

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



**TESIS**

**“MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO  
ESPUMADO”**

**PRESENTADO POR**

**Bach. BUENDIA MAYHUASCA DENIS JEFFRY**

**Línea de Investigación Institucional**

**Transporte y Urbanismo**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

# FALSA PORTADA

ASESOR

Ing. NATALY LUCIA CÓRDOVA ZORRILLA

## **DEDICATORIA**

A mis padres quienes con esfuerzo y comprensión me apoyaron en cada etapa de mi formación profesional de igual manera a mis tíos, hermanos y amigos quienes me brindaron su ayuda para la realización de esta tesis.

**Bach. Buendia Mayhuasca Denis Jeffry**



## **AGRADECIMIENTO**

A mis docentes, asesor y jurados de la UPLA que me dedicaron su apoyo, paciencia y aportes que me guiaron para lograr alcanzar el logro de esta investigación

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA  
**DECANO**

---

Mg. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL  
**JURADO**

---

Ing. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES  
**JURADO**

---

Ing. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA  
**JURADO**

---

Ing. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA  
**SECRETARIO DOCENTE**

## INDICE

INDICE _____	VII
RESUMEN _____	XV
ABSTRACT _____	XVI
INTRODUCCIÓN _____	XVII
CAPÍTULO I _____	19
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN _____	19
1.1. Planteamiento del problema _____	19
1.2. Formulación del problema _____	21
1.2.1. Problema General _____	21
1.2.2. Problemas Específicos _____	21
1.3. Justificación _____	21
1.3.1. Justificación Práctica o Social _____	21
1.3.2. Justificación Científica o Teórica _____	22
1.4.3. Justificación Metodológica _____	22
1.4. Delimitaciones _____	22
1.4.1. Espacial _____	22
1.4.2. Temporal _____	23
1.4.3. Económica _____	23
1.5. Limitaciones _____	23
1.6. Objetivos _____	24
1.6.1. Objetivo General _____	24
1.6.2. Objetivos Específicos _____	24
CAPITULO II _____	25
MARCO TEÓRICO _____	25
2.1. Antecedentes (internacionales y nacionales) _____	25
2.1.1. Antecedentes Internacionales _____	25
2.1.2. Antecedentes Nacional _____	28

2.2. Marco conceptual _____	30
2.2.1. Pavimento _____	30
2.2.1.1. Concepto _____	30
2.2.1.2. Tipos de pavimentos _____	31
2.2.1.3. Composición de un pavimento flexible _____	34
2.2.1.4. Factores que afecta un pavimento _____	35
2.2.2. Agregados pétreos _____	38
2.2.2.1. Tipos de agregados _____	38
2.2.2.2. Características de los agregados pétreos para pavimentos _____	39
2.2.2.3. Clasificación de áridos de acuerdo a su tamaño. _____	41
2.2.3. Estabilización de suelos _____	42
2.2.3.1. Estabilización por combinación de suelos _____	42
2.2.3.2. Estabilización por sustitución de los suelos _____	42
2.2.3.3. Suelos estabilizados con cal _____	43
2.2.3.4. Suelos estabilizados con cemento _____	43
2.2.3.5. Suelos estabilizados con escoria _____	44
2.2.3.6. Estabilización con productos asfálticos _____	44
2.2.4. Bases granulares _____	45
2.2.4.1. Granulometría de una base granular _____	45
2.2.4.2. Valor relativo de soporte, CBR en una base granular _____	46
2.2.4.3. Calidad de los materiales en una base granular _____	46
2.2.5. Asfalto espumado _____	47
2.2.5.1. Producción de asfalto espumado _____	48
2.2.5.2. Propiedades y características del asfalto espumado _____	49
2.2.5.3. Tipos de procesos de espumación _____	50
2.2.5.4. Materiales adecuados para tratamiento de asfalto espumado _____	51
2.2.5.5. Aplicaciones del asfalto espumado _____	52
2.2.5.6. Factores que influyen en las propiedades de la espuma _____	53
2.3. Definición de términos _____	54
2.4. Hipótesis _____	55
2.4.1. Hipótesis General _____	55
2.4.2. Hipótesis Específicas _____	55

