).

El pavimento flexible típico está conformado por capas las cuales son identificadas como superficie o carpeta de rodadura, base, sub-base, sub-rasante en orden descendente.

La superficie o carpeta de rodadura esta usualmente hecha de una mezcla bituminosa en caliente, conocido como Hot Mix Asphalt (HMA). Es una mezcla de aproximadamente 95% rocas, arenas, o grava unidas por cemento asfáltico, un producto derivado del crudo del petróleo, el cemento asfáltico se calienta para mezclarlo con los agregados en una planta con equipos adecuados para luego ser cargado en camiones que transportan la mezcla (Pavement Association of Michigan). Esta metodología cambia dependiendo de la zona de trabajo y los recursos.

La base puede ser de material granular o estabilizada con asfalto, cemento portland u otro agente estabilizador. Cuando la base es de material granular esta debe de cumplir ciertos requerimientos mínimos empezando por los requerimientos granulométricos explicados en la tabla 2, además de ensayos adicionales requeridos por el MTC.

Tabla 9 *Ensayos requeridos por el MTC*

| Ítem | Ensayo |
|------|--|
| 1 | Limite liquido ASTM D-4318, MTC E 110. |
| 2 | Limite plástico ASTM D-4318, MTC E 111. |
| 3 | Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E 108. |
| 4 | Clasificación SUCS ASTM D-2487. |
| 5 | Contenido Sulfatos ASTM D-516. |
| 6 | Contenido Cloruros ASTM D-512. |
| 7 | Contenido Sales Solubles Totales MTC E 219. |
| 8 | Clasificación AASHTO M-145. |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de Suelos y Pavimentos.

Además de ensayos especiales:

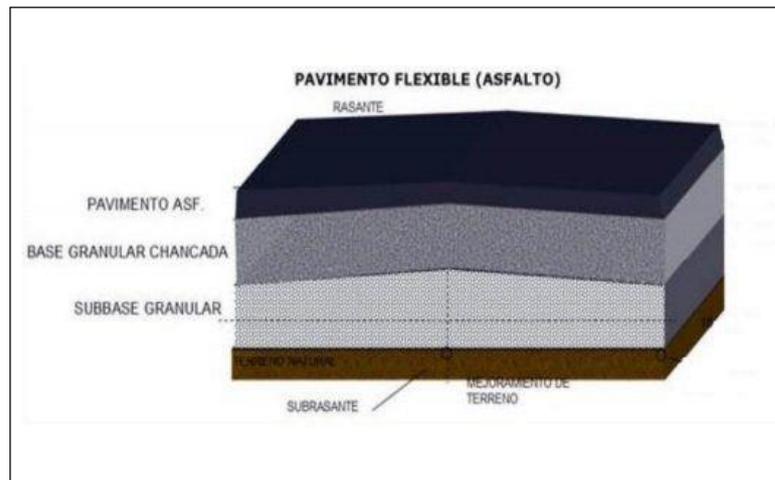
Tabla 10 *Ensayos especiales*

| Ítem | Ensayo Especial |
|------|--|
| 1 | California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC E 132, o Módulo resiliente de suelos de subrasante AASHTO T 274, MTC E 128 |
| 2 | Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E 115 |
| 3 | Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC E 114 |
| 4 | Ensayo de Expansión Libre ASTM D-4546 |
| 5 | Colapsabilidad Potencial ASTM D-5333 |
| 6 | Consolidación Uniaxial ASTM D-2435 |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de Suelos y Pavimentos.

La sub base siempre será granular, además de que la parte superior de la subrasante es en ocasiones estabilizada con cemento o cal.

Figura 8 Capas del pavimento flexible

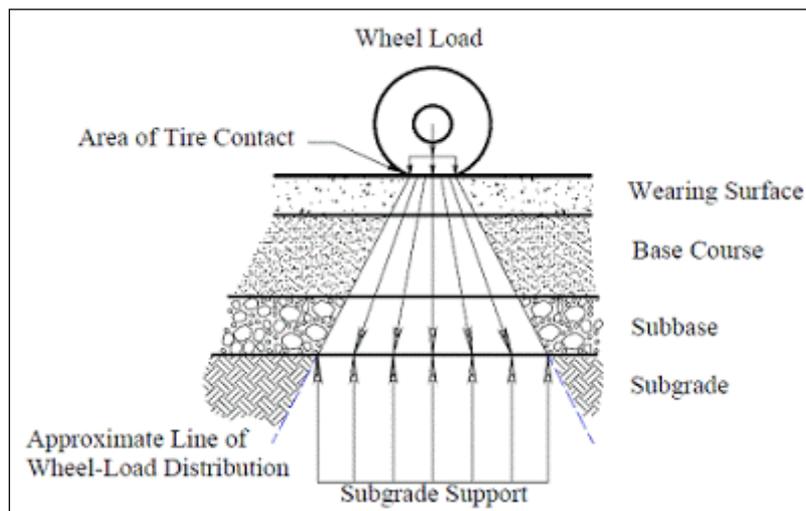


Fuente: Google imagen

El pavimento flexible distribuye la carga en una menor área teniendo como resultado lógico la transmisión de esfuerzos hasta una mayor profundidad, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad la fuerza se distribuye sobre un área mayor teniendo como resultado una tensión mayor en las capas superficiales del pavimento. Es por ello que se toma especial énfasis en las capas superiores del pavimento flexible, capa de rodadura y base granular debido a que una pequeña deformación o falla en estas es un detonante para fallas críticas que se producirán con el tiempo.

El patrón de esfuerzos inducidos a una estructura de pavimento como resultado del tránsito de vehículos es muy complejo. Un elemento de pavimento está sujeto a pulsos de carga que involucran componentes de esfuerzos normales y cortantes. Los esfuerzos son transitorios y cambian con el tiempo conforme la carga avanza. El esfuerzo cortante cambia de sentido conforme la carga pasa, provocando así una rotación de los ejes de esfuerzos principales (Lekarp et al., 1997).

Figura 9 Distribución de fuerzas en el Pavimento Flexible



Fuente: Google imagen

Donde:

- Wheel load: Carga por llanta
- Area of tire contact: Área de contacto de la llanta
- Wearing Surface: Capa de rodadura
- Base course: La capa de la base
- Subbase: Sub base
- Subgrade: Sub rasante
- Subgrade support: La normal de la sub rasante
- Approximate line of Wheel-load distribution: Línea aproximada de distribución de la carga de la rueda.

El espesor requerido por capa para pavimentos flexibles depende de tres factores principalmente que se tienen en cuenta al momento del diseño de la estructura. Siendo estos: La calidad y características del agregado, la magnitud y repeticiones de las cargas de tráfico y la vida útil deseada para la pavimentación. El espesor típico por capa se resume a continuación.

Tabla 11 *Espesor típico de las capas del pavimento flexible*

| Capa del pavimento | Espesor |
|--------------------|--------------|
| Capa superficial | 1" < x < 10" |
| Base granular | 4" < x < 12" |
| Sub base granular | 6" < x < 20" |

Fuente: Ingeniería de Pavimentos tomo 3 2da edición

El "Manual de Carreteras" suelos, geología, geotecnia y pavimentos en su sección de suelos y pavimentos, capítulo XII indica que se ha optado por los métodos más generalizados y uso actual. Los métodos son:

- a. Método AASHTO Guide for design of pavement structures 1993.
- b. Análisis de la performance o comportamiento del pavimento durante el periodo de diseño.

El método de la AASHTO fue desarrollado en función a la evaluación de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la sub rasante para el cálculo de espesores. El propósito del cálculo es determinar el Número estructural requerido (SNr) y determinar el conjunto de espesores de cada capa. Es así que tenemos.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

2.2.4. Ensayo CBR.

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) es el ensayo por medio del cual se mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, para de esta manera poder evaluarlo y juzgar si será buen material o no para ser usado como subrasante, sub base y base de pavimentos, estos ensayos se dan bajo

condiciones controladas de humedad y densidad. Este ensayo es normado por los siguientes documentos a nivel internacional: ASTM 1883 y /o por la norma UNE 103502 principalmente, en el ámbito nacional tenemos la Norma Técnica Peruana NTP. 339.145 del año 1999 (revisada el 2019).

El índice CBR obtenido a través de la realización del ensayo, no es una propiedad intrínseca del suelo, sino que depende de las condiciones de humedad y densidad de la muestra, es a partir de este índice obtenido que se calcula el módulo de resiliencia (valor necesario para resolver la ecuación N° 2), este módulo de acuerdo al “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, se obtendrá a partir de la tabla 12, la MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide) recomienda también la siguiente ecuación.

$$M_R (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

Tabla 12 *Modulo resiliente obtenido por correlación con CBR*

| CBR% Sub Rasante | Módulo Resiliente Sub Rasante (M_R) (PSI) | Módulo Resiliente Subrasante (M_{PA}) (M_{PA}) |
|---------------------|---|--|
| 6 | 8043.00 | 55.45 |
| 7 | 8877.00 | 61.20 |
| 8 | 9669.00 | 66.67 |
| 9 | 10426.00 | 71.88 |
| 10 | 11153.00 | 76.90 |
| 11 | 11854.00 | 81.73 |
| 12 | 12533.00 | 86.41 |
| 13 | 13192.00 | 90.96 |
| 14 | 13833.00 | 95.38 |
| 15 | 14457.00 | 99.68 |
| 16 | 15067.00 | 103.88 |
| 17 | 15663.00 | 107.99 |
| 18 | 16247.00 | 112.02 |
| 19 | 16819.00 | 115.96 |
| 20 | 17380.00 | 119.83 |
| 21 | 17931.00 | 123.63 |
| 22 | 18473.00 | 127.37 |
| 23 | 19006.00 | 131.04 |
| 24 | 19531.00 | 134.66 |
| 25 | 20048.00 | 138.23 |
| 26 | 21558.00 | 141.74 |
| 27 | 21060.00 | 145.20 |
| 28 | 21556.00 | 148.62 |
| 29 | 22046.00 | 152.00 |
| 30 | 22529.00 | 155.33 |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de suelos y Pavimentos.

Los ensayos CBR son realizados sobre materiales compactados con distintos esfuerzos de compactación, esto para obtener distintos pesos unitarios uno que esté por encima y otro por debajo del peso unitario deseado,

una vez que los tres especímenes han sido sometidos al agua para humedecerse, u otro tratamiento específico como curado, estos mismos serán sometidos al ensayo para determinar el índice CBR que consiste en la penetración de un vástago cilíndrico, los resultados del esfuerzo versus la profundidad de penetración se plotean para la determinación del CBR de cada espécimen. Para la determinación del índice CBR en base a alguna característica en especial, se procederá de la misma manera, teniendo en cuenta la preparación de una serie de espécimen por cada indicador de la característica en especial, la gráfica final será el índice CBR versus el indicador de la característica especial.

Es así que para la caracterización de los materiales usados en la subrasante el MTC establece la siguiente tabla.

Tabla 13 *Categorías de Subrasante.*

| Categorías de Subrasante | CBR |
|-----------------------------------|--------------------|
| S_0 : Subrasante Inadecuada | CBR < 3% |
| S_1 : Subrasante Pobre | De CBR \geq 3 % |
| | A CBR < 6% |
| S_2 : Subrasante Regular | De CBR \geq 6 % |
| | A CBR < 10% |
| S_3 : Subrasante buena | De CBR \geq 10 % |
| | A CBR < 20% |
| S_4 : Subrasante Muy Buena | De CBR \geq 20 % |
| | A CBR < 30% |
| S_5 : Subrasante Extraordinaria | CBR \geq 30% |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección de suelos y Pavimentos.

2.2.5. Degradación de bases granulares.

2.2.5.1. Bases granulares.

Las bases granulares para pavimentos flexibles son las estructuras de soporte del mismo, conformado usualmente por suelos de granos gruesos, estas bases deben de contar con suficiente fricción entre sus partículas para resistir y ser estables ante la acción de las cargas vehiculares, con fines de cumplir esta condición las bases deben de tener un límite máximo de finos pasantes de la malla N° 200 suficiente para mantener el grado de compactación y cohesión de sus componentes. Las partículas finas en exceso pueden perjudicar seriamente el drenaje de los pavimentos generando otros problemas adicionales. Las bases granulares deben de ser compactadas hasta alcanzar una densidad máxima que minimice la deformación permanente producida por cargas.

El material granular para la capa de base debe de cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la sección 403 del manual de carreteras, el cual indica que los requisitos granulométricos son los mencionados en la tabla dos, en específico la gradación de tipo A para alturas mayores a 3000 m.s.n.m. Además, para los valores de CBR mínimo se establece lo siguiente.

Tabla 14 *Valor mínimo de CBR*

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------|
| Valor relativo de soporte, CBR (1) | Trafico en ejes equivalentes ($<10^6$) | Mín. 80% |
| | Trafico en ejes equivalentes ($\geq 10^6$) | Mín. 100% |

Fuente: “Manual de Carreteras” Especificaciones técnicas generales para construcción.

La compactación de una base granular es un requisito esencial para su conformación, es por ello que se hace un seguimiento especial a los requerimientos, entre ellos tenemos la comprobación de la misma cada 250 m² los valores mínimos de D_i tienen que ser mayores o iguales al 100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado (D_e). Por ello tenemos.

$$D_i \geq D_e$$

La humedad de trabajo en campo no debe variar en más o menos del 1,5% del óptimo contenido de humedad obtenido en el ensayo proctor.

Para la comprobación del espesor de la base, se escogerán tramos en los cuales se efectuará un control y se obtendrá un espesor promedio el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño. Así tenemos.

$$e_m \geq e_d$$

Además de que cada valor medido deberá ser, como mínimo, igual al 95% del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0,95 e_d$$

Una base granular al estar conformada por suelos de grano grueso también requiere requisitos mínimos por parte de este, conocido como agregado grueso son los materiales retenidos por la malla N° 4, estos son de fuentes naturales o procesados y deberán cumplir con las condiciones mencionadas en la tabla 15.

Tabla 15 *Requerimientos agregado grueso.*

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimientos Altitudes | |
|--------------------------------------|-----------|------------|--------------|--------------------------|-----------------|
| | | | | < 3000 m.s.n.m. | ≥ 3000 m.s.n.m. |
| Partículas con una cara fracturada | MTC E 210 | D5281 | | 80% mín. | 80% mín. |
| Partículas con dos caras fracturadas | MTC E 210 | D5281 | | 40% máx. | 50% máx. |
| Abrasión los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 40% máx. | 40% máx. |
| Partículas chatas y alargadas | | D4791 | | 15% máx. | 15% máx. |
| Sales solubles totales | MTC E219 | D 1888 | | 0,5% máx. | 0,5% máx. |
| Durabilidad al sulfato de magnesio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | | 15% máx. |

Fuente: “Manual de Carreteras” Especificaciones técnicas generales para construcción.

En cuanto al agregado fino, entrarán en esta categoría todo el material pasante de la malla N° 4, que podrán ser también de origen natural o procesado y deberá de cumplir con los siguientes valores.

Tabla 16 *Requerimiento agregado fino.*

| Ensayo | Norma MTC | Requerimientos altitud | |
|------------------------------------|-----------|------------------------|-----------------|
| | | < 3000 m.s.n.m. | ≥ 3000 m.s.n.m. |
| Índice plástico | MTC E 111 | 4% máx. | 2% máx. |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 35% mín. | 45% mín. |
| Sales solubles | MTC E 219 | 0,5% máx. | 0,5% máx. |
| Durabilidad al sulfato de magnesio | MTC E 209 | | 15% |

Fuente: “Manual de Carreteras” Especificaciones técnicas generales para construcción.

2.2.5.2. Degradación.

“La degradación de los materiales granulares de las bases y sub bases empleadas en estructuras de pavimentos son susceptibles a

degradarse debido a múltiples factores inherentes a los procesos de producción, construcción y operación vial.” (Espinoza y Ortiz, 2019, p1)

La degradación es definida como el proceso por el cual un material pierde características físicas, químicas, biológicas, etc. En este caso en específico definimos la degradación de las bases granulares.

Una base granular está compuesta por suelos granulares de granos gruesos, para la elaboración de esta, el suelo es sometido a distintos ensayos en laboratorio y campo, para determinar si el material es el adecuado o no para resistir distintas condiciones. Uno de estos ensayos es el de compactación (proctor) en el cual muestras tomadas del suelo son compactadas por un martillo, controlando las condiciones de humedad. En este ensayo se pretende emular las fuerzas de compactación producidas por el equipo de construcción además de las del tránsito, este proceso fue desarrollado de forma empírica por lo que la cantidad de golpes necesarios se estableció tras varios ensayos.

“Los materiales granulares para capas estructurales de pavimentos se solían considerar como materiales inertes que no sufrían daños substanciales a lo largo del tiempo” (Tamayo, 1983). Sin embargo, se ha demostrado que estas capas son susceptibles a degradarse debido a distintos procesos.

La degradación puede clasificarse en dos. La degradación química es la descomposición de los minerales que conforman los agregados, debido a factores externos al tránsito o al entorno de la carretera. La degradación mecánica es la modificación de las propiedades físicas debido

a la aplicación de cargas sobre el material (tránsito de vehículos), el principal efecto de esta última es la trituración parcial o completa de partículas gruesas en partículas más finas.

Es así que la compactación induce un proceso de degradación físico-mecánica, el cual produce cambios significativos en el material granular alterando su comportamiento y acelerando aún más el proceso de degradación, (Zeghal, 2009) en un estudio sobre bases granulares compactadas en campo y luego sometidas a pruebas en laboratorio, reportó cambios en su granulometría que afectaron la rigidez debido a la producción de arenas. (Bábic, 2000) reportó cambios en el material que conllevaron a la reducción de la permeabilidad y la capacidad de carga asociadas a la existencia de contenidos de arcilla superiores al 5%.

2.3. Definición de términos.

Asfalto: El asfalto es un material bituminoso de color negro o café oscuro, constituido principalmente por asfáltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad; es sólido o semisólido y tiene propiedades cementantes a temperaturas ambientales normales. Al calentarse se ablanda gradualmente hasta alcanzar una consistencia líquida. Estos pueden tener dos orígenes; los derivados de petróleos y los naturales. Productos Bituminosos (Instituto del Asfalto. Manual del Asfalto).

Características del asfalto: El asfalto es un líquido viscoso constituido esencialmente por hidrocarburos o sus derivados, a continuación, enlistamos algunas de sus características:

- Consistencia: Se refiere a la dureza del material, la cual depende de la temperatura. A altas temperaturas se considera el concepto de viscosidad para definirla.
- Durabilidad: Capacidad para mantener sus propiedades con el paso del tiempo y la acción de agentes envejecedores.
- Susceptibilidad Térmica: Variación de sus propiedades con la temperatura.
- Pureza: Definición de su composición química y el contenido de impurezas que posee.
- Seguridad: Capacidad de manejar el asfalto a altas temperaturas sin peligros de inflamación.

Ahuellamiento: Son surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

Base: Es una capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico, o de concreto hidráulico. Su función principal es servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capa drenante.

Capa asfáltica de superficie: Es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también Capa de Desgaste o Capa de Rodadura.

Capa de base asfáltica: Es una capa estructural de algunos pavimentos flexibles compuesta de agregados minerales unidos con productos asfálticos. También conocida como Base Negra.

Estructura de pavimento asfáltico: Es una estructura de pavimento con todas sus capas de mezclas asfálticas, o de una combinación de capas asfálticas y base granulares, colocadas encima de la sub-rasante natural o estabilizada.

Imprimación asfáltica: Es Asfalto diluido, aplicado con un rociador de boquilla que permite una distribución uniforme sobre la Base Granular para impermeabilizarla y lograr su adherencia con la Capa Asfáltica de Superficie.

Granulometría: Se entiende por granulometría al estudio de la distribución estadística de los elementos de una muestra (suelo en este caso), clasificándolos según su tamaño (diámetro). Su representación más común es a través de tablas, número y gráficas. Es necesario destacar que la granulometría está fuertemente ligada a las características físicas del material en estudio.

2.4. Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general.

La degradación aplicada a las bases granulares modifica los parámetros de diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC.

2.4.2. Hipótesis específica.

1. La degradación de propiedades físicas modifica la distribución granulométrica como parámetro de diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC.

2. La degradación aplicada a las bases granulares altera el valor de CBR, cambiando el factor del módulo de resiliencia en el diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC.
3. La degradación aplicada a las bases granulares, no altera las propiedades químicas en el diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC.

2.5. Variables.

Las variables dentro del proceso de investigación son variantes que se definen durante el proceso de la investigación, estas son de dos tipos la dependiente y la independiente. Se diferencian claramente en su significado y en la influencia de una en la otra.

2.5.1. Definición conceptual de la variable.

Variable independiente (X):

Las variables independientes son las que serán manipuladas directamente por el investigador durante todo el proceso, para averiguar las modificaciones o cambios que provoca en la variable dependiente. Es de esta forma que definimos a la variable independiente como la degradación de bases granulares, este fenómeno se da por distintos factores, pero todos ellos producen la pérdida de características requeridas para el agregado, disminuyendo su idoneidad para la conformación de la base granular. (Álvarez y Espinoza, 2019, p. 1)

Variable dependiente (Y):

Las variables dependientes son aquellas que se modifican o sufren de cambios debido a la acción de la variable independiente, en tal sentido establecemos el diseño de pavimentos flexibles como la variable dependiente.

El diseño de pavimento flexible es el cálculo del dimensionamiento de las capas estructurales de un pavimento (sub base, base y asfalto) el espesor requerido para cada capa de pavimento flexible es muy variable, depende de los materiales utilizados, la magnitud y la repetición de las cargas de tráfico, las condiciones ambientales y la vida útil deseada. Estos factores se consideran en el proceso de diseño del pavimento, para que el mismo dure el tiempo de vida esperado sin fallas excesivas (Menéndez, 2013, p. 78)

2.5.2. Definición operacional de la variable.

La variable en estudio será la independiente, puesto que sobre ella ocurrirán los efectos de la dependiente, los cuales se evaluarán y analizarán para poder afirmar o desmentir la hipótesis.

La degradación de la base granular como se ha explicado anteriormente es la pérdida de ciertas características por el proceso de desgaste, en específico el mecánico que conlleva a la pérdida de ciertas características del material tanto físicas como mecánicas. Es de esta forma que el material seleccionado pierde su idoneidad, alterando valores que repercuten directamente en el diseño de los pavimentos flexibles.

Podemos medir el concepto de degradación expresándolo en dos dimensiones claras y muy bien definidas, las propiedades físicas y mecánicas. Aunque una base granular puede ser degradada en otros aspectos como químicos, biológicos u otros, son las propiedades físicas y mecánicas las que se estudian dado que son las afectadas de forma directa por un proceso de desgaste mecánico.

Habiendo expresado esas dos dimensiones tenemos que definir sus indicadores los cuales serán evaluados antes y después del proceso de experimentación para poder tener data suficiente para analizar y comprobar o refutar la hipótesis planteada. Las propiedades físicas del suelo hacen referencia a la estructura interna, características de humedad, textura, color, consistencia, porosidad, etc. Siendo amplia la cantidad de propiedades físicas establecemos que aquellas relacionadas intrínsecamente con el diseño de pavimentos son las de granulometría incluyendo los requisitos mencionados en las tablas 12 y 13. Las propiedades mecánicas del suelo son aquellas que determinan su comportamiento estructural, como mejores indicadores del comportamiento estructural se realizan los ensayos de CBR y proctor, ambos enfrentan las características mecánicas del suelo ante distintas situaciones y sus respuestas a ellas.

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 17 Operacionalización de variables

| Variable | Definición conceptual | Dimensiones (factores) | Indicadores (definición conceptual) |
|---------------------------------|--|-------------------------------|--|
| Degradación de bases granulares | La degradación de los materiales granulares de las bases y sub bases empleadas en estructuras de pavimentos son susceptibles a degradarse debido a múltiples factores inherentes a los procesos de producción, construcción y operación vial | Degradación física | Granulometría Porcentaje de partículas chatas y alargadas Porcentaje de partículas con caras fracturadas |
| | | Degradación mecánica | CBR Abrasión Los Ángeles Ensayo Proctor |
| | | Degradación química | Durabilidad al sulfato de magnesio Impurezas orgánicas |
| Diseño de pavimentos flexibles | El diseño de pavimento flexible es el cálculo del dimensionamiento de las capas estructurales de un pavimento (sub base, base y asfalto) este dimensionamiento se realiza tomando en cuenta distintos factores económicos, de tránsito, viabilidad, etc. Entre estos factores los más importantes son propiedades físicas y mecánicas del material que será utilizado en la base y sub base. Estas propiedades físicas y mecánicas al ser alteradas modifican el resultado de la ecuación para el dimensionamiento de las capas del pavimento. | Carga Vehicular | Ejes Equivalentes |
| | | Parámetros estadísticos | Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Desviación Estándar |
| | | Parámetros de serviciabilidad | Variación de serviciabilidad |
| | | Parámetros del suelo | CBR de diseño MR de diseño |
| | | Número estructural | SN |
| | | Coefficientes estructurales | a1; a2; a3 |
| | | Coefficientes de drenaje | m2; m3 |
| Espesores de diseño | D1; D2; D3 | | |

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación.

El método de investigación para la presente tesis se define como la investigación científica que consiste básicamente en:

- Formular un Problema
- Establecer una hipótesis
- Instrumentar la prueba rigurosa de la hipótesis
- Analizar críticamente los resultados para confirmar o rechazar la hipótesis.

“Estos cuatro pasos describen la estructura de la actividad cognoscitiva del método científico. La formulación del problema se hace en

los marcos del objeto de estudio de la ciencia en cuestión. Constituye un problema aquel interrogante que no tiene respuesta en el conocimiento científico anterior; es decir, que no es posible responderlo a partir de los conceptos y leyes con que el científico acostumbra a explicar lo que ocurre” (Hernández y Ramos, 2018, p.18)

Por lo cual la investigación empezó al observar un fenómeno que ameritaba estudios. Por lo que se plantearon los problemas, objetivos e hipótesis, se delimitó la investigación y se diseñó un experimento para poder afirmar o refutar las hipótesis planteadas.

3.2. Tipo de investigación.

El tipo de investigación por la naturaleza del estudio será la investigación aplicada en la cual el problema está establecido y es conocido por el investigador. “la investigación aplicada sirve para tomar acciones y establecer políticas y estrategias, su característica básica es el énfasis en resolver problemas y la toma de decisiones a largo y corto plazo”. (Namakforoosh, 2005, p. 44) Para ello se utiliza la investigación básica (teorías científicas puras) con ello se pretende generar nuevo conocimiento en base a la investigación de un grupo control y un grupo experimental.

Para esto después de haberse planteado el problema general y haber delimitado la investigación se diseñó el experimento para poder dar respuesta al fenómeno de estudio, en este caso la influencia de la degradación de bases granulares en el diseño de pavimentos flexibles.

3.3. Nivel de investigación.

La investigación explicativa es aquel tipo de estudio que explora la relación causal, es decir, no solo busca describir o acercarse al problema objeto de investigación, sino que prueba encontrar las causas del mismo. “Se ajusta a aquellos casos en los que el tema a ser abordado ha sido poco o nada estudiado, permite un acercamiento a dicha realidad y a través de ellos se identifican relaciones potenciales entre variables y se establecen pautas para posteriores investigaciones.” (Universidad Santa María Decanato de Postgrado y Extensión Dirección de Investigación, p.42)

El nivel de investigación es explicativo, debido a que el proyecto explica la influencia de la degradación de la base granular en el diseño de pavimentos flexibles.

3.4. Diseño de la investigación.

El diseño adecuado para la presente tesis es la investigación cuantitativa de tipo cuasi-experimental “La metodología de investigación cuasi-experimental se utiliza para estudiar el posible efecto causal de las intervenciones o de los tratamientos en situaciones abiertas, es decir, fuera del contexto del laboratorio, donde el control es escaso y la aleatorización en la asignación de las unidades no resulta posible. Por lo general, los diseños cuasi-experimentales plantean cuestiones prácticas que tienen interés en distintos contextos de aplicación” (Balluerka y Vergara, 2002, p. 19)

Los diseños cuasi-experimentales, son los principales instrumentos de trabajo dentro del ámbito aplicado, son esquemas de investigación no aleatorios. Dado la no aleatorización, no es posible establecer de forma exacta

la equivalencia inicial de los grupos, como ocurre en los diseños experimentales. Cook y Campbell (1986) consideran los cuasi-experimentos como una alternativa a los experimentos de asignación aleatoria, en aquellas situaciones sociales donde se carece de pleno control experimental: Los cuasi-experimentos son como experimentos de asignación aleatoria en todos los aspectos, excepto en que no se puede presumir que los diversos grupos de tratamiento sean inicialmente equivalentes dentro de los límites del error muestral (Sampieri 1985)

Para esto se diseñó el proceso experimental sobre el material extraído de la cantera de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (DRTC).

ESQUEMA DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

G1 X O1

G2 -- O2

Donde:

G: Grupo de sujetos (G1, grupo 1; G2, grupo 2).

X: Tratamiento, estímulo o condición experimental (presencia de algún nivel o modalidad de la variable independiente).

O: Medición de los sujetos de un grupo (prueba, cuestionario, observación, etc.).

--: Ausencia de estímulo (nivel “cero” en la variable independiente).

3.5. Población y muestra.

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Para Hernández Sampieri, (2014), “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” en la presente tesis la población es la cantera de materiales de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones. Por qué es la encargada de suministrar con material granular para bases en las obras de pavimentación, cuyo material es previamente seleccionado y tratado.

El muestreo por conveniencia es la menos costosa de todas las técnicas de muestreo y la que consume menos tiempo. Las unidades de muestreo son accesibles, fáciles de medir y cooperativas. El muestreo por conveniencia intenta obtener una muestra de elementos convenientes. La selección de unidades de muestreo se deja principalmente al investigador. (Naresh, 2004, p. 321). La Muestra en esta ocasión será seleccionada del proceso de muestreo no probabilístico por conveniencia, deliberadamente se ha escogido y seleccionado material de la planta de asfalto de la DRTC Junín, debido a su idoneidad para proyectos de asfaltado.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para el análisis de los datos se utilizará la siguiente técnica de investigación: Se trabajará cuadros y figuras estadísticas. Las que servirán para presentar en forma ordenada el análisis de las variables. Se usarán el procesador de datos Microsoft Excel, que permitirá procesar datos obtenidos con los instrumentos de recolección.

3.7. Procesamiento de la información.

Dentro del proceso de experimentación se realizaron distintos ensayos sobre la muestra, que es el material extraído de la planta de asfalto de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (DRTC) Junín, estos ensayos son:

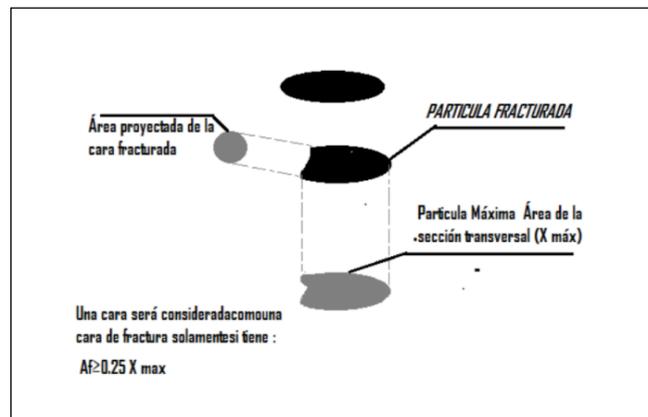
- Porcentaje de partículas con caras fracturadas.
- Equivalente de Arena.
- Sales solubles.
- Impurezas orgánicas
- Porcentaje de partículas chatas alargadas
- Abrasión los Ángeles.
- Clasificación de suelos.
- Ensayo proctor modificado.
- CBR

3.7.1. Ensayo de porcentaje de partículas fracturadas.

Este ensayo se realiza para determinar el porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contienen partículas fracturadas que reúnen requerimientos especificados. La presencia de partículas con caras fracturadas incrementa la fricción inter-partícula tanto en mezclas de material suelto como compactado. Se define como cara fracturada a la superficie rugosa y angulosa del agregado sea esta obtenida de manera natural o procesada, es importante especificar que las caras se consideran como fracturadas si aparte de ser angulosa y rugosa tiene un área proyectada

al menos tan larga como un cuarto del área máxima proyectada de la figura, así como se especifica en la figura 10.

Figura 10 Esquema de una partícula con una cara fracturada



Fuente: Google

Para la realización del ensayo en cuestión se hace uso de los equipos e instrumentos que se detallan:

- Balanza
- Tamices
- Separador o cuarteador
- Espátula

El ensayo comienza por secar la muestra para después ser tamizada a través del tamiz N° 4, después se separa o cuartea, hasta obtener la cantidad necesaria para el ensayo, la muestra debe ser lo suficientemente grande de modo que la partícula más grande este en más del 1% de la masa de la muestra, o la muestra debe ser tan grande como se indica a continuación.

Tabla 18 *Especificaciones de la muestral para el ensayo de caras fracturadas*

| Tamaño máximo nominal muestra de ensayo mínimo mm (pulg.) | Abertura cuadrada, mm (pulg) masa, g (aprox. lb) |
|---|--|
| 9.5 (3/8") | 200 (0.5) |
| 12.5 (1/2") | 500 (1) |
| 19.0 (3/4") | 1500 (3) |
| 25.0 (1") | 3000 (6.5) |
| 37.5 (1 1/2") | 7500 (16.5) |
| 50.0 (2") | 15000 (33) |
| 63.0 (2 1/2") | 30000 (66) |
| 75.0 (3") | 60000 (132) |
| 90.0 (3 1/2") | 90000 (198) |

Fuente: "Manual de Ensayo de Materiales" Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

A partir de este punto en el ensayo se determina la masa total de la muestra para luego separar las partículas con caras fracturadas de las que no tengan, una vez separadas se pesan ambos grupos y se saca el porcentaje respecto a la masa total, el mismo procedimiento se realiza si hay requerimiento de partículas con dos o más caras fracturadas.

Es importante recordar que las partículas deben de estar lavadas y secadas antes del inicio del pesaje. A continuación, el cálculo requerido.

$$P = \frac{F}{(F + N)} \times 100$$

Donde:

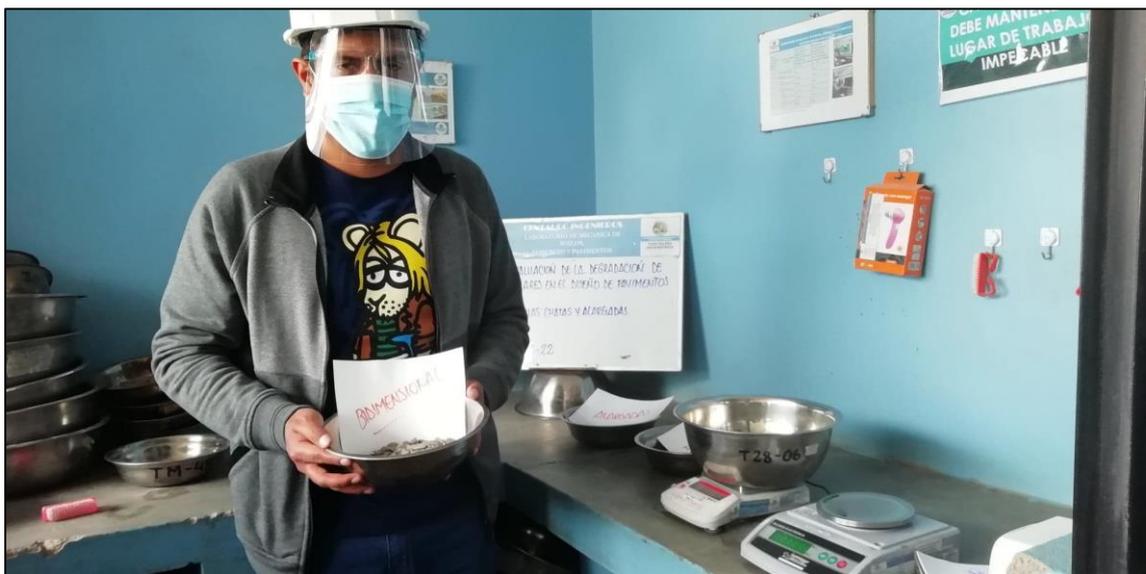
P: Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas.

F: Masa o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas.

N: Masa o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas o que no entran en el criterio de partícula fracturada.

A continuación, evidencia fotográfica de la realización del ensayo en el laboratorio.

Figura 11 Ensayo de caras fracturadas



Fuente: Propia

3.7.2. Ensayo de equivalente de arena.

El propósito de este ensayo es determinar las proporciones relativas de suelos arcillosos, finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4, este ensayo reconoce que los suelos granulares

son una mezcla de partículas, aquellas de grano grueso deseable y otras finas (polvo) que son indeseables.

Para la realización del siguiente ensayo se requiere de los siguientes equipos y materiales:

- Lata de medición: Una lata cilíndrica de aproximadamente 57 mm (2 ¼”) de diámetro, con una capacidad de 85 ± 5 mL.
- Tamiz N° 4 (4.75 mm).
- Embudo, de boca ancha para transferir los especímenes de ensayo dentro del cilindro graduado.
- Botellas, dos (unidades) de 3.8L para almacenar el stock de la solución de trabajo.
- Platillo plano, para mezclar.
- Reloj – cronometro, con lecturas en minutos y segundos.
- Papel filtro, Watman N° 2v
- Solución de trabajo, compuesta por: Cloruro cálcico Anhidro, 454g de grado técnico. Glicerina USP, 2050g (1640mL). Formaldehido (40 volumen % solución) 47g (45mL)

La preparación de la solución de trabajo empieza por disolverlos 454 g de cloruro en 1.9 L de agua destilada, se deja enfriar a temperatura ambiente y se filtra a través del papel filtro, se añade 2050 g de glicerina y 47 g de formaldehido a la solución filtrada. Se mezcla y diluye a 3.8L.

La preparación de la muestra para el ensayo comienza por obtener 1500 g de material pasante el tamiz N° 4. Se debe desmenuzar cualquier

grumo presente en el material retenido por el tamiz (solo en caso de que exista), para este fin se puede usar cualquier medio que no cause apreciable degradación del agregado. También se debe remover las capas de finos que están adheridos a cualquier partícula gruesa, para esto se puede secar el agregado grueso y refregar con las manos sobre un recipiente plano. Todo el material obtenido debe juntarse.

El procedimiento operacional está especificado en el manual de ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Consiste en la separación del material en la taza de lectura, para esto el material deberá ser hidratado con agua destilada suficiente para que al ser apretado forme un pequeño molde que permite su manipuleo para luego con la ayuda de un embudo colocarlo en probetas con medidas, que previamente tendrá 102 mm de la solución sifoneada, golpear la base para liberar burbujas de aire y dejar saturar el material durante 10 min, después de este tiempo asegurar un tapón para la probeta y se agitara durante 30 segundos requiriendo 90 ciclos. Por ultimo volver a irrigar con la solución de trabajo hasta llegar a los 38 cm en la probeta, en el irrigado se debe lavar las paredes de la probeta, así como ejercer fuerza de funcionamiento sobre el material. Dejar reposar 20 minutos justo después de retirar el tubo irrigador, al final de este tiempo lecturar y realizar los cálculos.

El cálculo necesario es el siguiente

$$SE = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de Arcilla}} \times 100$$

SE: Equivalente de arena.

A continuación, evidencia fotográfica de la realización del ensayo en el laboratorio.

Figura 12 Ensayo de equivalente de arena.



Fuente: Propia

3.7.3. Ensayo de sales solubles

Este ensayo busca determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos empleados en bases estabilizadas y mezclas asfálticas.

Para el ensayo se utiliza los siguientes materiales e insumos.

- Balanza con sensibilidad de 0.01g.
- Estufa, capaz de mantener temperaturas de 105 ± 5 °C
- Plancha de calentamiento
- Mechero
- Matraces aforados
- Vasos de precipitado

- Pipetas
- Tubos de ensayo
- Agua destilada
- Solución de nitrato
- Solución de cloruro de Bario

La muestra se prepara según la siguiente tabla.

Tabla 19 *Muestras para el ensayo de sales solubles*

| Agregado pétreo | Cantidad mínima (g) | Aforo mínimo (mL) |
|------------------|---------------------|-------------------|
| Grava 50 – 20 mm | 1000 | 500 |
| Grava 20 - 5 mm | 500 | 500 |
| Arena 20 mm | 100 | 500 |

Fuente: “Manual de Ensayo de Materiales” Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Para realizar el ensayo se seca la muestra en el horno a 110 °C, la muestra seca es colocada en un vaso de precipitado y se cubre encima de 3cm con agua destilada, se calienta hasta el punto de ebullición, se agita el espécimen durante 1 minuto, administrar este acto para que se repitan 4 veces en 10 minutos, se decanta durante 10 minutos, esto separará la parte solida de la liquida para traspasar el líquido a otro vaso, se separa este líquido en dos tubos de ensayo para suministrar los químicos que detectaran las sales. Este proceso se repetirá las veces que se necesaria hasta poder cristalizar las sales.

Los cálculos necesarios son:

$$\text{Sales solubles (\%)} = \frac{1}{\frac{C \times A}{D \times B} - 1} \times 100$$

Donde:

A: Masa de la muestra

B: Todos los líquidos acumulados.

C: Alícuota de B entre 50 y 100 mL

D: Masa de sales cristalizadas.

El ensayo se realizó en el laboratorio, a continuación, la evidencia fotográfica.

Figura 13 Ensayo de sales solubles



Fuente: Propia

3.7.4. Ensayo de impurezas orgánicas

Establece los procedimientos para la determinación cualitativa de la presencia de impurezas orgánicas en agregados finos, esto con el fin de advertir si los agregados contienen material pernicioso o no.