2.5. Variables	55
2.5.1. Definición conceptual de la variable	55
2.5.2. Definición operacional de la variable	56
2.5.3. Operacionalización de la variable	56
CAPÍTULO III	57
METODOLOGÍA	57
3.1. Método de investigación	57
3.2. Tipo de investigación	57
3.3. Nivel de investigación	57
3.4. Diseño de la investigación	57
3.5. Población y muestra	58
3.5.1. Población	58
3.5.2. Muestra	58
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	60
3.7. Procesamiento de la información	61
3.7.1. Selección y ubicación de cantera	61
3.7.1.2. Obtención de material granular	62
3.7.2. Diseño de mezcla de asfalto espumado	62
3.7.2.1. Caracterización del material granular	62
3.7.2.2. Ensayo de calidad del agregado	65
3.7.2.3. Calidad del asfalto espumado	72
3.7.2.4. Diseño de mezcla	76
3.8. Técnicas y análisis de datos	83
CAPÍTULO IV	84
RESULTADOS	84
4.1. Calidad de la espuma asfáltica	84
4.1.1. Cemento asfáltico PEN 85/100	84
4.1.1.1. Contenido óptimo de agua a inyectar	85
4.1.2. Cemento asfáltico PEN 120/150	86

4.1.2.1. Contenido óptimo de agua a inyectar _____	87
4.2. Características del material granular _____	89
4.2.1. Análisis granulométrico _____	89
4.2.2. Límites de consistencia del material granular _____	90
4.2.3. Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados _____	91
4.2.4. Partículas chatas o alargadas _____	91
4.2.5. Equivalente de arena _____	92
4.2.6. Sales solubles _____	92
4.2.7. Partículas fracturadas _____	93
4.2.8. Durabilidad al sulfato de magnesio _____	95
4.2.9. Peso específico y absorción _____	96
4.2.10. Proctor modificado _____	96
4.2.11. Californian Bearing Ratio -CBR _____	97
4.3. Diseño de mezcla de asfalto espumado _____	97
4.3.1. Filler activo _____	97
4.3.2. CBR – Material Estabilizado con Asfalto Espumado _____	98
4.3.3. Tracción indirecta – Material Estabilizado con Asfalto Espumado _____	99
CAPÍTULO V _____	102
DISCUSIÓN DE RESULTADOS _____	102
CONCLUSIONES _____	106
RECOMENDACIÓN _____	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA _____	109
ANEXOS _____	111
MATRIZ DE CONSISTENCIA _____	113

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA I. REQUERIMIENTOS PARA AGREGADO GRUESO.....</b>	<b>41</b>
<b>TABLA II. REQUERIMIENTOS PARA AGREGADO FINO .....</b>	<b>42</b>
<b>TABLA III. REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE           GRANULAR .....</b>	<b>45</b>
<b>TABLA IV. CBR EN BASE GRANULAR.....</b>	<b>46</b>
<b>TABLA V. ENSAYOS PARA UNA BASE GRANULAR.....</b>	<b>46</b>
<b>TABLA VI. CAPACIDAD DE MEZCLADO DEL ASFALTO ESPUMADO .....</b>	<b>52</b>
<b>TABLA VII. RAZÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA SEGÚN EL TIPO           DE ASFALTO.....</b>	<b>53</b>
<b>TABLA VIII FILLER ACTIVO .....</b>	<b>76</b>
<b>TABLA IX RESUMEN DE PRUEBAS DE ESPUMACIÓN - PEN 85/100 .....</b>	<b>84</b>
<b>TABLA X RESUMEN DE PRUEBAS DE ESPUMACIÓN – PEN 120/150 .....</b>	<b>86</b>
<b>TABLA XI ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL GRANULAR.....</b>	<b>89</b>
<b>TABLA XII ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES .....</b>	<b>91</b>
<b>TABLA XIII ENSAYO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS.....</b>	<b>91</b>
<b>TABLA XIV ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA. ....</b>	<b>92</b>
<b>TABLA XV ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADO GRUESO. ....</b>	<b>92</b>
<b>TABLA XVI ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADO FINO.....</b>	<b>93</b>
<b>TABLA XVII ENSAYO DE PARTICULAS FRACTURADAS CON UNA           SOLA CARA. ....</b>	<b>93</b>
<b>TABLA XVIII ENSAYO DE PARTICULAS FRACTURADAS CON MAS           DE UNA CARA. ....</b>	<b>94</b>
<b>TABLA XIX ENSAYO DE DURABILIDAD - FRACCIÓN GRUESA .....</b>	<b>95</b>
<b>TABLA XX ENSAYO DE DURABILIDAD - FRACCION FINA. ....</b>	<b>95</b>
<b>TABLA XXI PESO ESPECIFICO Y ABSORCION - GRUESO .....</b>	<b>96</b>
<b>TABLA XXII RESULTADO DE PROCTOR MODIFICADO           - MATERIAL GRANULAR .....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA XXIII RESULTADO DE CBR - MATERIAL GRANULAR.....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA XXIV RESULTADOS - CBR DE MATERIAL ESTABILIZADO           PEN 85/100.....</b>	<b>98</b>
<b>TABLA XXV RESULTADOS - CBR DE MATERIAL ESTABILIZADO .....</b>	<b>98</b>
<b>          PEN 120/150.....</b>	<b>98</b>

<b>TABLA XXVI RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA</b>	
PEN 85/100 - 2.5% ASFALTO.....	99
<b>TABLA XXVII RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA</b>	
PEN 85/100 - 3.0% ASFALTO.....	99
<b>TABLA XXVIII RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA</b>	
PEN 85/100 - 3.5% ASFALTO.....	99
<b>TABLA XXIX RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA</b>	
PEN 120/150 - 2.5% ASFALTO.....	100
<b>TABLA XXX RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA</b>	
PEN 120/150 - 3.0% ASFALTO.....	100
<b>TABLA XXXI RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA</b>	
PEN 120/150 - 3.5% ASFALTO.....	100
<b>TABLA XXXII RESUMEN DE TRACCION INDIRECTA PEN 85/100.....</b>	101
<b>TABLA XXXIII RESUMEN DE TRACCION INDIRECTA PEN 120/150.....</b>	101



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig.1.</b> Transferencia de una carga en el pavimento.....	31
<b>Fig. 2</b> Estructura de pavimento flexible.....	32
<b>Fig. 3.</b> Estructura de un pavimento rígido.....	33
<b>Fig. 4.</b> Estructura de un pavimento articulado.....	33
<b>Fig. 5</b> Esfuerzos sobre un pavimento .....	35
<b>Fig. 6.</b> Indicadores de deterioro de pavimentos .....	36
<b>Fig. 7.</b> Factor ambiental que afecta el pavimento .....	37
<b>Fig. 8.</b> Esfuerzos en el pavimento.....	38
<b>Fig. 9.</b> Cámara de expansión de asfalto. ....	48
<b>Fig. 10.</b> Características del asfalto espumado .....	49
<b>Fig. 11.</b> Relación entre propiedades del asfalto espumado .....	50
<b>Fig. 12.</b> Plantas productoras de asfalto espumado.....	50
<b>Fig. 13.</b> Características de materiales para tratamiento con asfalto espumado.....	51
<b>Fig. 14.</b> Esquema de diseño. ....	59
<b>Fig. 15</b> Ubicación de la cantera Pumpunya .....	61
<b>Fig. 16</b> Recolección del material granular de la Cantera Pumpunya .....	62
<b>Fig. 17</b> Análisis granulométrico del material granular. ....	63
<b>Fig. 18</b> Lavado malla N° 200 Material Granular.....	64
<b>Fig. 19</b> Ensayo de límite líquido.....	64
<b>Fig. 20</b> Ensayo de límite plástico. ....	65
<b>Fig. 21</b> Ensayo de Abrasión en la máquina de los Ángeles.....	66
<b>Fig. 22</b> Ensayo de partículas chatas y alargadas. ....	66
<b>Fig. 23</b> Ensayo de partículas con caras fracturadas.....	67
<b>Fig. 24</b> Ensayo de sales solubles totales.....	68
<b>Fig. 25</b> Ensayo de equivalente de arena. ....	69
<b>Fig. 26</b> Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio.....	70
<b>Fig. 27</b> Ensayo Proctor modificado.....	71
<b>Fig. 28</b> Ensayo de CBR del material granular.....	72
<b>Fig. 29</b> Calentamiento del cemento asfáltico.....	74
<b>Fig. 30</b> Inyección de agua a 25°C al cemento asfáltico caliente.....	74
<b>Fig. 31</b> Desarrollo del asfalto espumado. ....	75