Los materiales a utilizar son:

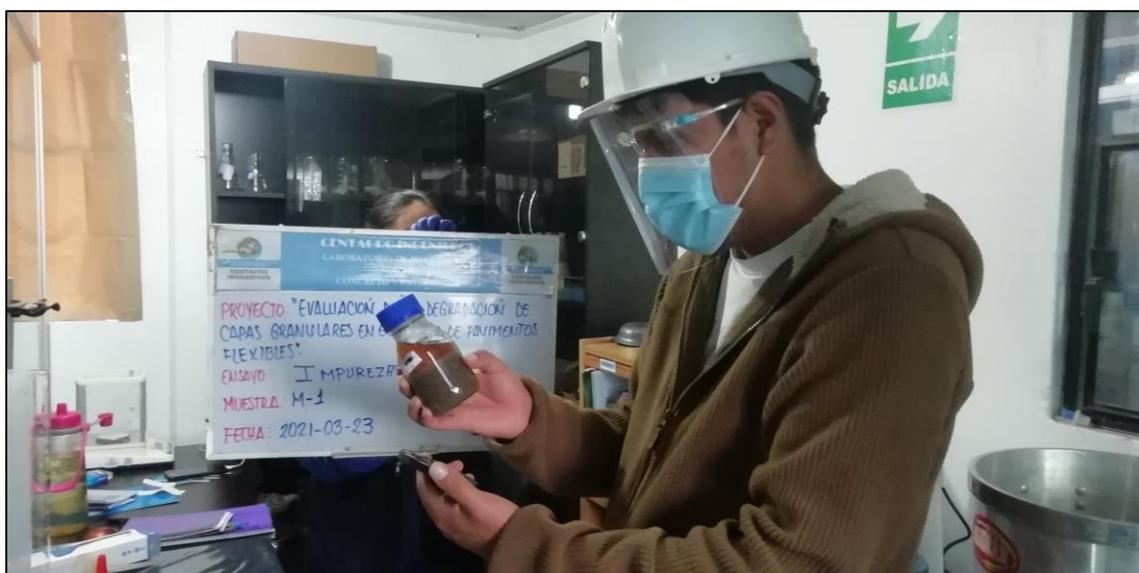
- Botellas graduadas de vidrio con tapas resistentes a los compuestos químicos necesario para el ensayo.
- Solución de referencia
- Compuesto NaOH (hidróxido de sodio)

El ensayo empieza por dosificar una solución con el hidróxido de Sodio donde este represente el 3% del total y el 97% restante será agua. Para la solución estándar de referencia se disuelve dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en ácido sulfúrico concentrado en una relación de 0.250 g/100 mL de ácido.

La muestra de agregado fino (pasante de la malla N° 4) es de 450g, la cual se llena en la botella graduada hasta alcanzar la lectura de 130 mL aproximadamente, el resto de muestra se guarda en caso de volver a repetir el ensayo, se adiciona el hidróxido de sodio hasta alcanzar un nivel de 200 mL, se tapa la botella y agita para dejar reposar 24 hora. Pasado este tiempo se prepara la solución de referencia (75ml aproximadamente) se coteja el color de este líquido contra el líquido sobrenadante de la muestra.

A continuación, la evidencia fotográfica de la realización del ensayo en el laboratorio.

Figura 14 Ensayo de impurezas orgánicas



Fuente: Propia

3.7.5. Ensayo de porcentaje de partículas chatas y alargadas.

Ensayo utilizado para determinar el porcentaje de las partículas chatas y alargadas, estas mismas pueden interferir con la consolidación y dificultan la colocación de los materiales.

Para la realización del ensayo, se requiere el uso de los siguientes materiales y equipos.

- Se utilizará un dispositivo calibrador proporcional, consistente en una base plana con dos postes fijos y un brazo giratorio.

Para la muestra se tomarán partículas retenidas en la malla N° 4 (aproximadamente 100), que después del proceso de lavado y secada se cuartearán. Luego se evalúan cada una de estas partículas individualmente y se determinan si están categorizadas como chatas y/o alargadas. Esta evaluación suele realizarse principalmente a criterio del laboratorista quien deberá tener experiencia previa en los ensayos.

3.7.6. Ensayo de abrasión los Ángeles.

Este ensayo se realiza con la finalidad de obtener la medida de la degradación de agregados minerales resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero.

Para realizar el ensayo se requiere de los siguientes equipos.

- Máquina los Ángeles, las características específicas están citadas dentro del manual de ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Tamices.
- Balanza con una exactitud del 0.1%
- Esferas de acero de aproximadamente 46.8 mm de diámetro y una masa de entre 390 g y 445 g. Esta carga dependerá de la gradación de la muestra. Como se observa en la tabla 20.

Tabla 20 *Numero y masa de esferas según la gradación de la muestra*

| Gradación | Número de esferas | Masa de la Carga (g) |
|-----------|-------------------|----------------------|
| A | 12 | 5000 ± 25 |
| B | 11 | 4584 ± 25 |
| C | 8 | 3330 ± 20 |
| D | 6 | 2500 ± 15 |

Fuente: Manual de ensayos del MTC.

La muestra es lavada y secada en horno y la gradación se realiza en base a la tabla N° 18, una vez obtenida la muestra se coloca junto con la carga en la máquina los Ángeles que debe rotar a una velocidad de 30 - 33 rpm, una vez acabada las revoluciones se descarga el material separando las cargas del

resto, se tamiza a través de la malla N° 12, se lava el material retenido en la malla y se seca en un horno a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Los cálculos efectuados son:

$$\% \text{ abrasión} = \frac{\text{Masa inicial} - \text{Masa que pasa por el tamis N}^\circ 12}{\text{Masa inicial}} \times 100$$

Todos los ensayos anteriormente descritos son realizados para comprobar la idoneidad del material para su uso en bases granulares. Los resultados serán presentados en la sección correspondiente.

En la siguiente figura se realiza el ensayo en el laboratorio.

Figura 15 Ensayo abrasión los Ángeles



Fuente: Propia

A continuación, los ensayos que fueron repetidos en la muestra patrón y en la muestra experimentada.

3.7.7. Ensayo proctor modificado

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos. Compactando la muestra con un pisón de masa determinada en la tabla 18 en un recipiente cilíndrico, el pisón se suelta desde una altura también determinada produciendo compactación en la muestra.

Para realizar el ensayo se requiere de los siguientes equipos y materiales.

- Ensamblaje del molde y el molde. Este molde es de forma cilíndrica, hecho de materiales rígidos que en su forma tradicional está compuesto de dos mitades que se ensamblan mediante pernos para asegurar su fijación.
- Pisón o martillo, este pisón deberá ser operado manualmente, debiendo tener una caída libre desde una altura determinada. Se deberá reemplazar el pisón si muestra signos de deformidad o deterioramiento.
- Balanza digital con aproximación de 1 g
- Horno de secado, con control de temperatura, capaz de mantenerse sobre los 110 ± 5 °C
- Regla metálica, no menor de 254 mm
- Tamices.
- Herramientas para el mezclado del material.

El ensayo comienza por seleccionar el molde según el método que se realizara, una vez seleccionado se ensambla y toma medida de su masa con

aproximación a 1 g. Se comprueba la fijación del ensamblaje sin que ninguna parte esta suelta.

La muestra se prepara con el método húmedo. Para este método sin secado previo se separa la muestra a través del tamiz N° 4; 3/8" o 3/4", después se preparan preferiblemente 5 especímenes, pueden ser 4 con distintos contenidos de humedad cercanos al óptimo.

Después se procede a compactar con el pisón, al ser este el ensayo de proctor modificado se realizará en 5 capas con 56 golpes a cada una, estos golpes deben ser constantes y rítmicos.

A continuación, la tabla de especificaciones del ensayo de proctor modificado que se realizó.

Tabla 21 *Cuadro de especificaciones del ensayo proctor modificado*

| | N° capas | Altura de caída del pisón | Peso del pisón | Volumen del molde | N° de golpes por capa |
|-----------------------|----------|---------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Muestra patrón | 5 | 45.72 cm | 4.54 Kg | 2.106 cm ³ | 56 |
| Muestra experimentada | 5 | 45.72 cm | 4.54 Kg | 2.106 cm ³ | 112 |

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos Centauro

Ingenieros

Cabe destacar que dentro de la región el mencionado laboratorio cuenta con la certificación ISO 9001, por lo que se le confió la elaboración del ensayo con los equipos y materiales que ellos emplean.

El ensayo fue realizado en el laboratorio con la participación del autor, a continuación, la evidencia fotográfica de esto.

Figura 16 Ensayo de proctor modificado.



Fuente: Propia

3.7.8. Ensayo de CBR de suelos

Este ensayo evalúa la resistencia potencial de subrasante, sub base y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje.

El ensayo requerirá el uso de los siguientes materiales y equipos.

- Equipo de CBR incluyendo complementos necesarios para realizar el ensayo (moldes, prensa, disco espaciador, pisón de compactación)
- Tanque o cilindro con volumen suficiente para sumergir la muestra
- Horno capaz de mantener temperaturas de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

- Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g. Con 1 g y 0.1 g de sensibilidad respectivamente.
- Tamices.

La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 o NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6”), la NTP indica que para los ensayos sobre materiales compactados a un contenido de agua se preparan tres especímenes compactados con distintas fuerzas de compactación (por debajo y encima del peso unitario deseado), después se somete a los especímenes al proceso de curado donde se los cubre de agua durante 4 días para recrear la condición más adversa de saturación posible. Esta muestra deberá pasar más del 75% por la malla ¾”, de no ser el caso se separa el material retenido en la malla ¾” para ser reemplazado por una porción igual de material comprendido entre los tamices ¾” y la N° 4, se compacta la muestra siguiendo los lineamientos del manual de ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para luego ser sumergidos.

Pasado el tiempo de curado se procede a la realización del ensayo en la máquina de CBR, esta es la penetración donde se aplica una sobrecarga suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con 2.27 Kg ± de aproximación) pero no menor a 4.54 Kg para evitar el empuje hacia arriba de la muestra. La carga necesaria sobre el pistón sea esta mecánica o manual debe darse a una velocidad de penetración constante y

uniforme de 1.27 mm por minuto. Se anotarán las lecturas de carga para las siguientes penetraciones.

Tabla 22 Nivel de penetración donde se lectura en el ensayo de CBR

| Milímetros | Pulgadas |
|------------|----------|
| 0.63 | 0.025 |
| 1.27 | 0.050 |
| 1.90 | 0.075 |
| 2.54 | 0.100 |
| 3.17 | 0.125 |
| 3.81 | 0.150 |
| 5.08 | 0.200 |
| 7.62 | 0.300 |
| 10.16 | 0.400 |
| 12.70 | 0.500 |

Fuente: Manual de ensayos del MTC

El cálculo realizado en el ensayo son los siguientes:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

- H: Humedad prefijada
- H: Humedad natural

La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión

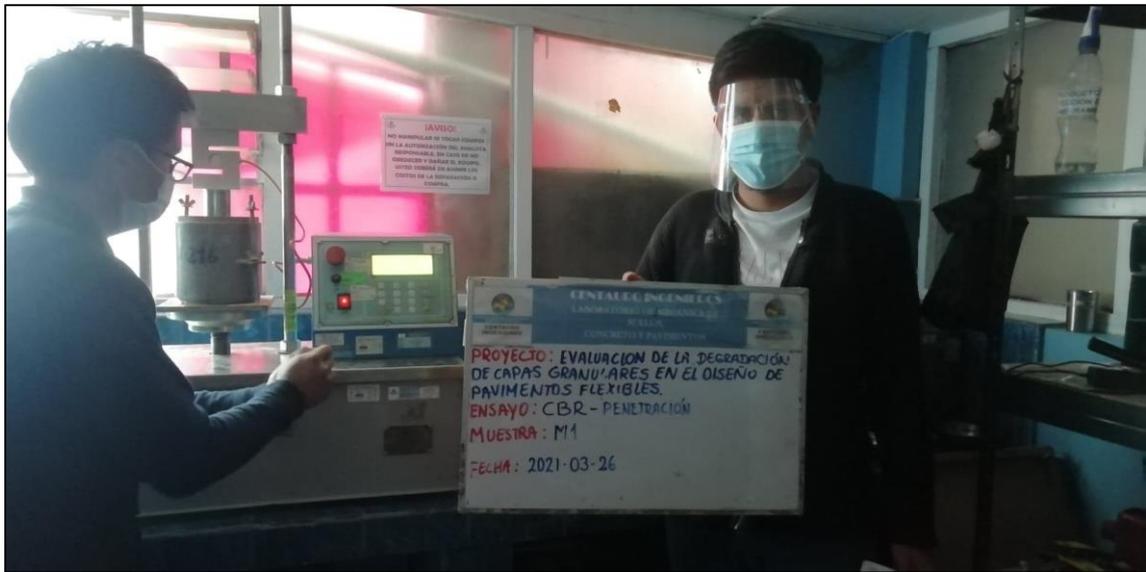
$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde:

- L_2 : Lectura inicial en mm
- L_1 : Lectura final en mm

A continuación, evidencia fotográfica de la realización del ensayo en laboratorio.

Figura 17 Ensayo de CBR



Fuente: Propia

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Las pruebas estadísticas que se utilizarán en su aplicación serán a nivel experimental. Según Sampieri (2014, p. 318), medidas de tendencia “son datos estadísticos que permiten presentar los resultados y establecer las comparaciones entre ellas, realizando una correlación entre los resultados obtenidos por tipo de experimento sometido y porcentaje CBR.

CAPITULÓ IV

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Para el proceso de experimentación, así como se indica en el diseño de la investigación el proceso al que será sometido la muestra patrón es la sobre compactación, este fenómeno es observado en las bases granulares que soportan gran cantidad de tránsito y las fuerzas producidas por el mismo. Para este proceso se tuvieron algunos factores en cuenta.

El primero de ellos, el proceso para hallar la fuerza de compactación necesaria en una obra de pavimentación radica en la simulación de la fuerza de compactación hecha durante el ensayo proctor en laboratorio, debido a que en obra no se compacta con pisón manual sino con un rodillo vibrador, por lo tanto, las fuerzas de compactación nunca serán iguales en campo y laboratorio.

El segundo, el ensayo proctor es uno que se estableció a base de ensayo y error, esto implica que detrás del número de golpes necesarios no hay un sustento científico más si empírico, en la actualidad se utiliza la siguiente ecuación para determinar la fuerza de compactación ejercida.

$$Y = \frac{n \times N \times P \times H}{V}$$

Donde:

n: Número de capas.

N: Número de golpes

P: Peso del pisón

H: Altura de caída del pisón

V: Volumen del molde.

El tercero para simular el efecto de sobre compactación se decidió duplicar el número de golpes de un ensayo de proctor modificado. El material que fue sometido a este ensayo se denominó M2, de este ensayo obtenemos los siguientes datos.

- $n = 5$
- $N = 112$
- $P = 44.53 \text{ N}$
- $H = 0.4572 \text{ m}$
- $V = 2.106 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

De estos datos estimamos la fuerza de compactación en M2 igual a $5414529 \frac{\text{KN m}}{\text{m}^3}$

Esta fuerza trasladada a un número más amigable o familiar para el diseño de pavimentos lo expresamos según la siguiente relación.

Un rodillo vibrador tiene los siguientes valores, según su ficha técnica, proporcionada por la compañía SEKAI en su modelo SV521.

- Ancho de Compactación: 2.13 m
- Profundidad de la fuerza de compactación: 0.25 m
- Fuerza de compactación: 31.8 t

Se estima el volumen aproximado de compactación en un punto, además de la fuerza de compactación ejercida por el rodillo en $2343 \frac{KN}{m^3}$.

Finalmente tenemos que el rodillo ejerce la fuerza de compactación alcanzada en laboratorio después de 2310 repasos.

4.1. Resultados de la degradación de propiedades físicas.

Dentro de las dimensiones de la variable independiente se contempla la degradación de propiedades físicas, esta hace referencia a las características observables del material de ensayo. Entre estas tenemos.

4.1.1. Clasificación granulométrica

A continuación, se presenta los resultados de la clasificación granulométrica de M1 (muestra patrón) M2 (muestra sobre compactada).

Tabla 23 *Clasificación Granulométrica del Material*

| Clasificación granulométrica | M1 | M2 |
|------------------------------|--------|--------|
| Fino | 6.47% | 9.77% |
| Arena | 38.37% | 43.81% |
| Grava | 55.16 | 46.43% |

Fuente: Elaboración propia

Debido a la distribución entre estas tres clasificaciones se define a M1 como una grava bien graduada con limo y arena (GW-GM). Por otro lado, se define a M2 como grava pobremente graduada con limo y arena (GP-GM).

Dentro de la clasificación granulométrica también se define los valores de límites de consistencia, limite liquido (LL) Limite plástico (LP)

Tabla 24 *Limites de Consistencia del Material*

| Límites de consistencia | M1 | M2 |
|-------------------------|----|----|
| Limite liquido | NP | NP |
| Limite plástico | NP | NP |
| Índice plástico | NP | NP |

Fuente: Elaboración propia.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones establece valor máximo de 2% para los LL y LP a partir de los 3000 m.s.n.m. En la siguiente tabla podemos apreciar los resultados obtenidos de la clasificación granulométrica.

La clasificación granulométrica de las muestras se realizó a partir del tamizaje de las mismas para poder definir el material en una categoría de suelo, a continuación, se muestra los resultados obtenidos.

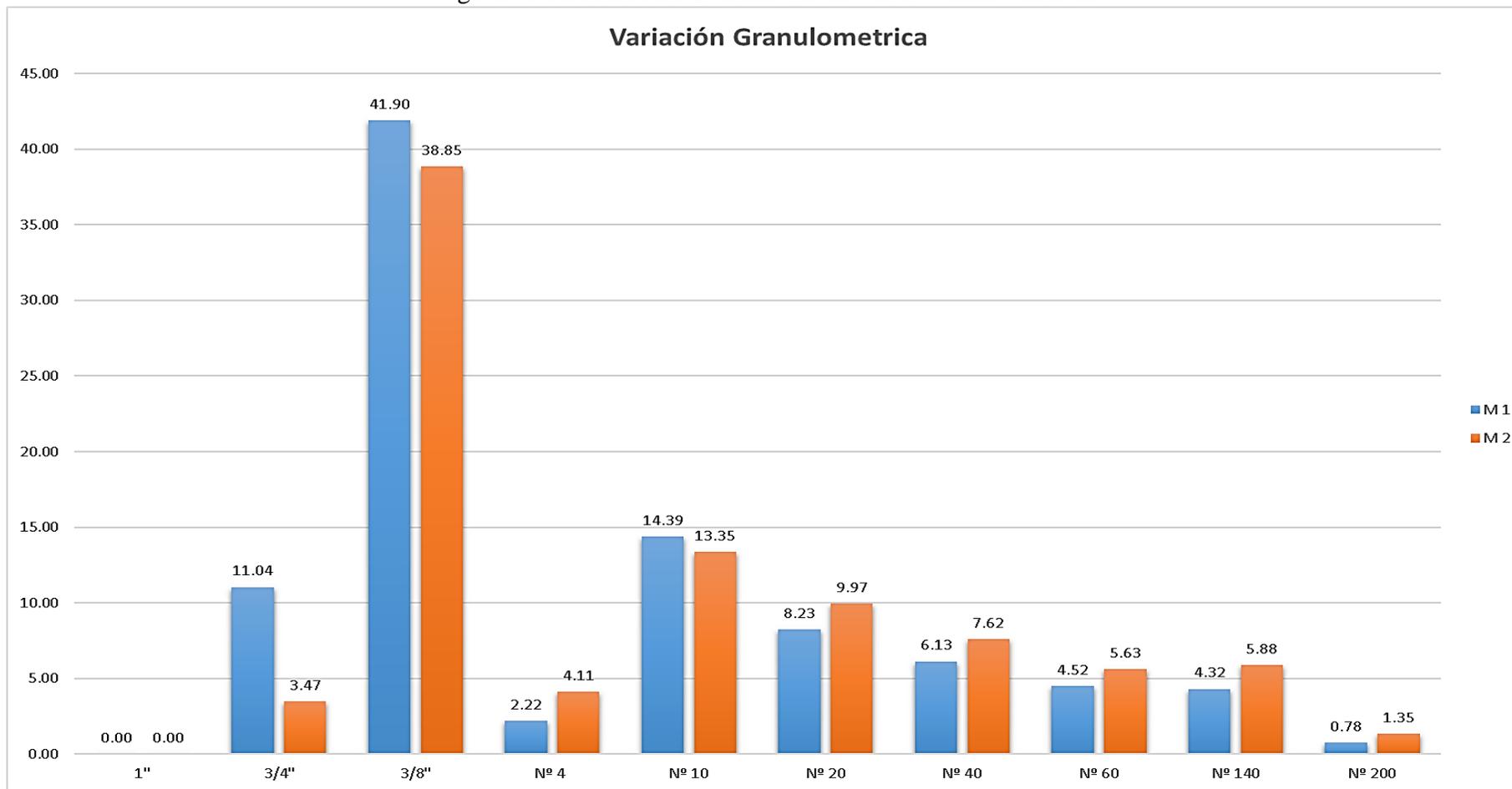
Tabla 25 Variación de la distribución Granulométrica

| Tamiz | % Pasante | | % Retenido | | % Por Tamiz | |
|--------|-----------|--------|------------|-------|-------------|-------|
| | M1 | M2 | M1 | M2 | M1 | M2 |
| 1" | 100.00 | 100.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ¾" | 88.96 | 96.53 | 11.04 | 3.47 | 11.04 | 3.47 |
| 3/8" | 47.06 | 57.68 | 52.94 | 42.32 | 41.90 | 38.85 |
| Nº 4 | 44.84 | 53.57 | 55.16 | 46.43 | 2.22 | 4.11 |
| Nº 10 | 30.45 | 40.22 | 69.55 | 59.78 | 14.39 | 13.35 |
| Nº 20 | 22.22 | 30.25 | 77.78 | 69.75 | 8.23 | 9.97 |
| Nº 40 | 16.09 | 22.63 | 83.91 | 77.37 | 6.13 | 7.62 |
| Nº 60 | 11.57 | 17.00 | 88.43 | 83.00 | 4.52 | 5.63 |
| Nº 140 | 7.25 | 11.12 | 92.75 | 88.88 | 4.32 | 5.88 |
| Nº 200 | 6.47 | 9.77 | 93.53 | 90.23 | 0.78 | 1.35 |

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el gráfico con la concentración de partículas por tamiz de ambas muestras.

Figura 18 Variación de Granulometría Entre Ambas Muestras



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia un aumento en el porcentaje de las partículas menores a 1". Siendo estas en su mayor parte material de grano fino, resultado que comprueba la lógica inicial que anticipaba el desgaste de material grueso para pasar a ser fino, se hicieron las pruebas necesarias para demostrar que el material era de buena calidad e idóneo para su uso en una base granular. Por lo que concluimos que el efecto de sobre compactación influye de forma directa sobre la distribución granulométrica.

4.1.2. Partículas chatas y alargadas

Las partículas chatas y alargadas tienen valores máximos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 26 *Valores de Partículas Chatas y Alargadas*

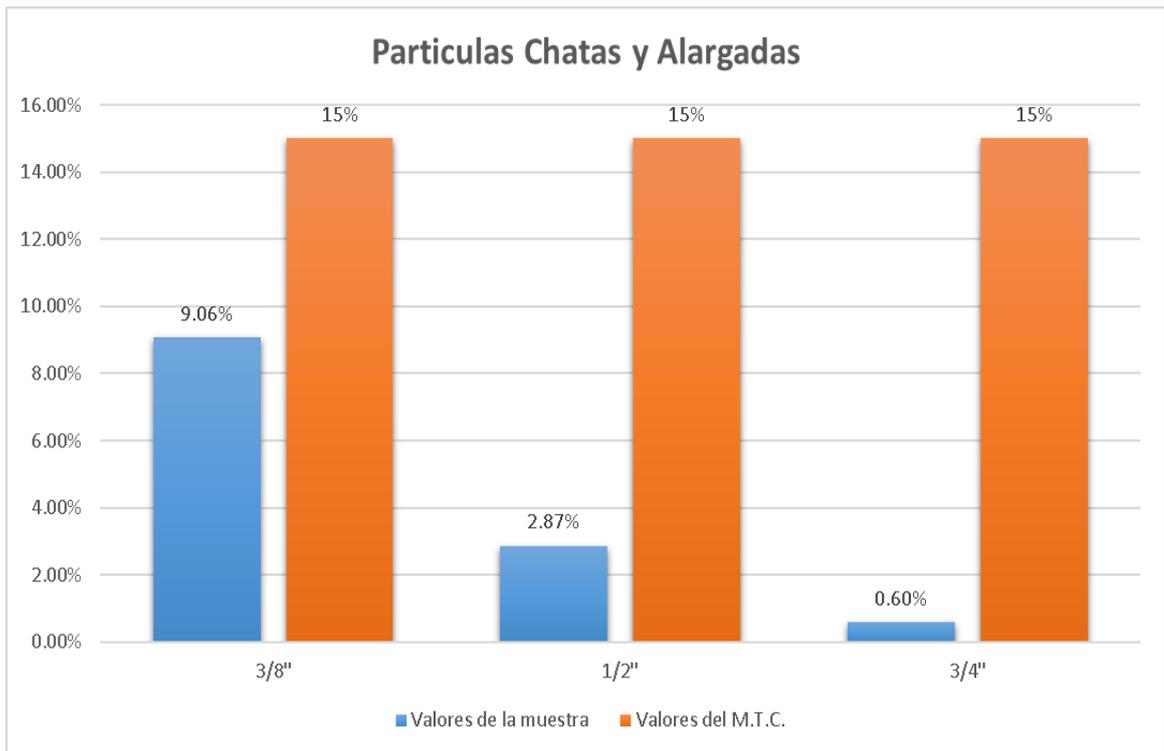
| Tamaño de la Partícula | Valor del M1 | Valores del MTC |
|------------------------|--------------|-----------------|
| 3/8 " | 9.06 % | 15 % Máximo |
| 1/2 " | 2.87 % | 15 % Máximo |
| 3/4 " | 0.60 % | 15 % Máximo |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 26 podemos realizar la gráfica de barras para una mejor apreciación de los valores de la muestra y el valor máximo dado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

En la siguiente figura se observan los resultados obtenidos del ensayo de partículas chatas y alargadas.

Figura 19 Grafico de Barras del Ensayo de Partículas Chatas y Alargadas



Fuente: Elaboración propia

Los valores máximos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones son de 15%, se aprecia en la gráfica que los tres tamaños de partículas están dentro del parámetro deseado, este material chato y alargado no es el más deseable es por ello que se limita su porcentaje dentro de la muestra.

Estableciendo una relación directa entre la tabla 25 y 26 podemos afirmar que las partículas por encima de la malla N°20 (850 mm) (0.033 pulg) muestran un incremento, lo que indica que los valores establecidos por el MTC aún son cumplidos por M2.

4.1.3. Porcentaje de partículas con caras fracturadas

Las Partículas con una o más caras fracturadas tienen valores máximos y mínimos que son mostrados a continuación.

Tabla 27 *Porcentaje de Partículas con Caras Fracturadas*

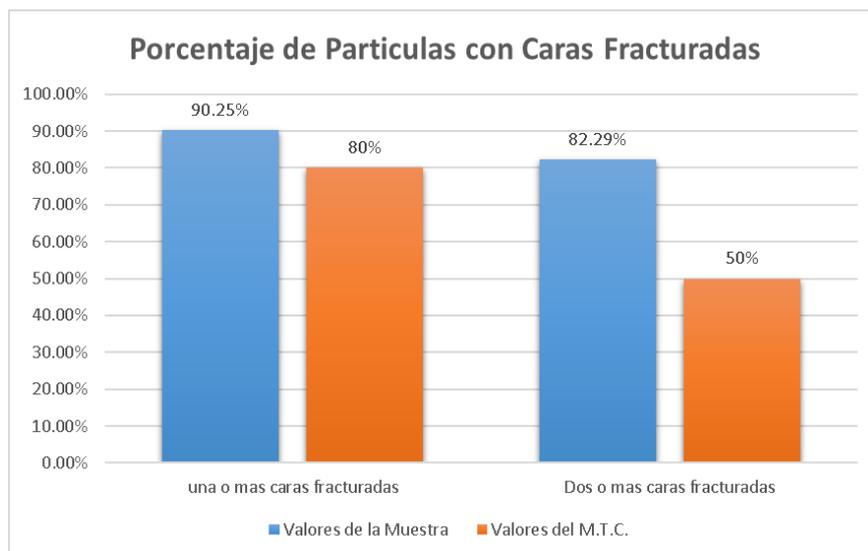
| Partículas | M1 | MTC |
|-----------------------------|---------|-------------|
| Una o más caras fracturadas | 90.25 % | 80 % mínimo |
| Dos o más caras fracturadas | 82.29 % | 50% máximo |

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó en la limitación económica solo se pudo trabajar con el material extraído de la planta de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones por lo que a pesar de no cumplir el criterio de dos o más caras fracturadas se continuo con la investigación.

La grafica siguiente muestra claramente que los valores son cercanos a los del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Figura 20 Porcentaje de Partículas con Caras Fracturadas



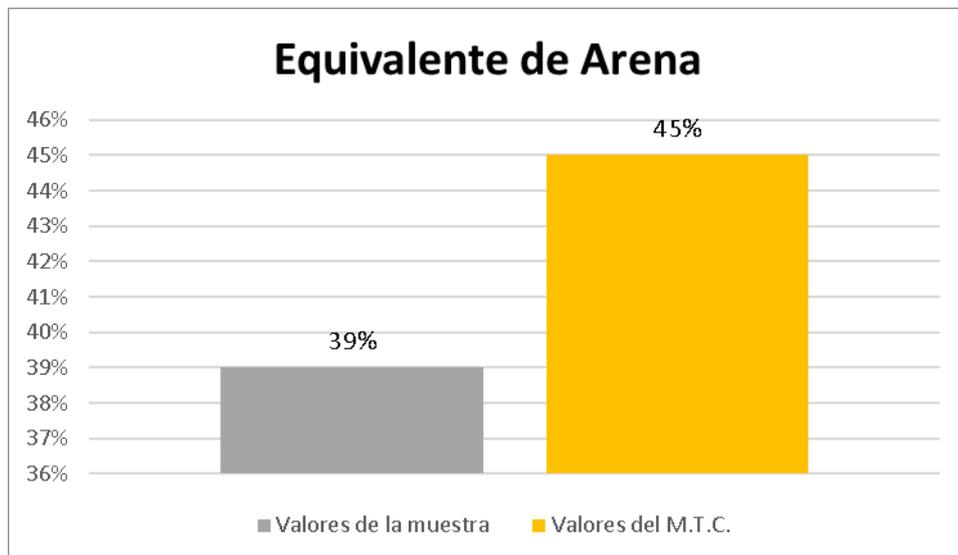
Fuente: Elaboración propia.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones. para partículas con una o más caras fracturadas requiere un mínimo de 80%, en este caso la muestra cumple con el parámetro establecido. A diferencia de las partículas con dos o más caras fracturadas requiere un máximo de 50 %, la muestra sobrepasa este porcentaje máximo. Es necesario aclarar que debido a la angulosidad del material este de cierta forma se clava o incrusta en la arena proporcionando mejor cohesión del mismo, sin embargo, se debe respetar el valor dado por el MTC El material fue extraído de la planta de pavimento del Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (DRTC).

4.1.4. Equivalente de arena

Con el fin de establecer criterios de calidad el MTC da un valor mínimo para este ensayo, que determina la proporción de arenas presentes en el material ensayado.

Figura 21 Resultados del ensayo de equivalente de Arena



Fuente: Elaboración propia.

El Ministerio de transportes y Comunicaciones requiere un mínimo de 45%, en este caso la muestra tiene un porcentaje de 39% muy cercano a lo requerido, es necesario destacar que esta característica no es demasiado influyente en las propiedades físicas o mecánicas del material granular. Debido al costo del material y las pruebas necesarias se continuo con este mismo para el estudio.

4.2. Resultado de la degradación de propiedades mecánicas

4.2.1. Degradación del Material y su efecto en el CBR

Siendo el CBR un factor importante en el cálculo del dimensionamiento de las capas estructurales del pavimento, se realizaron los ensayos en ambos casos M1 y M2 para determinar el cambio que este valor sufre debido a la degradación de los materiales.

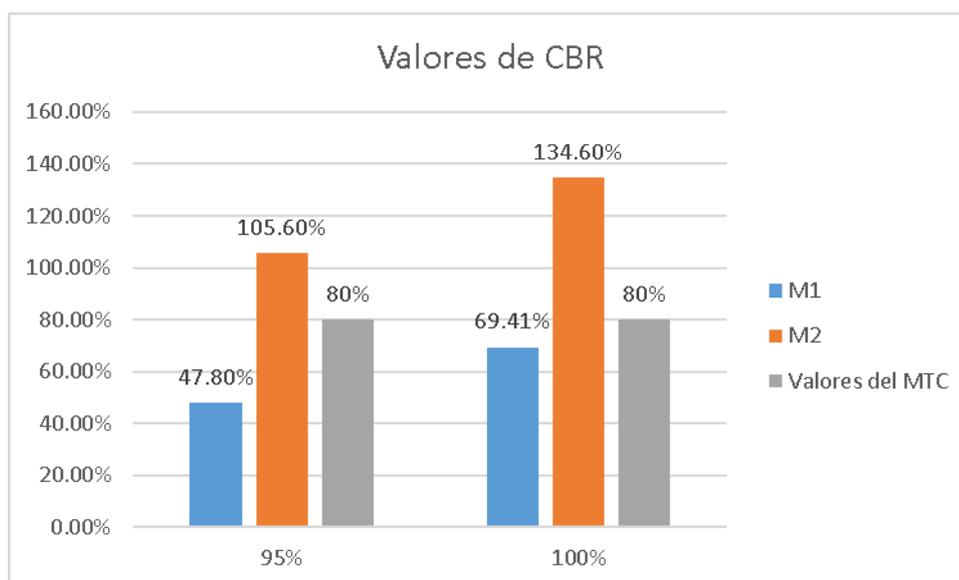
Tabla 28 *Valores de CBR*

| Nivel de compactación | M1 | M2 | Valor del MTC |
|-----------------------|--------|---------|---------------|
| 95 % | 47.8% | 105.60% | 80 % mínimo |
| 100 % | 69.41% | 134.60% | 80 % mínimo |

Fuente: Elaboración propia

La grafica siguiente muestra el crecimiento en el valor de CBR tanto al 95 % como al 100% de compactación.

Figura 22 Valores de CBR



Fuente: Elaboración Propia.

De la gráfica podemos observar en primer lugar que el M1 a pesar de cumplir con los requerimientos físicos y químicos como se verá más adelante, falla en el valor de CBR, debido a la limitación económica anteriormente mencionada no se pudo escoger otra cantera distinta, tomando en consideración que la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (DRTC) preselecciona el material se decidió continuar con este para la investigación. El material denominado M2 que fue sometido a sobre compactación en el ensayo proctor modificado mejoro su valor de CBR en un 60% aproximadamente.

Contrario a la lógica inicial el degradamiento físico del material mejoro notoriamente el valor del CBR del material, llevándolos a cumplir con excedentes el valor mínimo requerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se infiere de esta condición que el material en estudio aún puede tomar una mayor compactación de la simulada y seguir mejorando sus propiedades mecánicas, siendo siempre conscientes de que se puede llegar al punto donde el material haya ocupado toda su resistencia y empiece a perder todas las características tanto físicas como mecánicas.

4.2.2. Resultados del ensayo de abrasión los Ángeles

La degradación de los materiales no influye directamente en el valor obtenido en este resultado más al contrario, nos da un indicador de cuan resistente es el material ante la acción de degradación físico-mecánica.

Tabla 29 Resultados de Abrasión los Ángeles

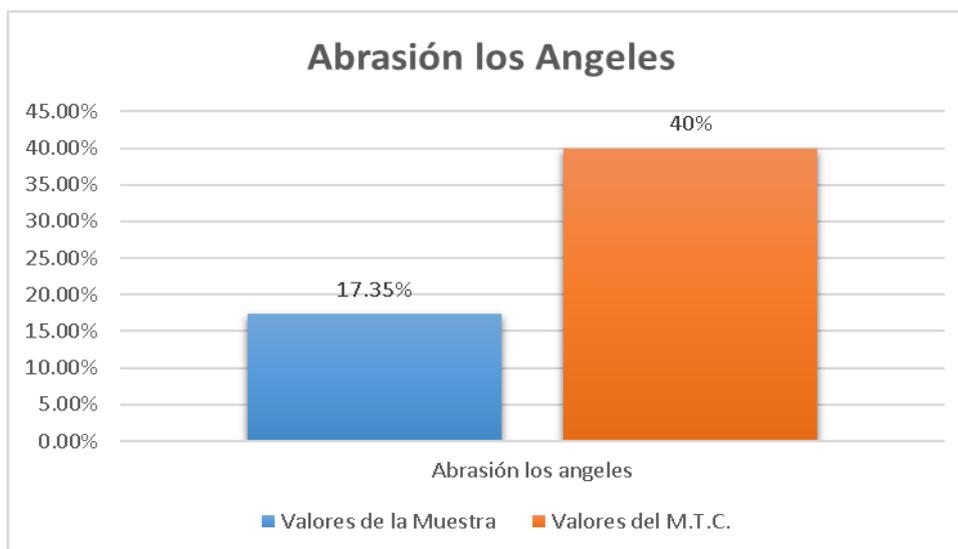
| M1 | Valor del MTC |
|---------|---------------|
| 17.35 % | 40% máximo |

Fuente: Elaboración propia

EL valor obtenido en el ensayo está muy por debajo del máximo permisible, demostrando la calidad del material.

A continuación, se muestra el valor obtenido a partir del ensayo de abrasión los Ángeles.

Figura 23 Resultados de abrasión los Ángeles



Fuente: Elaboración Propia.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. requiere un máximo de 40% de desgaste en la prueba de abrasión los Ángeles, esto con el fin de demostrar la resistencia del material. En este caso la muestra tiene un 17.35% de desgaste en la prueba. Lo cual cumple con los requerimientos exigidos.

4.3. Degradación de propiedades químicas

La degradación del material por sobre compactación no altera de forma alguna a las propiedades químicas, estas últimas son usadas para establecer criterios de calidad en el material.

4.3.1. Sulfato de magnesio

Establecer un método de ensayo para determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

El MTC establece un valor máximo de 15%, los resultados del ensayo a continuación.

Tabla 30 *Resistencia al sulfato de Magnesio*

| Fracción | | Gradación | Peso de la Fracción ensayada (g) | Peso retenido después del ensayo (g) | Pérdida total % | Perdida Corregida % | |
|----------|---------|------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|
| Pasa | Retiene | Original % | | | | | |
| 3/8" | Nº 4 | 6.75 | 100 | 99.50 | 0.50 | 0.034 | |
| | Nº 4 | Nº 8 | 44.06 | 100 | 99.70 | 0.30 | 0.132 |
| | Nº 8 | Nº 16 | 23.45 | 100 | 99.70 | 2.30 | 0.539 |
| | Nº 16 | Nº 30 | 11.77 | 100 | 95.30 | 4.70 | 0.553 |
| | Nº 30 | Nº 50 | 13.97 | 100 | 97.80 | 2.20 | 0.307 |

Fuente Elaboración Propia

La sumatoria de la perdida corregida es de 1.566 % valor muy por debajo del máximo permisible, lo que demuestra la calidad del material ensayado.

4.3.2. Sales solubles en el suelo

El MTC indica un valor máximo de sales solubles en el material de base granular. Los resultados del ensayo se muestran a continuación.

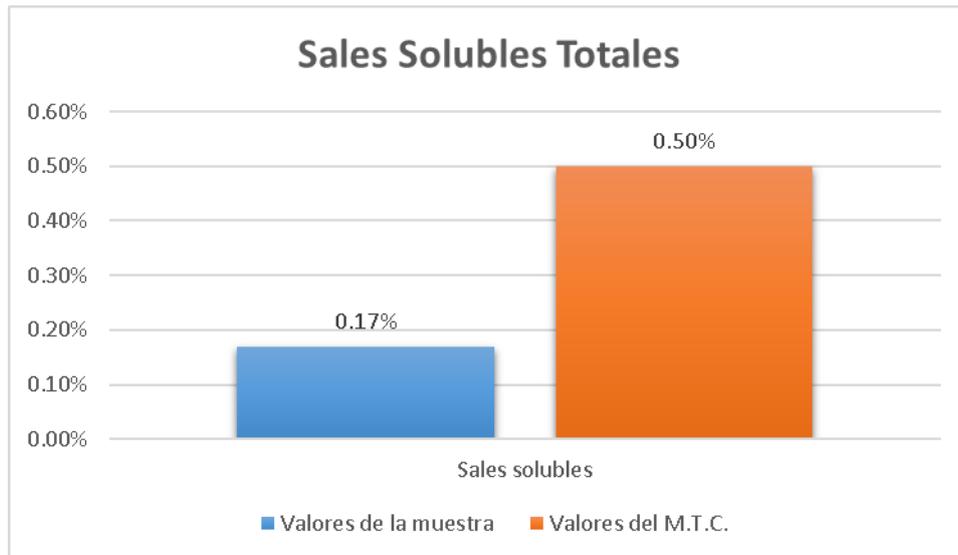
Tabla 31 *Valor de Sales Solubles*

| M1 | Valor del MTC |
|--------|---------------|
| 0.17 % | 0.50 % |

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, la gráfica que muestra la cantidad de sales solubles presentes en la muestra estudiada.

Figura 24 Valor de Sales Solubles



Fuente: Elaboración Propia

Los valores máximos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones son de 0.50%, se aprecia en la gráfica que el material de base granular cumple con este parámetro.

4.3.3. Impurezas orgánicas

Este valor no se modifica con la degradación físico-mecánica a la que el material fue sometido, el valor obtenido del ensayo cumple los estándares del MTC, en los anexos se adjunta el ensayo realizado.

CAPITULO V

5. Discusión de Resultados.

5.1. Hipótesis general: La degradación aplicada a las bases granulares modifica los parámetros de diseño de pavimento flexible por el método de MTC.