<b>Fig. 32</b> Medición del máximo volumen expandido. ....	75
<b>Fig. 33</b> Dosificación del material granular.....	76
<b>Fig. 34</b> Dosificación de Filler Activo (Cemento Portland).....	77
<b>Fig. 35</b> Dosificación de cemento asfáltico.....	77
<b>Fig. 36</b> Calentado de la mezcla del material granular con el filler activo. ....	78
<b>Fig. 37</b> Calentado del cemento asfáltico.....	78
<b>Fig. 38</b> Incorporación del cemento asfáltico. ....	79
<b>Fig. 39</b> Proceso de espumación del cemento asfáltico.....	79
<b>Fig. 40</b> Combinación de la mezcla y asfalto espumado.....	80
<b>Fig. 41</b> Ensayo de CBR del material granular modificado con asfalto espumado.....	80
<b>Fig. 42</b> Moldeo de la mezcla modificada.....	81
<b>Fig. 43</b> Compactación de los especímenes -Método Marshall.....	81
<b>Fig. 44</b> Elaboración de briquetas. ....	82
<b>Fig. 45</b> Ensayo de tracción indirecta.....	82
<b>Fig. 46</b> Índice de espumación PEN 85/100.....	85
<b>Fig. 47</b> Óptimo contenido de agua para espumar PEN 85/100 a 160°C.....	86
<b>Fig. 48</b> Índice de espumación PEN 120/150.....	87
<b>Fig. 49</b> Óptimo contenido de agua para espumar PEN 120/150 a 180°C.....	88
<b>Fig. 50</b> Curva granulométrica del material granular - Huso asfalto espumado.....	89
<b>Fig. 51</b> Límites de consistencia del material granular. ....	90
<b>Fig. 52</b> Ensayo de proctor modificado material granular.....	96
<b>Fig. 53</b> CBR. ....	97

## RESUMEN

La presente tesis considera como problema general: ¿De qué manera la aplicación del asfalto espumado mejora el material de

base granular? objetivo general es: Determinar la manera en la que la aplicación del asfalto espumado mejora el material de base granular y como hipótesis general: La aplicación del asfalto espumado mejora la resistencia del material de base granular.

El método de investigación es científico, tipo de investigación aplicada, nivel de investigación explicativo y el diseño de investigación cuasiexperimental. La población es el material de base granular aplicado a pavimentos flexibles, por esta razón se determinó que el material de base con el que se trabajará es procedente de la cantera Pumpunya ubicada en el distrito de Chongos Bajo Provincia de Chupaca. Y la muestra fue de tipo no probabilístico, por conveniencia en ese sentido la muestra es el material granular de la cantera Pumpunya.

De este modo, se determina que el método de mejoramiento de base granular mediante la aplicación de asfalto espumado influye positivamente en las propiedades del material granular de base quedando en evidencia que la resistencia es incrementada en un porcentaje significativo.

**Palabras clave:** Base, Material Granular, Asfalto espumado, Resistencia (CBR).

## **ABSTRACT**

This thesis considers as a general problem: How does the application of foamed asphalt improve the granular base? general objective is: To determine the way in which the application of foamed asphalt improves the granular base material and as a general hypothesis: The application of foamed asphalt improves the resistance of the granular base material.

The research method is scientific, type of applied research, level of explanatory research and quasi-experimental research design. The population is the granular base material applied to flexible pavements, for this reason it was determined that the base material to be worked with comes from the Pumpunya quarry located in the district of Chongos Bajo, Chupaca Province. And the sample was of a non-probabilistic type, for convenience in that sense the sample is the granular material from the Pumpunya quarry.

In this way, it is determined that the granular base improvement method by means of the application of foamed asphalt positively influences the properties of the base granular material, showing that the resistance is increased by a significant percentage.

**Keywords:** Base, Granular Material, Foamed Asphalt, Resistance (CBR).

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la mayoría de los principales corredores del país se encuentran pavimentados, sin embargo, una proporción importante de las vías no se encuentran en un buen estado, debido a la presencia de baches, ondulaciones, encalaminados y ahuellamiento. Esto afecta directamente al usuario, debido a los tiempos de tránsito más largos y por lo tanto costos adicionales.

Un informe técnico publicado en la página web del Ministerio de Transporte (MTC) indica que el sistema nacional de carreteras (SINAC), que comprende la red vial nacional, departamental y distrital, tiene una longitud total de 140.672,36 km. De los cuales 121.973,80 km son de terracería (86,71%), asimismo, del total de kilómetros de terracería, el 91,93% corresponde a la red vial departamental y distrital.

Ante esta situación es necesario contar con una solución factible para la pavimentación de estas vías, por lo que los pavimentos diseñados con materiales granulares son una buena opción, debido a la baja carga de tráfico que van a sufrir, el paquete estructural contará solamente con una sub-base granular y una base granular estabilizada. Siendo este último el que más contribuye a la estructura del pavimento.