Durante el proceso de investigación se demostró que: El valor de CBR se ve afectado cuando el material es sometido a sobre-compactación (referencia tabla 28) mostrando un incremento del 120% en el valor del CBR al 95% de la máxima densidad seca y un 93% al 100 % de la máxima densidad seca, esto trasladado al diseño de pavimento flexibles se expresa como un cambio en el valor del módulo de resiliencia.

La ecuación para el dimensionamiento de las capas estructurales es la siguiente.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

El resultado de esta ecuación es el valor del número estructural (SN), que representa el valor total del espesor del pavimento a colocar y se transforma al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituyen. Mediante el uso de los siguientes coeficientes estructurales

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

- a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales de las capas: Superficial, base y sub base, respectivamente.
- d_1, d_2, d_3 : espesores en centímetros de las capas: Superficial, base y sub base, respectivamente
- m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base, respectivamente.

5.2. Hipótesis específica: La degradación de propiedades físicas modifica la distribución granulométrica como parámetro de diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC.

Esta hipótesis es comprobada en la tabla 25, la de variación de la distribución granulométrica se aprecia una clara re-distribución granulométrica, un descenso de partículas consideradas gruesas mayores a la malla N°4 y un incremento en partículas menores a esta malla, tal como se muestra a continuación:

1. Las partículas concentradas en el tamiz 3/4" disminuyen en 68.56% respecto a su valor original.
2. Las partículas concentradas en el tamiz 3/8" disminuyen en 7.27% respecto a su valor original.
3. Las partículas concentradas en el tamiz N°4 aumentan en 85.14% respecto a su valor original.
4. Las partículas concentradas en el tamiz N°10 disminuyen en 7.22% respecto a su valor original.

5. Las partículas concentradas en el tamiz N°20 aumentan en 21.14% respecto a su valor original.
6. Las partículas concentradas en el tamiz N°40 aumentan en 24.30% respecto a su valor original.
7. Las partículas concentradas en el tamiz N°60 aumentan en 24.56% respecto a su valor original.
8. Las partículas concentradas en el tamiz N°140 aumentan en 36.11% respecto a su valor original

Esto es un claro indicador que la fuerza de compactación ejercida en un inicio como parte del proceso constructivo sumado a las fuerzas producidas por el tránsito de vehículos produce un desgaste del material y la pérdida de propiedades físicas, en cuanto a los parámetros de diseño, la información recolectada se puede transpolar e indicar que el material previamente seleccionado por sus resultados en los ensayos (incluyendo su clasificación granulométrica) sufrirá de cambios, pudiendo llegar al extremo de ya no ser aceptable o de cambiar su definición de suelo gravoso de ser el caso. Podemos apreciar de los ensayos presentados en las tablas 23; 24 y 25 que el suelo del M1 se define como grava bien graduada con limo y arena y el M2 se define como grava pobremente graduada con limo y arena denotándose una disminución del material gravoso considerando que el M1 y M2 fueron extraídos de una misma cantera siendo esencialmente el mismo material antes del proceso de sobre compactación.

Por lo expuesto se comprueba la hipótesis debido a la re-distribución granulométrica demostrada.

5.3. Hipótesis específica: La degradación aplicada a las bases granulares altera el valor de CBR, cambiando el factor del módulo de resiliencia en el diseño de pavimentos flexibles por método del MTC

Como se aprecia en la tabla 28 la degradación del material por sobrecompactación modifica de forma considerable el valor del CBR, este valor influye directamente con el cálculo del módulo de resiliencia (M_R), tal como se aprecia en la tabla 12. Este módulo está presente en la ecuación para calcular el número estructural (SN) el cual sufrirá de cambios si se compara una ecuación con el módulo de resiliencia inicial a una ecuación con el módulo de resiliencia afectado debido al cambio del CBR. Es así que tenemos un incremento del 120% en el valor de CBR al 95% de la máxima densidad seca y un 93% de incremento cuando se tiene el 100% de la máxima densidad seca. Estableciendo una relación directa con la siguiente formula.

$$M_R (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

Se establece un aumento del M_R en 66% para CBR al 95% y 52.8% para CBR al 100%

La otra propiedad mecánica que es la resistencia a la abrasión se determina en el ensayo de abrasión los Ángeles, este valor no afecta directamente al cálculo del dimensionamiento de las capas de un pavimento pero si es factor importante en la elección del material de base granular, además este no se ve afectado por la sobre compactación siendo dos conceptos distintos, mientras más bajo sea el porcentaje de abrasión Los Ángeles mayor será la resistencia del material a la degradación físico-mecánica. Al ser

17.35% el valor obtenido podemos afirmar que el material tiene una buena resistencia a la abrasión por ende a la sobre-compactación.

5.4. Hipótesis específica: La degradación aplicada a las bases granulares, no altera la resistencia química en el diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC.

Esta hipótesis es confirmada en los resultados de las tablas 30 y 31 donde se establecen valor máximo para propiedades químicas intrínsecas del material.

El primer valor obtenido es del ensayo a la resistencia de sulfato donde obtenemos un valor de 1.56%. El segundo valor es del ensayo de sales solubles donde se registra un 0.17%. Estos valores no cambian independientemente si la base granular es sometida a degradación o no. Tanto la resistencia a los sulfatos como la presencia de sales solubles son propiedades químicas intrínsecas las cuales son inalterables en el proceso de degradación al que fue sometido la muestra, dado un proceso físico no es capaz de alterar la composición química de un objeto.

Si bien es cierto el cálculo directo del número estructural (SN) no se ve afectado, es parte de la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones establecer valores mínimos de calidad para el material que será utilizado en la constitución de las capas del pavimento.

CONCLUSIONES.

1. La degradación de las bases granulares afecta de forma directa a la metodología del diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC en los parámetros del número estructural SN y en la distribución granulométrica.
2. La distribución granulométrica como propiedad física se afecta debido a la degradación aplicada a las capas granulares tal como se observa existe una clara redistribución de la granulometría en el material sometido a sobre compactación, esta nueva distribución granulométrica afecta la clasificación SUCS del suelo mas no altera los límites de consistencia.
3. Se observa un drástico cambio en el valor del CBR del material sometido a sobre compactación, dicho cambio de ser producido en la rasante, sub base o base granular afecta de forma directa al módulo de resiliencia, el cual es un factor participante en el cálculo del SN, valor del cual se determina el espesor de las capas del pavimento flexible.
4. Dentro de los parámetros para el diseño de pavimentos flexibles el MTC establece requisitos mínimos para sus materiales, la degradación aplicada a las capas granulares del suelo no afecta directamente a estos, las propiedades químicas son criterios de calidad que influyen en la elección del material, más no en el diseño.

RECOMENDACIONES

1. A los bachilleres de ingeniería civil se les recomienda continuar con la investigación en distintas canteras y con distintos valores de degradación. Además de emplear otros procesos para dicho fin.
2. Se recomienda observar y reconsiderar los requerimientos mínimos de CBR para bases granulares, dado que en la investigación se demostró el incremento del mismo al someterse a sobre compactación un proceso que es normal y cotidiano en los pavimentos flexibles.
3. A las instituciones públicas se les recomienda reconsiderar los requisitos exigidos en el material que emplearan en obras de pavimentación específicamente pavimentos flexibles.
4. Al no existir un lote de canteras que cumpla con los requisitos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se recomienda seleccionar bien el material antes de futuras investigaciones.
5. A la Universidad Peruana Los Andes, se le recomienda elevar la investigación al Colegio de Ingenieros del Perú para su evaluación y aplicación en la metodología actual del diseño de pavimentos flexibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIAGA, M. Análisis comparativo del material para base y sub base de las canteras Umuto y Sicaya en pavimentos flexibles de sub rasante menor a 10% Huancayo 2017. Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2017. 154 pp.
- ÁLVAREZ, A. Evaluación de la degradación por compactación de materiales granulares tipo sub base, vol. 16. Colombia, 2019. 13 pp. ISSN: 1794-1237
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Standard specification for materials for soil-aggregate Subbase, base, and surface course. Estados Unidos, 1994. 2 pp.
- AVILA, E. Evolución de las propiedades mecánicas de materiales granulares por efectos del crushing. Colombia: Universidad de los Andes, 2003. 143 pp.
- BALLUREKA, N. y VERGARA, A., Diseños de investigación experimental. España, 2002. 399pp.
- BARRANTES, A. Relación entre el porcentaje de compactación con el método de estabilización mixta – cal y cemento – y el porcentaje de compactación del método convencional con afirmado, en la capa base de la carretera vecinal HU 908 – HU 912 del Km 4+000 al Km 5+700 del centro poblado Tunapuco, Panao, Huánuco. Huánuco: Universidad de Huánuco, 2019. 315 pp.
- BUSTILLO, W. Estudio exploratorio del efecto de la saturación en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de campo y laboratorio en el diseño de estructura de pavimento. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2010. 189pp.
- CASTILLO, J. Diseño comparativo de pavimento rígido y flexible en el tramo puente Parco-Utcuyacu, Catac Ancash – 2019. Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, 2020. 188 pp.

- CHIRINOS, J. Efecto de energía de compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de humedad del suelo granular de la cantera el Gavilán, 2015. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2016. 88 pp.
- HERNÁNDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMIS GÓMEZ, A., MORENO PONCE, L., Metodología de la investigación científica. 1ª ed. España: Área de Innovación y Desarrollo, 2018. 157pp. ISBN: 978-84-948257-0-5.
- INSTITUTO PARA EL DESARROLLO DE LOS PAVIMENTOS EN EL PERÚ. Guía AASHTO para diseño de estructuras de pavimentos. Perú, 1997. 186pp. ISBN: 1-560551-055-2
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. “Manual de carreteras” suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Perú, 2014. 301pp.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de ensayo de materiales. Perú, 2016. 1269pp.
- NAMAKFOROOSH, M, Metodología de la investigación. 2ª ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2005. 523pp. ISBN: 968-18-5517-8
- ORTIZ, L. Estudio del fenómeno del crushing en el ensayo de compactación de un protector normal. Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2013. 65 pp.
- OYOLA-GUZMAN, R. Determinación de la resistencia a la penetración de un suelo cohesivo en diferentes condiciones de hidratación compactación. Revista de Arquitectura Vol. 10. Cuba, Matanzas, 2016. 10 pp. ISSN: 1990-8830
- PALOMINO, K 2018. Incidencia de la energía de compactación en la determinación de la humedad óptima en los suelos granulares. Lima: Universidad San Martín de Porres, 2018. 120 pp.

ULLOA, A. Efectos de la sobrecompactación en la resistencia y deformabilidad de suelos cohesivos. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2012. 135 pp.

UNIVERSIDAD SANTA MARÍA DECANATO DE POSTGRADO Y EXTENSIÓN
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, Normas para la elaboración, presentación
y evaluación de los trabajos especiales de grado, 100pp.

ANEXOS

Matriz de Consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES Y DIMENSIONES | | METODOLOGÍA |
|---|---|--|-------------------------|--|--|
| PROBLEMA GENERAL: | OBJETIVO GENERAL: | HIPÓTESIS GENERAL: | | | <u>MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN:</u> * GENERAL: Científico. |
| ¿Cuál es el resultado de la degradación de las bases granulares en el diseño de pavimentos flexibles? | Evaluar la degradación de las bases granulares en el diseño de pavimentos flexibles. | La degradación aplicada a las bases granulares modifica los parámetros de diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC. | VARIABLE INDEPENDIENTE: | DEGRADACIÓN DE BASES GRANULARES | <u>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</u> * Aplicado. |
| PROBLEMA ESPECÍFICOS: | OBJETIVO ESPECÍFICOS: | HIPÓTESIS ESPECIFICAS: | | | <u>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</u> * Explicativo. |
| ¿Qué resultado se obtiene al evaluar la degradación de propiedades físicas en el diseño de pavimentos flexibles? | Establecer el resultado que se obtiene al evaluar la degradación física en el diseño de pavimentos flexibles. | La degradación de propiedades físicas modifica la distribución granulométrica como parámetro de diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC. | DIMENSIONES: | Degradación física | <u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</u> * Cuasi-experimental. |
| | | | | Degradación mecánica | <u>POBLACIÓN Y MUESTRA:</u> * POBLACIÓN: Cantera de materiales granulares para bases y sub bases de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones. * MUESTRA: Material granular para sub base extraída de la Cantera de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones. |
| | | | | Degradación química | |
| ¿Cuál será el resultado de evaluar la degradación de propiedades mecánicas en el diseño de pavimentos flexibles? | Determinar el resultado de evaluar la degradación mecánica en el diseño de pavimentos flexibles. | La degradación aplicada a las bases granulares altera el valor de CBR, cambiando el factor del módulo de resiliencia en el diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC. | VARIABLE DEPENDIENTE: | DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES | <u>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</u> <u>TÉCNICAS:</u> * Observación. * Revisión bibliográfica. * Ensayos. |
| ¿Qué resultado se obtiene al evaluar la degradación de propiedades químicas en el diseño de pavimentos flexibles? | Identificar el resultado de evaluar la degradación química en el diseño de pavimentos flexibles. | La degradación aplicada a las bases granulares, no altera la resistencia química en el diseño de pavimentos flexibles por el método del MTC. | DIMENSIONES: | Carga Vehicular | <u>INSTRUMENTOS:</u> * Ficha de observación |
| | | | | Parámetros estadísticos | |
| | | | | Parámetros de serviciabilidad | |
| | | | | Parámetros del suelo | |
| | | | | Número estructural | |
| | | | | Coefficientes estructurales | |
| | | | | Coefficientes de drenaje | |
| | | | Espesores de diseño | | |

Matriz de operacionalización de variables

| Variable | Definición conceptual | Dimensiones (factores) | Indicadores (definición conceptual) |
|---------------------------------|--|-------------------------------|--|
| Degradación de bases granulares | La degradación de los materiales granulares de las bases y sub bases empleadas en estructuras de pavimentos son susceptibles a degradarse debido a múltiples factores inherentes a los procesos de producción, construcción y operación vial | Degradación física | Granulometría Porcentaje de partículas chatas y alargadas Porcentaje de partículas con caras fracturadas |
| | | Degradación mecánica | CBR Abrasión Los Ángeles Ensayo Proctor |
| | | Degradación química | Durabilidad al sulfato de magnesio Impurezas orgánicas |
| Diseño de pavimentos flexibles | El diseño de pavimento flexible es el cálculo del dimensionamiento de las capas estructurales de un pavimento (sub base, base y asfalto) este dimensionamiento se realiza tomando en cuenta distintos factores económicos, de tránsito, viabilidad, etc. Entre estos factores los más importantes son propiedades físicas y mecánicas del material que será utilizado en la base y sub base. Estas propiedades físicas y mecánicas al ser alteradas modifican el resultado de la ecuación para el dimensionamiento de las capas del pavimento. | Carga Vehicular | Ejes Equivalentes |
| | | Parámetros estadísticos | Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Desviación Estándar |
| | | Parámetros de serviciabilidad | Variación de serviciabilidad |
| | | Parámetros del suelo | CBR de diseño MR de diseño |
| | | Número estructural | SN |
| | | Coefficientes estructurales | a1; a2; a3 |
| | | Coefficientes de drenaje | m2; m3 |
| Espesores de diseño | D1; D2; D3 | | |

Ensayos de Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
CENTAURO INGENIEROS
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
 PERUANO DE ACREDITACION INACAL – DA CON REGISTRO N° LE-141



CENTAURO INGENIEROS



ISO 9001:2015
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo Acreditado

Informe de ensayo con valor oficial
 Registrado N° LE-141
 Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS
INFORME

EXPEDIENTE N° : 592-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

| ENSAYO: | MÉTODO: |
|----------------------|---|
| Contenido de Humedad | NTP 339.127 1998 (REVISADA EL 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. |

PÁGINA 1 DE 1

| CÓDIGO DE TRABAJO | SONDEO | MUESTRA | UBICACIÓN | PROFUNDIDAD DE CALICATA (m) | TIPO DE MUESTRA | CONDICIÓN DE MUESTRA | MÉTODO | % DE HUMEDAD | MÉTODO DE SECADO |
|-------------------|---------|---------|---|-----------------------------|-----------------|----------------------|--------|--------------|------------------|
| P-048-2021 | CANTERA | M1 | DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES- DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO- DEPARTAMENTO DE JUNIN | - | SUELO | MUESTRA ALTERADA | ± 1% | 4 | 110 °C ± 5 |

*LOS RESULTADOS SE REPORTAN AL ± 1% .
 *LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LA MASA MÍNIMA RECOMENDADA.
 *LA MUESTRA ENSAYADA NO CONTIENE MAS DE UN MATERIAL.
 *EN LA MUESTRA ENSAYADA NO SE EXCLUYO NINGÚN MATERIAL.

NOTA:
 Fecha de ensayo : 2021-03-19
 Temperatura Ambiente : 17,5 °C
 Humedad relativa : 51 %

Área donde se realizó los ensayos : Suelos I y Pavimentos

OBSERVACION : MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

* LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA TAL COMO SE RECIBIÓ.

* **LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.**

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AS-001 VERSIÓN: 01 REV.01 FECHA: 2020/02/28

Fin de página


 INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.
 ÁREA DE CALIDAD
 Ing. Janet Yesica Andia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 89775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Informe de ensayo con valor oficial

Registro N° LE-141

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

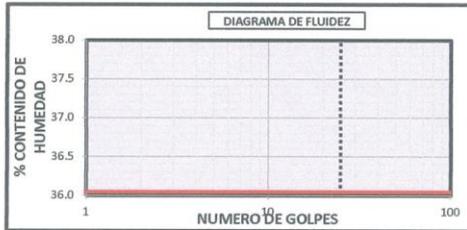
EXPEDIENTE N° : 596-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

| | | |
|--------------------------------|--|--|
| Código de Trabajo : P-048-2021 | Sondeo : M1 (CANTERA) | Profundidad de la calicata (m) : - |
| Tipo de material : Suelo | Condiciones de muestra: Muestra Alterada | Ubicación : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC - DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN |

| | |
|--|---|
| ENSAYOS: Análisis Granulométrico por tamizado Límites de Consistencia Clasificación SUCS Clasificación AASHTO | MÉTODOS: NTP 339.328 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. NTP 339.329 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. NTP 339.134 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) NTP 339.135 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte. |
|--|---|

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | % QUE PASA |
|--------|---------------|------------|
| 3" | 75.000 | 100.00 |
| 2" | 50.000 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 88.96 |
| 3/8" | 9.500 | 47.06 |
| N°4 | 4.750 | 44.84 |
| N°10 | 2.000 | 30.45 |
| N°20 | 0.850 | 22.22 |
| N°40 | 0.425 | 16.09 |
| N°60 | 0.250 | 11.57 |
| N°140 | 0.106 | 7.25 |
| N°200 | 0.075 | 6.47 |



CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA

| FINO | ARENA | GRAVA |
|---------|--------|--------|
| 6.47% | 38.37% | 55.16% |
| 100.00% | | |

| | |
|-----------------------------|------------|
| MÉTODO DE ENSAYO | MULTIPUNTO |
| PREPARACIÓN DE LA MUESTRA | SECA |
| % RETENIDO EN EL TAMIZ N°40 | 89.91 |

| | |
|-------------------------|----|
| LÍMITES DE CONSISTENCIA | |
| LÍMITE LÍQUIDO | NP |
| LÍMITE PLÁSTICO | NP |
| ÍNDICE PLÁSTICO | NP |

* NO SE REMOVIÓ LENTES DE ARENA
 * MUESTRA SECADA AL AIRE DURANTE LA PREPARACIÓN

| CLASIFICACIÓN (S.U.C.S) | | CLASIFICACIÓN AASHTO | |
|-------------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|
| GW-GM | GRAVA BIEN GRADUADA CON LIMO Y ARENA | CLASIFICACIÓN DE GRUPO | A-1-b (0) |
| | | TIPOS USUALES DE MATERIALES CONSTITUYENTES SIGNIFICATIVOS | FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA |
| | | CLASIFICACIÓN GENERAL COMO SUBRASANTE | EXCELENTE A BUENA |

Nota:
 Fecha de ensayo : 2021-03-22
 Temperatura Ambiente : 18,8 C°
 Humedad relativa : 53 %
 Área donde se realizó los ensayos : Suelos y Pavimentos - Suelos II y Concreto
 OBSERVACION : MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.
 *LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA TAL COMO SE RECIBIÓ.

*LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.
 LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AS-033 REV.05 FECHA: 2020/02/11

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Janet Yessica Andia Arta
 INGENIERA CIVIL
 CIP 89775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964968015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Informe de ensayo con valor oficial

Registro N° LE-141

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

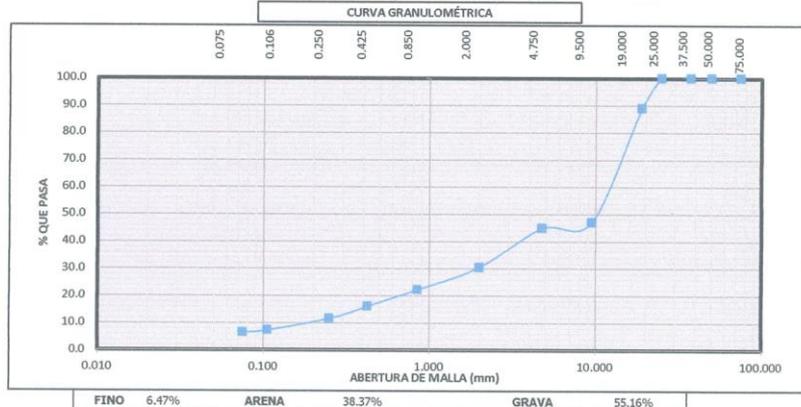
EXPEDIENTE N° : 596-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

Código de Trabajo : P-048-2021 Sondeo : M1 (CANTERA) Profundidad de la calicata (m): -
Tipo de material : Suelo Condiciones de muestra: Muestra Alterada Ubicación : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC - DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

| ENSAYOS | MÉTODO |
|--------------------------------------|--|
| Análisis Granulométrico por tamizado | NTP 339.128 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. |
| Límites de Consistencia | NTP 339.129 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. |
| Clasificación SUCS | NTP 339.134 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) |
| Clasificación AASHTO | NTP 339.135 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte. |

PÁGINA 2 DE 2

| DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA | | |
|--------------------------------------|------|-----------|
| % GRAVA | GG % | 11.04 |
| | GF % | 44.12 |
| % ARENA | AG % | 14.40 |
| | AM % | 14.36 |
| % FINOS | AF % | 9.62 |
| | | 6.47 |
| Tamaño Máximo de la Grava (mm) | | 25 |
| Forma del suelo grueso | | Angulares |
| Porcentaje retenido en la 3 pulg (%) | | 0.00 |
| Coefficiente de Curvatura | | 1.53 |
| Coefficiente de Uniformidad | | 62.93 |



Nota:

Fecha de ensayo : 2021-03-22
OBSERVACION : MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.
*LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA TAL COMO SE RECIBIÓ.
*LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD
LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE, LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AS-033 REV.05 FECHA: 2020/02/11

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AREA DE CALIDAD
[Firma]
Ing. Juan Yessica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 89775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO INFORME

EXPEDIENTE : 587-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 24 DE MARZO DEL 2021

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS, ALARGADAS, O PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS

MTC E 223:2016

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2021
 MUESTRA : M-1
 MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN
 UBICACIÓN : M-1 - MUESTRA DE 3/8"

| | | | |
|--|---|--------|----|
| PESO DE LA MUESTRA - CHATAS | : | 1002 | GR |
| PESO DE LA MUESTRA - ALARGADAS | : | 1002 | GR |
| PESO DE LA MUESTRA - NI CHATAS NI ALARGADAS | : | 1002 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL EQUILIBRADOR CHATAS | : | 2.80 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR ALARGADAS | : | 88.00 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR NI CHATAS NI ALARGADAS | : | 913.90 | GR |

| | |
|---|--------|
| PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS: | 0.28% |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS: | 8.78% |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS NI CHATAS NI ALARGADAS: | 91.21% |

MUESTRA : M-1 - MUESTRA DE 1/2"

| | | | |
|--|---|---------|----|
| PESO DE LA MUESTRA - CHATAS | : | 2004.2 | GR |
| PESO DE LA MUESTRA - ALARGADAS | : | 2004.2 | GR |
| PESO DE LA MUESTRA - NI CHATAS NI ALARGADAS | : | 2004.2 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL EQUILIBRADOR CHATAS | : | 2.60 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR ALARGADAS | : | 55.00 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR NI CHATAS NI ALARGADAS | : | 1949.20 | GR |

| | |
|---|--------|
| PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS: | 0.13% |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS: | 2.74% |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS NI CHATAS NI ALARGADAS: | 97.26% |

HC-AS-028 REV.05 FECHA: 2020/06/12

TEMPERATURA AMBIENTE : 17°C
 HUMEDAD RELATIVA : 55%

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.
 RUC: 201901000000000
 Ing. *[Firma]*
 Ing. *[Firma]* Yesica Andia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 09775

Email: grupocentauroringenieros@gmail.com Web: <http://centauroringenieros.com/> Facebook: [centauroringenieros](https://www.facebook.com/centauroringenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroringenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO INFORME**

EXPEDIENTE : 587-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 24 DE MARZO DEL 2021

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS, ALARGADAS, O PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS

MTC E 223:2016

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2021
CANERA : M-1
UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

MUESTRA : M-1 - MUESTRA DE 3/4"

| | | | |
|--|---|---------|----|
| PESO DE LA MUESTRA - CHATAS | : | 5005 | GR |
| PESO DE LA MUESTRA - ALARGADAS | : | 5005 | GR |
| PESO DE LA MUESTRA - NI CHATAS NI ALARGADAS | : | 5005 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL EQUILIBRADOR CHATAS | : | 0.00 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR ALARGADAS | : | 29.80 | GR |
| PESO QUE PASA POR EL CALIBRADOR NI CHATAS NI ALARGADAS | : | 4975.10 | GR |

| | |
|---|--------|
| PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS: | 0.00% |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS: | 0.60% |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS NI CHATAS NI ALARGADAS: | 99.40% |

HC-AS-028 REV.05 FECHA: 2020/06/12

TEMPERATURA AMBIENTE : 17°C

HUMEDAD RELATIVA : 55%

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.S.
AREA DE CALIDAD

 Ing. Juan Vessica Andia Ariza
 INGENIERA CIVIL
 CIP 69775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATOI
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO**

INFORME

EXPEDIENTE N° : 586-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
OBRA : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO
PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-
DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 24 DE MARZO DEL 2021

CÓDIGO : NTP 339.146:2000
TÍTULO : SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y de
fino
COMITÉ : CTN 005: Geotecnia
TÍTULO (EN) : Soils. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate

EQUIVALENTE DE ARENA

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2021
MUESTRA : M-1
UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE
TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-
PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

EQUIVALENTE DE ARENA : **39 %**

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

Nota:

Fecha de ensayo : 2021-03-24
Temperatura Ambiente : 18,4 °C
Humedad relativa : 51%

Observación: Muestreo e identificación realizado por el Peticionario.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO

HC-AS-025 REV.05 FECHA: 2020/06/12

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
ÁREA DE CALIDAD
Ing. Janet Yessica Andía Arias
www.centauro.com
CIP-8975

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 -
964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO**

INFORME

EXPEDIENTE N° : 598-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

SALES SOLUBLES EN SUELOS

NTP 339.152 REV. 2015

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2021
CALICATA : M1
UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES) - DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

CONTENIDO : **0.17%**

CONTENIDO : **1710**

PPM

HC-AS-011 REV.05 FECHA: 2019/10/31

NOTA:

Fecha de ensayo : 2021-03-19
Temperatura Ambiente : 19,4 °C
Humedad relativa : 41 %

* MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS S.A.C.
PAUSA DE CALIDAD
Ing. Ing. James Valerico Añelú Arias
INGENIERO CIVIL
CIP 90775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS**

INFORME

IMPUREZAS ORGÁNICAS MTC E 213-2016

EXPEDIENTE N° : 599-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

**INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)
MTC E 213 - 2016**

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2020
MUESTRA : M1
UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

| COLOR GARDNER ESTÁNDAR N° | PLACA ORGANICA N° |
|---------------------------|-------------------|
| 5 | 1 |
| 8 | 2 |
| 11 | 3 (estándar) |
| 13 | 4 |
| 16 | 5 |

RESULTADO EN LA PLACA ORGÁNICA N° : 2 - 3

HC-A3-011 REV.03 FECHA: 2020/09/16

NOTA:

Fecha de ensayo : 2021-03-19
Temperatura Ambiente : 19,4 °C
Humedad relativa : 54 %

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD. LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIEROS ESPECIALISTAS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AV. MARISCAL CASTILLA N° 3950
Mg. Ing. James Yessica Andía Arias
DIRECCIONERA CNAL
CIP 00774

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo – Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 – 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE CONCRETO

EXPEDIENTE N° : 600-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

PASANTE POR LA MALLA N° 200 - MTC E 202-2016

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2021
MUESTRA : M-1
UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)- DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN



A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200) por lavado.
B = Peso original de la muestra seca, en gramos.
C = Peso de la muestra seca, después de lavada, en gramos.

HC-AS-014 REV.05 FECHA: 2019/10/30

NOTA:

Fecha de ensayo : 2021-03-23
Temperatura Ambier : 17,8 C°
Humedad relativa : 58 %

OBSERVACION : Muestra remitidas por el Peticionario

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
SELSA DE CALIDAD
Mg. Ing. Janet Yéssica Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 80775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del Informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO INFORME

EXPEDIENTE : 601-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
OBRA : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

CODIGO : ASTM D 5821
TITULO : PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
TITULO (EN) : PERCENTAGE OF FACES IN THE AGGREGATE FRACTURED

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS - MTC E 210

CÓDIGO DE TRABAJO: : P-048-2021
MUESTRA : M-1
UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES) - DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO- DEPARTAMENTO DE JUNIN

CON UNA O MAS CARAS FRACTURADAS

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | A(g) | B(g) | C | D | E |
|---------------------|----------------|--------------|-------|--------|-------------|---------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2 " | 1 " | 0 | 0 | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 1 " | 3/4 " | 2481 | 2274 | 0.00% | 77.94% | 0.00% |
| 3/4 " | 1/2 " | 502 | 415.6 | 82.79% | 15.77% | 13.06% |
| 1/2 " | 3/8 " | 200 | 183 | 91.30% | 6.29% | 5.74% |
| TOTAL | | 3,183 | | | 100% | 18.80% |

PORCENTAJE DE UNA O MAS CARAS FRACTURADAS : 18.80%

CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | A(g) | B(g) | C | D | E |
|---------------------|----------------|--------------|-------|--------|-------------|---------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2 " | 1 " | 0 | 0 | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| 1 " | 3/4 " | 2481 | 2094 | 0.00% | 77.94% | 0.00% |
| 3/4 " | 1/2 " | 502 | 366.4 | 72.99% | 15.77% | 11.51% |
| 1/2 " | 3/8 " | 200 | 159 | 79.36% | 6.29% | 4.99% |
| TOTAL | | 3,183 | | | 100% | 16.50% |

PORCENTAJE DE DOS O MAS CARAS FRACTURADAS : 16.50%

- A: PESO DE LA MUESTRA (g).
 B: PESO DEL MATERIAL CON CARAS FRACTURADAS (g).
 C: PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS.
 D: PORCENTAJE RETENIDO GRADACION ORIGINAL .
 E: PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS.

HC-AC-027 REV.016 FECHA: 2020/09/18

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIEROS CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 SISTEMA DE CALIDAD

 Inge. Janet Yessica Andia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 89773

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo – Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 – 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

INFORME

EXPEDIENTE N° : 611-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 OBRA : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 29 DE MARZO DEL 2021

INFORME DE ENSAYO (PÁG. 01 DE 01)

Código : MTC E 207-2016
 Título : AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO: P-048-2021 CÓDIGO DE MUESTRA: M-1
 CANTERA : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES

| | |
|-------------------------------|-------|
| Gradación | B |
| No. de esferas | 11 |
| No. de revoluciones | 500 |
| Peso de muestra inicial (g) | 5004 |
| Peso que pasa tamiz N° 12 (g) | 868 |
| DESGASTE % | 17.35 |

DATOS SOBRE: GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES

| TAMAÑOS | | | | MASA Y GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA | | | |
|-------------------------------|-------|----------|-------|------------------------------------|------|------|------|
| PASANTE | | RETENIDO | | A | B | C | D |
| mm | in | mm | in | | | | |
| 76.1 | 3 | 64 | 2 1/2 | | | | |
| 64 | 2 1/2 | 50.8 | 2 | | | | |
| 50.8 | 2 | 38.1 | 1 1/2 | | | | |
| 38.1 | 1 1/2 | 25.4 | 1 | 1250 | | | |
| 25.4 | 1 | 19 | 3/4 | 1250 | | | |
| 19 | 3/4 | 12.7 | 1/2 | 1250 | 2500 | | |
| 12.7 | 1/2 | 9.5 | 3/8 | 1250 | 2500 | | |
| 9.5 | 3/8 | 6.3 | 1/4 | | | 2500 | |
| 6.3 | 1/4 | 4.8 | No 4 | | | 2500 | |
| 4.8 | No 4 | 2.4 | No 8 | | | | 5000 |
| NÚMERO DE ESFERAS | | | | 12 | 11 | 8 | 6 |
| NÚMERO DE REVOLUCIONES | | | | 500 | 500 | 500 | 500 |

Nota:
 Fecha de ensayo : 2021-03-29
 Temperatura Ambiente : 18,7°C
 Humedad relativa : 49 %

Observación: Muestreo e identificación realizado por el Peticionario.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AS-016 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/02/06

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
GERENCIA TÉCNICA
Ing. Victor Peña Dueñas
INGENIERO C.O.T.

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 612-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

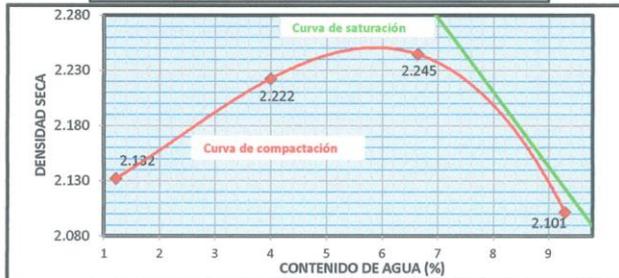
DATOS DE LA MUESTRA

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2021 CALICATA : M-1
 UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

| ENSAYO PROCTOR METODO C - MTC E 115 | | | | | | | | | |
|--|---------|---------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------|---------|---------|--|
| Nro de capas: | 5.00 | Altura de caída del pisón (cm): | 45.72 | Peso del pisón (Kg): | 4.54 | Volumen del molde (cm3): | 2,106 | | |
| Energía de Compactación modificada (kg-cm/cm3): | 27.6 | | Número de golpes/capa: | 56.00 | Gravedad Especifica S/tamaño: | 2.67 | | | |
| Masa del suelo húmedo + molde (g) | 7797.00 | | 8119.00 | | 8292.00 | 8090.00 | | | |
| Masa del molde (g) | 3275.00 | | 3275.00 | | 3275.00 | 3275.00 | | | |
| Peso suelo húmedo compactado (g) | 4522 | | 4844 | | 5017 | 4815 | | | |
| Peso volumétrico húmedo (g/cm3) | 2.147 | | 2.300 | | 2.382 | 2.286 | | | |
| Recipiente N° | J-5 | J-11 | T20-08 | I-26 | I-2 | T-20-07 | K-6 | I-16 | |
| Masa del suelo húmedo + tara (g) | 923.60 | 1377.00 | 610.70 | 696.40 | 814.10 | 733.90 | 1379.60 | 1412.50 | |
| Masa del suelo seco + tara (g) | 917.8 | 1368 | 591.9 | 675.2 | 771.1 | 695.3 | 1277.4 | 1302 | |
| Masa del Recipiente (g) | 112.60 | 113.70 | 55.20 | 68.30 | 80.20 | 57.20 | 84.60 | 78.30 | |
| Masa del agua (g) | 5.80 | 9.00 | 18.80 | 21.20 | 43.00 | 38.60 | 102.20 | 110.50 | |
| Masa del suelo seco (g) | 805.20 | 1254.30 | 536.70 | 606.90 | 690.90 | 638.10 | 1192.80 | 1223.70 | |
| Contenido de agua (%) | 0.72 | 0.72 | 3.50 | 3.49 | 6.22 | 6.05 | 8.57 | 9.03 | |
| Promedio de contenido de agua (%) | 0.72 | | 3.50 | | 6.14 | | 8.80 | | |
| Densidad húmeda del espécimen compactado (g/cm3) | 2.132 | | 2.222 | | 2.245 | | 2.101 | | |
| Humedad Saturación (%) | 1.00 | | 10.00 | | 11.00 | | 13.00 | | |
| Peso Volumétrico Saturación | 2.593 | | 2.267 | | 1.969 | | 1.676 | | |

DENSIDAD SECA MÁXIMA CORREGIDA : 2.251 g/cm³
 CONTENIDO DE AGUA : 5.85 %

| PREPARACIÓN DE LA MUESTRA | | |
|---------------------------|----------------------|----------|
| TAMIZ | PARCIAL RETENIDO (%) | PASA (%) |
| 3" | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 11.62 | 88.38 |
| 3/8" | 34.31 | 54.07 |
| Nº4 | 4.28 | 49.79 |
| <Nº4 | 49.79 | 0.00 |



OBSERVACION : Muestra remitida por el personal del peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación.

HC-AS-007 VER.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Jany Yessica Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 98175

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 613-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO : P-048-2021 CALICATA : M-1

CANTERA : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)- DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

CBR - MTC E 132

| ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Contenido de agua | % | 0.719 | 3.498 | 6.136 |
| Peso volumetrico seco | g/cm3 | 2.132 | 2.222 | 2.245 |

| ETAPA DE COMPACTACIÓN | | | |
|--------------------------|---------|----------|-----------|
| IDENTIFICACIÓN DEL MOLDE | MOLDE I | MOLDE II | MOLDE III |
| NUMERO DE CAPAS | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| GOLPES POR CAPA | 12.00 | 26.00 | 55.00 |

| MUESTRA | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
|-------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Masa del molde + suelo humedo | 8215 | 8596 | 9026 | 9421 | 10689 | 10976 |
| Masa del molde | 3791.0 | 3791.0 | 3954.0 | 3954.0 | 4646.0 | 4646.0 |
| Masa del suelo humedo | 4424.0 | 4805.0 | 5072.0 | 5467.0 | 6043.0 | 6330.0 |
| Volumen del molde | 2316.0 | 2316.0 | 2316.0 | 2316.0 | 2316.0 | 2316.0 |
| Densidad humeda | 1.910 | 2.075 | 2.190 | 2.361 | 2.609 | 2.733 |
| % de humedad | 5.85 | 5.85 | 5.85 | 5.85 | 5.85 | 5.85 |
| Densidad seca | 1.805 | 1.960 | 2.069 | 2.230 | 2.465 | 2.582 |
| Tara N° | K-30 | L-14 | T20-01 | L-57 | K-19 | TM-58 |
| Tara + suelo humedo | 1030 | 1059.8 | 745 | 1262.9 | 736.0 | 1210.3 |
| Tara + suelo seco | 978.6 | 982.6 | 706.8 | 1178.9 | 700.4 | 1138.6 |
| Masa del agua | 51.4 | 77.2 | 38.2 | 84.0 | 35.6 | 71.7 |
| Masa de la tara | 90.0 | 106.7 | 57 | 97.6 | 86 | 88.1 |
| Masa del suelo seco | 888.6 | 875.9 | 649.8 | 1081.3 | 614.4 | 1050.5 |
| % de humedad | 5.78 | 8.81 | 5.88 | 7.77 | 5.79 | 6.83 |

CBR AL 100% DE LA M.D.S. : 69.41
 CBR AL 95% DE LA M.D.S. : 47.80
 MDS : 2.25 GR/CM3
 OCH : 5.85 % CH

OBSERVACION : Muestra remitida por el peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

DIVISION GENERAL CENTAURO INGENIEROS S.A.S
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Janet Vassica Andia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 89179

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964968015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 613-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-
 DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

| ESPECIMEN I (12) | | |
|------------------|----------|-----------|
| KN | LBS | LBS/PUL 2 |
| 0.239 | 53.73 | 17.91 |
| 1.053 | 236.71 | 78.90 |
| 1.734 | 389.80 | 129.93 |
| 3.125 | 702.50 | 234.17 |
| 3.791 | 852.22 | 284.07 |
| 5.651 | 1,270.34 | 423.45 |
| 7.795 | 1,752.32 | 584.11 |
| 13.600 | 3,057.28 | 1,019.09 |
| 18.810 | 4,228.49 | 1,409.50 |
| 24.130 | 5,424.42 | 1,808.14 |

| ESPECIMEN II (26) | | |
|-------------------|----------|-----------|
| KN | LBS | LBS/PUL 2 |
| 0.889 | 199.85 | 66.62 |
| 2.971 | 667.88 | 222.63 |
| 5.581 | 1,254.61 | 418.20 |
| 5.698 | 1,280.91 | 426.97 |
| 10.970 | 2,466.06 | 822.02 |
| 11.480 | 2,580.70 | 860.23 |
| 11.610 | 2,609.93 | 869.98 |
| 27.190 | 6,112.31 | 2,037.44 |
| 35.960 | 8,083.81 | 2,694.60 |
| 43.500 | 9,778.80 | 3,259.60 |

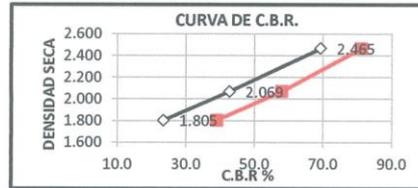
| ESPECIMEN III (55) | | |
|--------------------|-----------|-----------|
| KN | LBS | LBS/PUL 2 |
| 0.283 | 63.62 | 21.21 |
| 2.662 | 598.42 | 199.47 |
| 4.591 | 1,032.06 | 344.02 |
| 9.263 | 2,082.32 | 694.11 |
| 9.834 | 2,210.68 | 736.89 |
| 12.820 | 2,881.94 | 960.65 |
| 16.236 | 3,649.85 | 1,216.62 |
| 39.310 | 8,836.89 | 2,945.63 |
| 69.320 | 15,583.14 | 5,194.38 |
| 84.560 | 19,009.09 | 6,336.36 |