En el manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción RD N° 22-2013-MTC/14 hay un capítulo de estabilización de suelos con emulsiones asfálticas, sin embargo, existe un método que se está aplicando en otros países, y ha habido un beneficio económico y técnico, este es el método del asfalto espumado.

Sin embargo, en Perú no se desarrollaron especificaciones sobre el tema, por lo que existe un desconocimiento sobre la efectividad de este enfoque constructivo.

En tal sentido, La presente investigación titulada: “Mejoramiento de base granular mediante la aplicación de asfalto espumado” contribuirá a nuestro conocimiento de la estabilidad con asfalto espumado en el Perú y su comportamiento en la geografía del país.

El enfoque de la investigación de esta tesis, está dividido en 5 capítulos con el siguiente contenido:

**CAPITULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**, en este capítulo se establece el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema (problema general y problemas específicos), la justificación (social, teórica y metodológica), la delimitación (espacial, temporal y económica), las limitaciones y la formulación de los objetivos (objetivo general y específicos).

**CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**, en el presente capítulo se presenta los antecedentes del estudio de investigación (nacionales e internacionales), marco conceptual, definición de términos próximos a la investigación, formulación de hipótesis (hipótesis general e hipótesis específicas) definición de variables (definición conceptual, operacional y Operacionalización de la variable).

**CAPÍTULO III METODOLOGÍA**, el capítulo contiene el método de investigación, el tipo de investigación, el nivel de investigación, el diseño de investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, así como las técnicas y análisis de datos.

**CAPÍTULO IV RESULTADOS**, en este capítulo se presenta los resultados producto de la investigación, se muestran los resultados del análisis, y se contrasta las hipótesis generales y específicas.

**CAPÍTULO IV DISCUSION DE RESULTADOS**, en este capítulo se discutirán los resultados de la investigación y finalmente se expondrá las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

**Bach. Denis Jeffry Buendia Mayhuasca**

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

A nivel mundial la construcción de obras viales es una de las principales fuentes de desarrollo de un país es por eso que la construcción de pavimentos tanto rígidos como flexibles actualmente es una prioridad, siendo este último el más utilizado por razones económicas.

Según (Fonseca, 2002) la base granular es estructuralmente la capa más importante de un pavimento flexible, para satisfacer este objetivo la capa base debe estar formado por materiales que tengan las propiedades de resistencia necesarias.

Sin embargo, la mayoría de los pavimentos se encuentran en un estado deficiente a causa de que están conformadas por un material granular (base) inadecuado y de mala calidad esto genera la presencia de fallas estructurales tales como asentamientos longitudinales y transversales, baches, desplazamientos de borde, piel de cocodrilo, lengüetas, ojo de pescado, ahuellamiento, etc.

En el Perú existe un porcentaje significativo de vías con presencia de grietas, baches, huecos, ahuellamiento y encalaminados esto debido en su mayoría a que dentro del paquete estructural está conformado

con un material de base con propiedades insuficientes, deficiente proceso constructivo y factores climáticos desfavorables.

Asimismo, se evidencia que en la ciudad de Huancayo los pavimentos se encuentran en condiciones improcedentes debido a que la capa base está constituido por materiales que no satisfacen los parámetros que exige la normativa técnica peruana, a consecuencia de ello la capa base no cumple su función viéndose reflejada en la presencia de deflexiones elevadas, fisuras, grietas pronunciadas, deficiente drenaje del pavimento y una rugosidad inapropiada, esto genera un impacto negativo en la transitabilidad y un bajo nivel de servicio causando molestia directamente en los pobladores.

Esta condición requiere implementar soluciones nuevas para pavimentar estas carreteras, en donde se mejore la resistencia a cargas pesadas, evite deterioros prematuros y alargue la vida útil del pavimento. Por esta razón los pavimentos con materiales granulares es una opción factible y viable porque a comparación de los pavimentos flexibles convencionales estas están conformadas por una capa de base y sub base, debido a que serán sometidas a menores cargas de tráfico lo que conlleva en un ahorro de recursos y económico.

Por este motivo, en esta investigación se desarrolla un mejoramiento del material de base granular procedente de la Cantera Pumpunya ubicada en el distrito de Chongos Bajo incorporando como agente estabilizador el asfalto espumado con el objetivo de mejorar las propiedades de resistencia de la capa compactada trabajando de forma dúctil y visco-elástica

En la norma técnica peruana no se ha desarrollado el tema del asfalto espumado por lo que existe una falta de conocimiento en cuanto al proceso constructivo y la influencia que pueda tener las condiciones climáticas del país en el asfalto espumado.