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

| C.H. | DENS. SECA |
|------|------------|
| 0.72 | 2.132 |
| 3.50 | 2.222 |
| 6.14 | 2.245 |
| 8.80 | 2.101 |



| N° GOLPES | % CBR (0.1") | % CBR (0.2") | D.S. |
|-----------|--------------|--------------|-------|
| 12.00 | 23.4 | 38.9 | 1.805 |
| 26.00 | 42.7 | 58.0 | 2.069 |
| 55.00 | 69.4 | 81.1 | 2.465 |



| MDS | 2.25 |
|-------------|-------|
| 95%MDS | 2.138 |
| (10) MDS | |
| CBR AL 100% | 69.4 |
| CBR AL 95% | 47.8 |

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 EMPRESA DE CALIDAD
 Ing. Inge. Janet Nésica Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 69775

Email: grupocentauroringenieros@gmail.com Web: <http://centauroringenieros.com/> Facebook: [centauroringenieros](https://www.facebook.com/centauroringenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroringenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

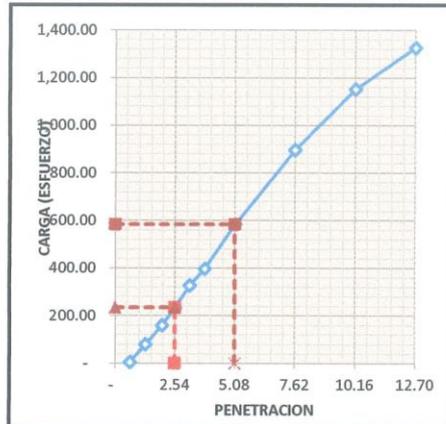
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 613-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

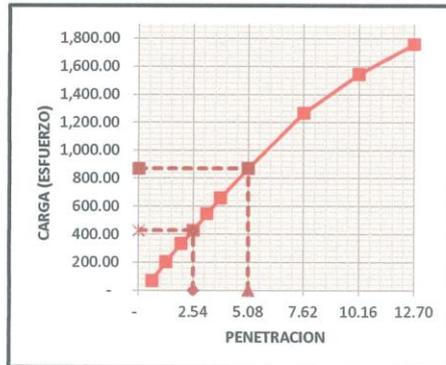
PENETRACION

| | KN | LB | AREA | ESFUERZO | P. EN PULG |
|-----------|--------|--------|------|----------|------------|
| 12 GOLPES | 0.239 | 53.7 | 3.00 | 5.00 | 0.63 |
| | 1.053 | 236.7 | 3.00 | 78.90 | 1.27 |
| | 1.734 | 389.8 | 3.00 | 158.96 | 1.99 |
| | 3.125 | 702.5 | 3.00 | 234.17 | 2.94 |
| | 3.791 | 852.2 | 3.00 | 325.96 | 3.17 |
| | 5.651 | 1270.3 | 3.00 | 396.58 | 3.81 |
| | 7.795 | 1752.3 | 3.00 | 584.11 | 5.08 |
| | 13.600 | 3057.3 | 3.00 | 896.23 | 7.62 |
| | 18.810 | 4228.5 | 3.00 | 1,152.63 | 10.16 |
| | 24.130 | 5424.4 | 3.00 | 1,326.52 | 12.70 |



PENETRACION

| | KN | LB | AREA | ESFUERZO | P. EN PULG |
|-----------|--------|--------|------|----------|------------|
| 26 GOLPES | 0.889 | 199.8 | 3.00 | 66.62 | 0.63 |
| | 2.971 | 667.9 | 3.00 | 201.36 | 1.27 |
| | 5.581 | 1254.6 | 3.00 | 332.62 | 1.99 |
| | 5.698 | 1280.9 | 3.00 | 426.97 | 2.94 |
| | 10.970 | 2466.1 | 3.00 | 545.85 | 3.17 |
| | 11.480 | 2580.7 | 3.00 | 658.95 | 3.81 |
| | 11.610 | 2609.9 | 3.00 | 869.98 | 5.08 |
| | 27.190 | 6112.3 | 3.00 | 1,263.20 | 7.62 |
| | 35.960 | 8083.8 | 3.00 | 1,542.36 | 10.16 |
| | 43.500 | 9778.8 | 3.00 | 1,756.98 | 12.70 |



HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.S.
 PUERTA A C/DE CASTILLA
 Ing. Juan Yessica Andia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 9976

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

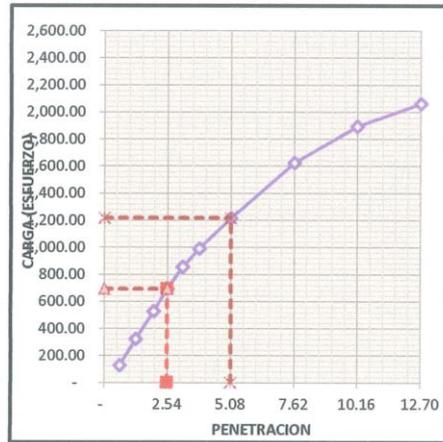
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 613-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

PENETRACION

| | KN | LB | AREA | ESFUERZO | P. EN PUI/G |
|-----------|--------|---------|------|----------|-------------|
| 55 GOLPES | 0.283 | 63.6 | 3.00 | 130.26 | 0.63 |
| | 2.662 | 598.4 | 3.00 | 321.06 | 1.27 |
| | 4.591 | 1032.1 | 3.00 | 526.35 | 1.99 |
| | 9.263 | 2082.3 | 3.00 | 694.11 | 2.99 |
| | 9.834 | 2210.7 | 3.00 | 856.23 | 3.17 |
| | 12.820 | 2881.9 | 3.00 | 990.26 | 3.81 |
| | 16.236 | 3649.9 | 3.00 | 1.216.62 | 5.08 |
| | 39.310 | 8836.9 | 3.00 | 1.625.34 | 7.62 |
| | 69.320 | 15583.1 | 3.00 | 1.894.67 | 10.16 |
| | 84.560 | 19009.1 | 3.00 | 2.063.25 | 12.70 |



INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Isabel Yesica Andia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 89775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del Informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU

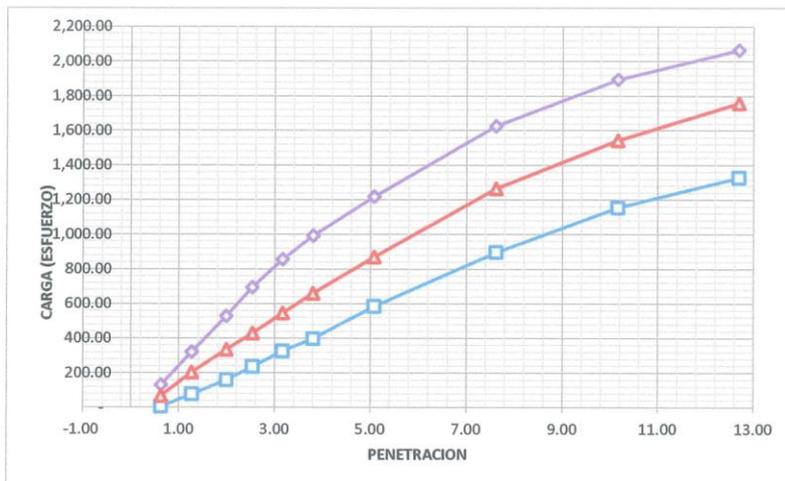


Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 613-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-
DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN



HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
RUELA FUMIGACION
Ing. Janet Vessica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 88775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU

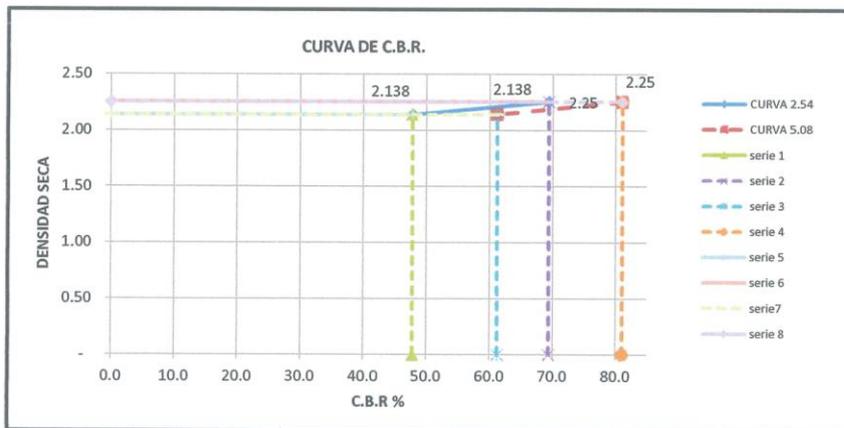


Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 613-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

CANTERA : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN



INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
AREA DE CALIDAD
Ing. Janet Yesica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 99715

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

INFORME

EXPEDIENTE N° : 613-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR
 MTC E 132**

Pag. 01 de 02

DATOS DE LA MUESTRA

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN CALICATA : M-1

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Maxima Densidad Seca | 2.251 g/cm3 |
| Óptimo Contenido de Humedad | 5.85 % |

ENSAYO DE CBR

| Especimen | Numero de Golpes | CBR % | Densidad Seca (g/cm3) | Penetración (pulg.) | % M.D.S. | CBR % - (2.54 mm - 0.1") | CBR % - (5.08 mm - 0.2") |
|-----------|------------------|-------|-----------------------|---------------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| 3 | 55.00 | 69.4 | 2.465 | 0.10 | 100.00 | 69.4 | 81.1 |
| 2 | 26.00 | 42.7 | 2.069 | 0.10 | 95.00 | 47.8 | 61.2 |
| 1 | 12.00 | 23.4 | 1.805 | | | | |

| | ESPECIMEN N° 3 | ESPECIMEN N°2 | ESPECIMEN N°1 |
|---|----------------|---------------|---------------|
| Energía de compactación (kg ³ cm/cm ³) | 27.7 | 12.2 | 6.1 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.47 | 2.07 | 1.80 |
| Masa de sobrecarga (kg) | 4.53 | 4.53 | 4.53 |
| Embebido en agua (días) | 4 | 4 | 4 |

EXPANSION

| HORAS | 55 GOLPES | | 26 GOLPES | | 12 GOLPES | |
|----------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | Lectura (mm.) | Expansión % | Lectura (mm.) | Expansión % | Lectura (mm.) | Expansión % |
| 00:00:00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 96:00:00 | 0.012 | 0.009 | 0.019 | 0.015 | 0.025 | 0.020 |

OBSERVACION : Muestra extraídas en campo, por el Peticionario.
 HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Juan V. Negrón Andía Artaza
 INGENIERA CIVIL
 C.P. 69773

Email: grupocentauroringenieros@gmail.com Web: <http://centauroringenieros.com/> Facebook: [centauroringenieros](https://www.facebook.com/centauroringenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo – Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 – 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroringenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS



- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

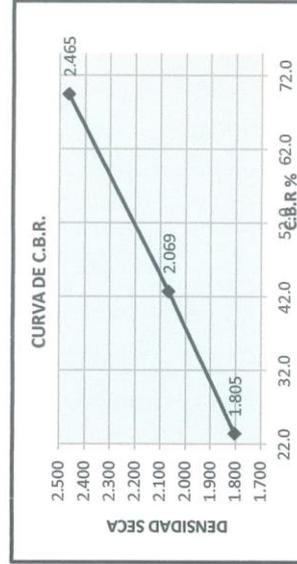
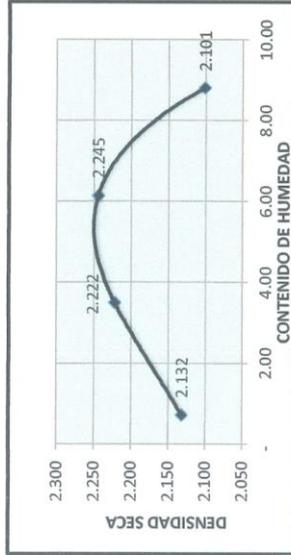
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 618-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGION DE JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC (DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN CALICATA : M-1



OBSERVACION: Muestra extraídas en campo, por el Peticionario.

HC-AS-008 VERSIÓN:01 REV:00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

INGENIEROS GERENIALES DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.S.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Juan Carlos Huaman Carabajal
 Ing. Juan Carlos Huaman Carabajal
 CIP 8875

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro Ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO**

INFORME

EXPEDIENTE N° : 622-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 OBRA : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DE 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 31 DE MARZO DE 2021

CODIGO : NTP 400.016:2011
 TITULO : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 3a. ed.
 COMITÉ : CTN 007: Agregados, hormigón (concreto), hormigón armado y hormigón pretensado
 TITULO (EN) : Aggregate. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

**INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO: ANÁLISIS CUANTITATIVO MTC E209 - 2016
SULFATO DE MAGNESIO**

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2021
 CANTERA : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-
 DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN
 MUESTRA : M-1

| | | | | | PERDIDAS (%): | 1.566 |
|------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|
| FRACCIÓN | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| PASA | RETIENE | GRADACION ORIGINAL % | Peso de la Fracción Ensayada (g) | Peso Retenido después del Ensayo (g) | Perdida Total % | Perdida Corregida % |
| 9.5 mm (3/8") | 4.75 mm (N° 4) | 6.75 | 100 | 99.50 | 0.50 | 0.034 |
| 4.75 mm (N° 4) | 2.36 mm (N° 8") | 44.06 | 100 | 99.70 | 0.30 | 0.132 |
| 2.36 mm (N° 8") | 1.18 mm (N° 16") | 23.45 | 100 | 97.70 | 2.30 | 0.539 |
| 1.18 mm (N° 16") | 600 um (N° 30") | 11.77 | 100 | 95.30 | 4.70 | 0.553 |
| 600 um (N° 30") | 300 um (N° 50") | 13.97 | 100 | 97.80 | 2.20 | 0.307 |
| 300 um (N° 50") | 150 um (N° 100) | 0.00 | - | - | - | - |
| 150 um (N° 100) | | 0.00 | - | - | - | - |
| TOTALES | | 100 | | | | 1.566 |

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004:1993)

Mg. Ing. Janet Yessica Andia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 6875

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo – Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 – 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Informe de ensayo con valor oficial

Registro N° LE-141

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

**LABORATORIO DE SUELOS
INFORME**

EXPEDIENTE N° : 593-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

| ENSAYO: | MÉTODO: |
|----------------------|---|
| Contenido de Humedad | NTP 339.127 1998 (REVISADA EL 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. |

PÁGINA 1 DE 1

| CÓDIGO DE TRABAJO | SONDEO | MUESTRA | UBICACIÓN | PROFUNDIDAD DE CALICATA (m) | TIPO DE MUESTRA | CONDICIÓN DE MUESTRA | MÉTODO | % DE HUMEDAD | MÉTODO DE SECADO |
|-------------------|---------|---------|--|-----------------------------|-----------------|----------------------|--------|--------------|------------------|
| P-048-2021 | CANTERA | M2 | DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES- DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN | - | SUELO | MUESTRA ALTERADA | ± 1% | 8 | 110 °C ± 5 |

- *LOS RESULTADOS SE REPORTAN AL ± 1% .
- *LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LA MASA MÍNIMA RECOMENDADA.
- *LA MUESTRA ENSAYADA NO CONTIENE MAS DE UN MATERIAL.
- *EN LA MUESTRA ENSAYADA NO SE EXCLUYO NINGÚN MATERIAL.

NOTA:

Fecha de ensayo : 2021-03-23
Temperatura Ambiente : 20,9 °C
Humedad relativa : 44 %
Área donde se realizó los ensayos : Suelos I y Pavimentos

OBSERVACION : MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

* LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA TAL COMO SE RECIBIÓ.
* LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL PETICIONARIO SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AS-001 VERSIÓN: 01 REV.01 FECHA: 2020/02/28

INVESTIGACIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.
SISTEMA DE CALIDAD
[Firma]
Ing. Ing. Janet Nescia Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 59775

Fin de página

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Informe de ensayo con valor oficial

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

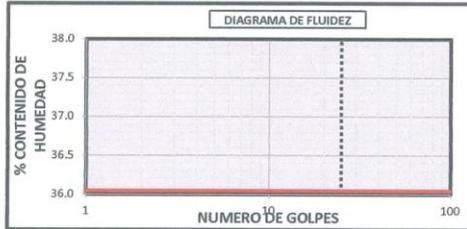
EXPEDIENTE N° : 597-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

Código de Trabajo : P-048-2021 Sondeo : M2 (CANTERA) Profundidad de la calcata (m): -
 Tipo de material : Suelo Condiciones de muestra: Muestra Alterada Ubicación : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC - DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

ENSAYOS: Análisis Granulométrico por tamizado
 Límites de Consistencia
 Clasificación SUCS
 Clasificación AASHTO

MÉTODOS: NTP 339.128 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 NTP 339.129 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
 NTP 339.134 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)
 NTP 339.135 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | % QUE PASA |
|--------|---------------|------------|
| 3" | 75.000 | 100.00 |
| 2" | 50.000 | 100.00 |
| 1 1/2" | 37.500 | 100.00 |
| 1" | 25.000 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 96.53 |
| 3/8" | 9.500 | 57.68 |
| N°4 | 4.750 | 53.57 |
| N°10 | 2.000 | 40.22 |
| N°20 | 0.850 | 30.25 |
| N°40 | 0.425 | 22.63 |
| N°60 | 0.250 | 17.00 |
| N°140 | 0.106 | 11.12 |
| N°200 | 0.075 | 9.77 |



| FINO | ARENA | GRAVA |
|---------|--------|--------|
| 9.77% | 43.81% | 46.43% |
| 100.00% | | |

| MÉTODO DE ENSAYO | MULTIPUNTO |
|-----------------------------|------------|
| PREPARACIÓN DE LA MUESTRA | SECA |
| % RETENIDO EN EL TAMIZ N°40 | 77.37 |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA | |
|-------------------------|----|
| LÍMITE LÍQUIDO | NP |
| LÍMITE PLÁSTICO | NP |
| ÍNDICE PLÁSTICO | NP |

* NO SE REMOVIÓ LENTES DE ARENA
 * MUESTRA SECADA AL AIRE DURANTE LA PREPARACIÓN

| CLASIFICACIÓN (S.U.C.S) | | CLASIFICACIÓN AASHTO | |
|-------------------------|--|---|------------------------------------|
| GP-GM | GRAVA POBREMENTE GRADUADA CON LIMO Y ARENA | CLASIFICACIÓN DE GRUPO | A-1-b (0) |
| | | TIPOS USUALES DE MATERIALES CONSTITUYENTES SIGNIFICATIVOS | FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA |
| | | CLASIFICACIÓN GENERAL COMO SUBRASANTE | EXCELENTE A BUENA |

Nota:
 Fecha de ensayo : 2021-03-23
 Temperatura Ambiente : 17,8 C°
 Humedad relativa : 57 %
 Área donde se realizó los ensayos : Suelos y Pavimentos - Suelos II y Concreto

OBSERVACION : MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.
 *LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA TAL COMO SE RECIBIÓ.
 *LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.
 LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AS-033 REV.05 FECHA: 2020/02/11

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 Ing. Janet Yessica Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 89775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Informe de ensayo con valor oficial

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS INFORME

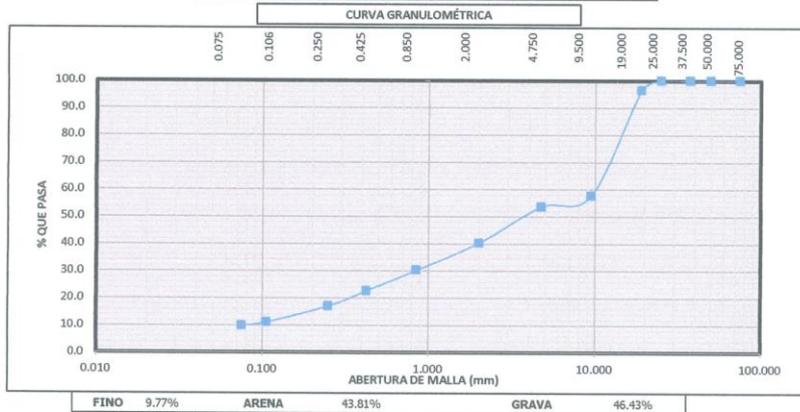
EXPEDIENTE N° : 597-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 25 DE MARZO DEL 2021

| | | |
|--------------------------------|--|--|
| Código de Trabajo : P-048-2021 | Sondeo : M2 (CANTERA) | Profundidad de la calicata (m) : - |
| Tipo de material : Suelo | Condiciones de muestra: Muestra Alterada | Ubicación : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC - DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN |

| ENSAYOS | MÉTODO |
|--------------------------------------|--|
| Análisis Granulométrico por tamizado | NTP 339.128 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. |
| Límites de Consistencia | NTP 339.129 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. |
| Clasificación SUCS | NTP 339.134 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS) |
| Clasificación AASHTO | NTP 339.135 1999 (revisada el 2019) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte. |

| DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA | | |
|--------------------------------------|------|---------|
| % GRAVA | GG % | 3.47 |
| | GF % | 42.96 |
| % ARENA | AG % | 13.36 |
| | AM % | 17.59 |
| | AF % | 12.86 |
| % FINOS | | 9.77 |
| Tamaño Máximo de la Grava (mm) | | 25 |
| Forma del suelo grueso | | Angular |
| Porcentaje retenido en la 3 pulg (%) | | 0.00 |
| Coefficiente de Curvatura | | 0.86 |
| Coefficiente de Uniformidad | | 125.26 |

PÁGINA 2 DE 2



Nota:

Fecha de ensayo : 2021-03-23

OBSERVACION : MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

*LOS RESULTADOS SE APLICAN A LA MUESTRA TAL COMO SE RECIBIÓ.

*LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE SON LOS SIGUIENTES: PETICIONARIO, ATENCIÓN, NOMBRE DEL PROYECTO, UBICACIÓN.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-45-033 REV.05 FECHA: 2020/02/11

INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.
ÁREA DE CALIDAD
[Firma]
Mg. Ing. Joha Yessica Andía Ariza
INGENIERA CIVIL
CIP 89775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 614-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

CÓDIGO DE TRABAJO : P-048-2021 CALICATA : M-2 Obs: Se duplicó el numero de golpes que indica la norma
 UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

| ENSAYO PROCTOR METODO C - MTC E 115 | | | | | | | | | | |
|--|----------|---------------------------------|--------|------------------------|---------|--------------------------|----------|-------------------------------|--|------|
| Nro de capas: | 5.00 | Altura de caída del pisón (cm): | 45.72 | Peso del pisón (Kg): | 4.54 | Volumen del molde (cm³): | 2,106 | | | |
| Energía de Compactación modificada (kg-cm/cm³): | 27.6 | | | Número de golpes/capa: | 56.00 | | | Gravedad Especifica S/tamaño: | | 2.67 |
| Masa del suelo húmedo + molde (g) | 11067.00 | | | 11354.00 | | 11542.00 | 11408.00 | | | |
| Masa del molde (g) | 6411.00 | | | 6411.00 | | 6411.00 | 6411.00 | | | |
| Peso suelo húmedo compactado (g) | 4656 | | | 4943 | | 5131 | 4997 | | | |
| Peso volumétrico húmedo (g/cm³) | 2.211 | | | 2.347 | | 2.436 | 2.373 | | | |
| Recipiente N° | L-49 | TM-52 | L-33 | L-45 | TM-14 | L-06 | L-73 | TM-16 | | |
| Masa del suelo húmedo + tara (g) | 1260.50 | 1214.60 | 947.00 | 960.20 | 1104.40 | 1000.10 | 1064.80 | 1041.30 | | |
| Masa del suelo seco + tara (g) | 1254.6 | 1208.8 | 920.8 | 936.1 | 1048.2 | 952.1 | 1008.3 | 969.9 | | |
| Masa del Recipiente (g) | 104.30 | 86.30 | 102.20 | 95.10 | 85.30 | 96.20 | 102.70 | 85.60 | | |
| Masa del agua (g) | 5.90 | 5.80 | 26.20 | 24.10 | 56.20 | 48.00 | 56.50 | 71.40 | | |
| Masa del suelo seco (g) | 1150.30 | 1122.50 | 818.60 | 841.00 | 962.90 | 855.90 | 905.60 | 884.30 | | |
| Contenido de agua (%) | 0.51 | 0.52 | 3.20 | 2.87 | 5.84 | 5.61 | 6.24 | 8.07 | | |
| Promedio de contenido de agua (%) | 0.51 | | 3.03 | | 5.72 | | 7.16 | | | |
| Densidad húmeda del espécimen compactado (g/cm³) | 2.200 | | 2.278 | | 2.305 | | 2.214 | | | |
| Humedad Saturación (%) | 1.00 | | 10.00 | | 11.00 | | 14.00 | | | |
| Peso Volumétrico Saturación | 2.593 | | 2.267 | | 1.969 | | 1.676 | | | |

DENSIDAD SECA MÁXIMA CORREGIDA : 2.339 g/cm³
 CONTENIDO DE AGUA : 4.80 %

| PREPARACIÓN DE LA MUESTRA | | |
|---------------------------|--------------------|----------|
| TAMIZ | PARCIAL RETENIDO % | PASA (%) |
| 3" | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 11.62 | 88.38 |
| 3/8" | 34.31 | 54.07 |
| N°4 | 4.28 | 49.79 |
| <N°4 | 49.79 | 0.00 |



OBSERVACION : Muestra remitida por el peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación.

HC-AS-007 VER.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

AVILARDO GENERAL CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Janet Yessica Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 9872

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 615-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO : P-048-2021 CALICATA : M-2 Obs: Se duplicó el numero de golpes que indica la norma

CANTERA : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)- DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

CBR - MTC E 132

| ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO | | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Contenido de agua | % | 0.515 | 3.033 | 5.722 | 7.157 |
| Peso volumetrico seco | g/cm3 | 2.200 | 2.278 | 2.305 | 2.214 |

| ETAPA DE COMPACTACIÓN | | | |
|--------------------------|---------|----------|-----------|
| IDENTIFICACION DEL MOLDE | MOLDE I | MOLDE II | MOLDE III |
| NUMERO DE CAPAS | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| GOLPES POR CAPA | 12.00 | 26.00 | 55.00 |

| MUESTRA | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
|-------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Masa del molde + suelo humedo | 9307 | 9685 | 9865 | 10023 | 10200 | 10552 |
| Masa del molde | 4667.0 | 4667.0 | 4580.0 | 4580.0 | 4515.0 | 4515.0 |
| Masa del suelo humedo | 4640.0 | 5018.0 | 5285.0 | 5443.0 | 5685.0 | 6037.0 |
| Volumen del molde | 2316.0 | 2316.0 | 2316.0 | 2316.0 | 2316.0 | 2316.0 |
| Densidad humeda | 2.003 | 2.167 | 2.282 | 2.350 | 2.455 | 2.607 |
| % de humedad | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 4.80 | 4.80 |
| Densidad seca | 1.912 | 2.067 | 2.177 | 2.243 | 2.342 | 2.487 |
| Tara N° | TM-36 | L-71 | TM-34 | L-39 | L-49 | TM-018 |
| Tara + suelo humedo | 977 | 1249.7 | 1044 | 1254.3 | 919.0 | 1188.3 |
| Tara + suelo seco | 936.2 | 1160.1 | 1000.8 | 1178.3 | 881.1 | 1123.1 |
| Masa del agua | 40.8 | 89.6 | 43.2 | 76.0 | 37.9 | 65.2 |
| Masa de la tara | 84.0 | 99.2 | 85 | 102.5 | 93 | 85.5 |
| Masa del suelo seco | 852.2 | 1060.9 | 915.8 | 1075.8 | 788.1 | 1037.6 |
| % de humedad | 4.79 | 8.45 | 4.72 | 7.06 | 4.81 | 6.28 |

CBR AL 100% DE LA M.D.S. % 134.36
 CBR AL 95% DE LA M.D.S. % 105.60
 MDS GR/CM3 2.34
 OCH % CH 4.80

OBSERVACION : Muestra remitida por el peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.R.L.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Ing. JESSICA ANDIA ARIAS
 INGENIERA CIVIL
 CIP 89775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 615-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-
 DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

CALICATA : M-2

Obs: Se duplicó el numero de golpes que indica la norma

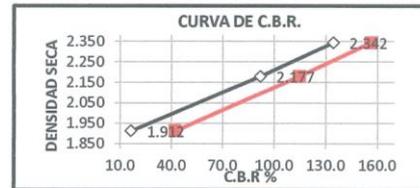
| ESPECIMEN I (12) | | |
|------------------|----------|-----------|
| KN | LBS | LBS/PUL 2 |
| 0,362 | 81.38 | 27.13 |
| 0,913 | 205,24 | 68,41 |
| 1,536 | 345,29 | 115,10 |
| 2,155 | 484,44 | 161,48 |
| 2,913 | 654,84 | 218,28 |
| 3,631 | 816,25 | 272,08 |
| 4,444 | 1.000,01 | 333,34 |
| 9,144 | 2.055,57 | 685,19 |
| 12,150 | 2.731,32 | 910,44 |
| 16,040 | 3.605,79 | 1.201,93 |

| C.H. | DENS. SECA |
|------|------------|
| 0.51 | 2.200 |
| 3.03 | 2.278 |
| 5.72 | 2.305 |
| 7.16 | 2.214 |



| ESPECIMEN II (26) | | |
|-------------------|-----------|-----------|
| KN | LBS | LBS/PUL 2 |
| 2,543 | 571,67 | 190,56 |
| 6,285 | 1.412,87 | 470,96 |
| 8,897 | 2.000,05 | 666,68 |
| 12,280 | 2.760,54 | 920,18 |
| 15,430 | 3.468,66 | 1.156,22 |
| 18,170 | 4.084,62 | 1.361,54 |
| 22,968 | 5.163,21 | 1.721,07 |
| 35,650 | 8.014,12 | 2.671,37 |
| 44,850 | 10.082,28 | 3.360,76 |
| 49,320 | 11.087,14 | 3,695,71 |

| Nº GOLPES | % CBR (0,1 ") | % CBR (0,2 ") | D.S. |
|-----------|---------------|---------------|-------|
| 12,00 | 16,1 | 42,2 | 1,912 |
| 26,00 | 92,0 | 114,7 | 2,177 |
| 55,00 | 134,4 | 156,1 | 2,342 |



| MDS | 2,34 |
|--------|-------|
| 95%MDS | 2,222 |

| (10) MDS | 2,54 mm (0,1 ") | 5,08 mm (0,2 ") |
|-------------|-----------------|-----------------|
| CBR AL 100% | 134,4 | 156,11 |
| CBR AL 95% | 105,6 | 128,40 |

| ESPECIMEN III (55) | | |
|--------------------|-----------|-----------|
| KN | LBS | LBS/PUL 2 |
| 2,749 | 617,98 | 205,99 |
| 7,804 | 1.754,34 | 584,78 |
| 12,820 | 2.881,94 | 960,65 |
| 17,930 | 4.030,66 | 1.343,55 |
| 23,720 | 5.332,26 | 1.777,42 |
| 28,500 | 6.406,80 | 2.135,60 |
| 31,250 | 7.025,00 | 2.341,67 |
| 48,980 | 11.010,70 | 3.670,23 |
| 85,230 | 19.159,70 | 6.386,57 |
| 94,320 | 21.203,14 | 7.067,71 |

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Ing. Janet Vásquez Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 69775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

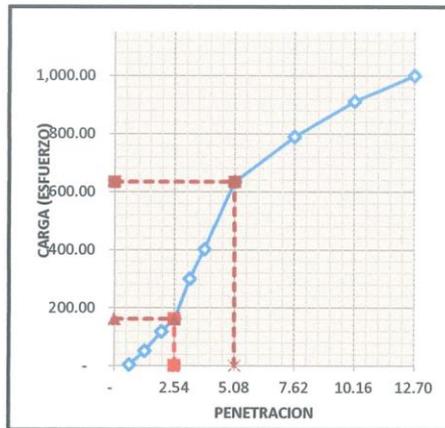
EXPEDIENTE N° : 615-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-
 DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

CALICATA : M-2
 Obs: Se duplicó el número de golpes que indica la norma

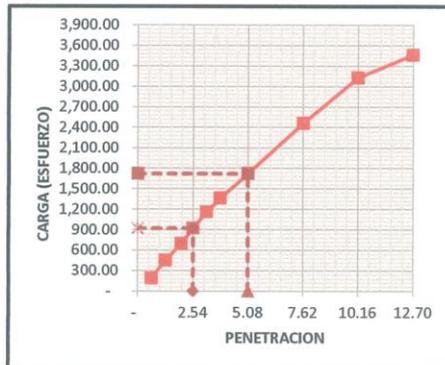
PENETRACION

| | KN | LB | AREA | ESFUERZO | P. EN PULG |
|-----------|--------|--------|------|----------|------------|
| 12 GOLPES | 0.362 | 81.4 | 3.00 | 5.00 | 0.63 |
| | 0.913 | 205.2 | 3.00 | 51.23 | 1.27 |
| | 1.536 | 345.3 | 3.00 | 118.45 | 1.99 |
| | 2.155 | 484.4 | 3.00 | 161.48 | 2.54 |
| | 2.913 | 654.8 | 3.00 | 300.12 | 3.17 |
| | 3.631 | 816.2 | 3.00 | 401.26 | 3.81 |
| | 8.452 | 1900.0 | 3.00 | 633.34 | 5.08 |
| | 9.144 | 2055.6 | 3.00 | 789.56 | 7.62 |
| | 12.150 | 2731.3 | 3.00 | 910.44 | 10.16 |
| | 16.040 | 3605.8 | 3.00 | 1,000.50 | 12.70 |



PENETRACION

| | KN | LB | AREA | ESFUERZO | P. EN PULG |
|-----------|--------|---------|------|----------|------------|
| 26 GOLPES | 2.543 | 571.7 | 3.00 | 190.56 | 0.63 |
| | 6.285 | 1412.9 | 3.00 | 450.26 | 1.27 |
| | 8.897 | 2000.0 | 3.00 | 692.35 | 1.99 |
| | 12.280 | 2760.5 | 3.00 | 920.18 | 2.54 |
| | 15.430 | 3468.7 | 3.00 | 1,156.22 | 3.17 |
| | 18.170 | 4084.6 | 3.00 | 1,361.54 | 3.81 |
| | 22.968 | 5163.2 | 3.00 | 1,721.07 | 5.08 |
| | 35.650 | 8014.1 | 3.00 | 2,458.20 | 7.62 |
| | 44.850 | 10082.3 | 3.00 | 3,124.50 | 10.16 |
| | 49.320 | 11087.1 | 3.00 | 3,458.20 | 12.70 |



HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

DIRECCION GENERAL CENTAURO INGENIEROS S.A.S.
 PUERTA A. DISEÑO Y CALIDAD
 Ing. Jasset Yessica Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 8975

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

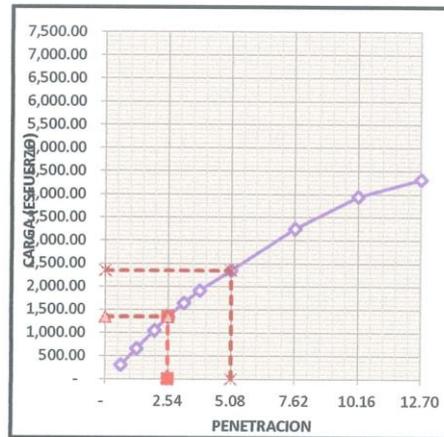
EXPEDIENTE N° : 615-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-
 DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

CALICATA : M-2 Obs: Se duplicó el numero de golpes que indica la norma

PENETRACION

| ES GOLPES | KN | LB | AREA | ESFUERZO | P. EN PULG |
|-----------|---------|------|----------|----------|------------|
| 2.749 | 618.0 | 3.00 | 300.00 | 0.63 | |
| 7.804 | 1754.3 | 3.00 | 658.96 | 1.27 | |
| 12.820 | 2881.9 | 3.00 | 1.056.37 | 1.99 | |
| 17.930 | 4030.7 | 3.00 | 1.343.55 | 2.54 | |
| 23.720 | 5332.3 | 3.00 | 1.645.20 | 3.17 | |
| 28.500 | 6406.8 | 3.00 | 1.912.36 | 3.81 | |
| 31.250 | 7025.0 | 3.00 | 2.341.67 | 5.08 | |
| 48.980 | 11010.7 | 3.00 | 3.245.10 | 7.62 | |
| 85.230 | 19159.7 | 3.00 | 3.948.20 | 10.16 | |
| 94.320 | 21203.1 | 3.00 | 4.312.50 | 12.70 | |



INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 AREA DE CALIDAD
 Ing. Janet Vésica Aridia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CIP 88775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo – Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 – 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

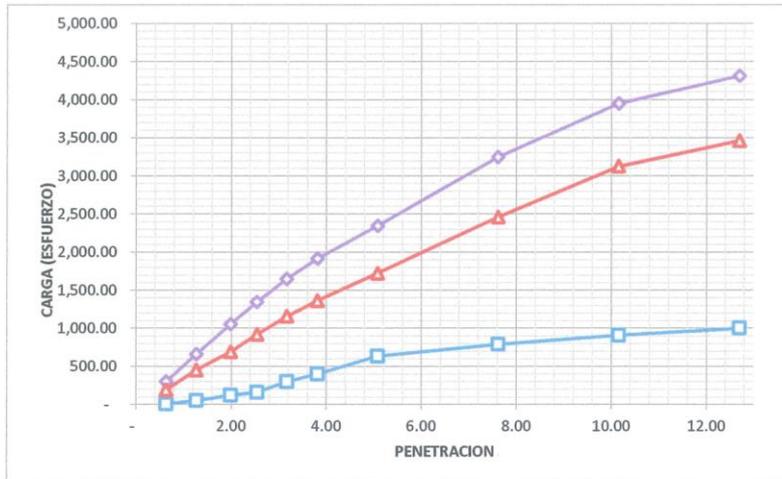
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 615-2021-AS
PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

UBICACIÓN : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

Obs: Se duplicó el numero de golpes que indica la norma

CALICATA : M-2



HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
PUNTA DE CALVARIO
Ing. Janet Cecilia Andia Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 69775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



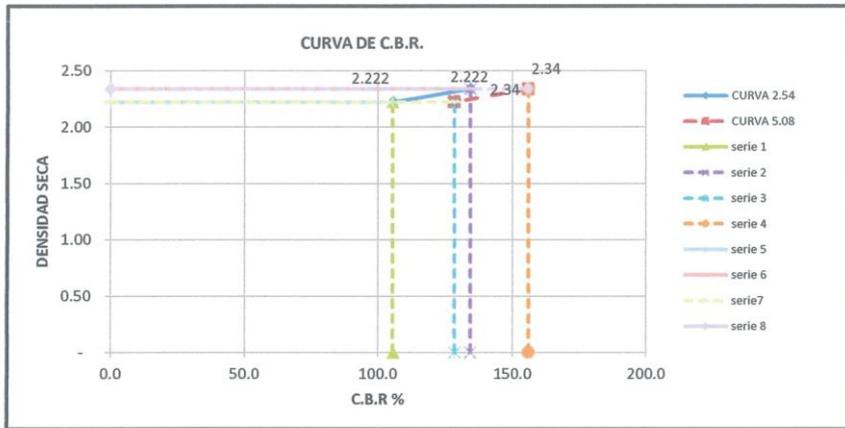
Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 615-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMAN CARBAJAL
 ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

CANTERA : MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-
 DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

CALICATA : M-2
 Obs: Se duplicó el numero de golpes que indica la norma



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Ing. Juan Yéssica Andía Arias
 CIP 89772

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo – Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 – 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS



- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019- /DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 615-2021-AS
 PETICIONARIO : BACH. JUAN CARLOS HUAMÁN CARBAJAL
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE BASE GRANULAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO-REGIÓN DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 19 DE MARZO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN : 30 DE MARZO DEL 2021

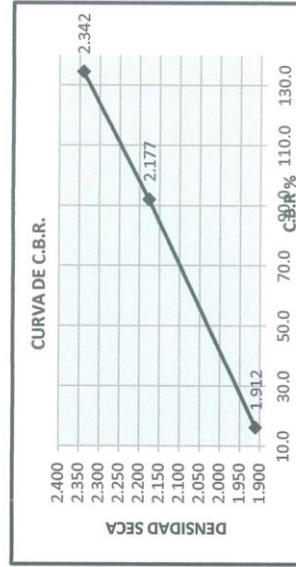
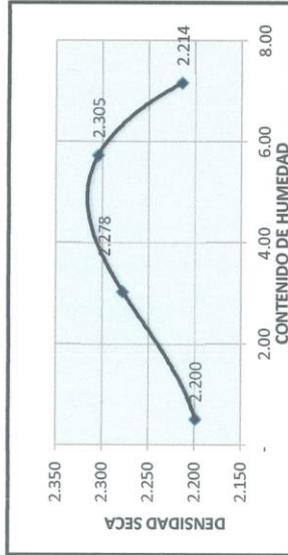
ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR MTC E 132

DATOS DE LA MUESTRA

: MUESTRA DE LA PLANTA DE LA DRTC(DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES)-DISTRITO SAN JERONIMO DE TUNAN-PROVINCIA DE HUANCAYO-DEPARTAMENTO DE JUNIN

: M-2

CALICATA



OBSERVACIÓN: Muestra extraídas en campo, por el Peticionario.

HC-AS-008 VERSIÓN:01 REV:00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

INGENIEROS JUNIN S.A.S. S.R.L.
 EMPRESA DE CALIDAD
 Ing. Ing. Juan Huamán Carabajal
 Ing. Ing. Juan Huamán Carabajal

Email: grupocentauroringenieros@gmail.com Web: <http://centauroringenieros.com/> Facebook: [centauroringenieros](https://www.facebook.com/centauroringenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 984483588 - 984966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroringenieros@gmail.com