Por esta razón, este trabajo de investigación contribuirá al conocimiento de la estabilización mediante el método del asfalto espumado en el Perú y su comportamiento frente a un material granular.



## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

- ¿De qué manera la aplicación del asfalto espumado mejora el material de base granular?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cómo interviene la calidad de la espuma asfáltica en la resistencia del material de base granular?
- ¿Cuál es la resistencia del material de base granular en su estado natural y con la aplicación del asfalto espumado?
- ¿En qué porcentaje mejora la resistencia del material de base granular con la aplicación de asfalto espumado?
- ¿Cuál es la resistencia a la tracción indirecta del material de base granular estabilizado con asfalto espumado?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación Práctica o Social**

No se tienen antecedentes de vías en las que se mejoró la base estabilizando con espuma asfáltica en toda la red vial de la zona de Junín, por lo que se debe realizar la investigación “Mejoramiento de base granular mediante la aplicación de asfalto espumado”. La información obtenida sustentará este y otros estudios similares siendo un aporte importante a la ingeniería de transporte en la aplicación de materiales para la estabilización. Es importante que el suelo donde se instalará la estructura cumpla con las propiedades mecánicas y físicas para asegurar la estabilidad de la estructura durante su vida útil, por lo que su estabilización significa:

- Beneficios para la población.
- Uso de la vía de manera eficaz.
- Reducir el espesor del paquete de pavimento.

### **1.3.2. Justificación Científica o Teórica**

La información obtenida posteriormente abordó los intentos de demostrar el efecto del asfalto espumado en las propiedades mecánicas de materiales de plasticidad relativamente baja, para su uso posterior en la estabilización de bases.

Asimismo, servirá de base para futuras investigaciones relacionadas con la ingeniería del transporte.

### **1.4.3. Justificación Metodológica**

Este estudio abre una nueva metodología en el desarrollo experimental de mejoramiento de base granular con asfalto espumado; a través de técnicas, herramientas y recomendaciones que en el futuro ayudarán a respaldar estudios similares en el campo de estabilización con asfalto espumado.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

La investigación se proyecta desarrollar en:

Región : Junín

Provincia : Chupaca

Distrito : Chongos Bajo



## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

- Determinar la manera en la que la aplicación del asfalto espumado mejora el material de base granular.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Analizar la calidad de espuma asfáltica mediante los valores de razón de expansión y vida media.
- Determinar la resistencia del material de base granular en su estado natural y con la aplicación de asfalto espumado a través del ensayo CBR.
- Estimar el porcentaje en que mejora la resistencia del material de base granular con la aplicación de asfalto espumado.
- Evaluar a través del ensayo de tracción indirecta (ITS) los distintos diseños de mezcla del material granular estabilizado con asfalto espumado.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes (internacionales y nacionales)**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

A. (Garcia Hernández, Delgado Alamilla, & Campos Hernández, 2018) En su publicación técnica N° 519 titulada “Diseño de bases estabilizadas con asfalto espumado”.

El estudio tuvo como objetivo aplicar el asfalto espumado como técnica de estabilización de bases hidráulicas fabricadas con materiales reciclados, estandarizando el proceso de diseño de ingeniería y evaluando las propiedades de la base estabilizada. Para ello se realizó el diseño de la mezcla con diferentes temperaturas (160, 170 y 180 C°) e inyectando diferentes proporciones de agua (2, 3 y 4%) en cada categoría.

Las principales conclusiones son:

- Para obtener esta mezcla de asfalto espumosa, es adecuada la mezcla de PG 64 -16 (Ekbé). Asimismo, los asfaltos modificados no es una opción para la producción de este tipo de betún.
- Se observa que al aumentar el contenido de betún espumante se reduce la sensibilidad a la humedad y se aumentan los valores del módulo de elasticidad, por lo que se estabiliza el aumento de la capacidad estructural del sustrato observado.

- Para determinar el contenido óptimo de asfalto, tomaron 2,0%, 2,5% y 3%, determinan el contenido óptimo de betún espumado como 2.4%.
- El diseño compuesto que logra una buena formación de espuma es el diseño con condiciones óptimas: 170 °C con inyección de agua al 2.7 %, lo que proporciona una vida media de 10,5 segundos y un tiempo de expansión de 12,2 veces el volumen.

B. (Ulloa Calderon, Múniera Miranda, & Ramírez Villalobos, 2018) en su publicación técnica titulada “Diseño de materiales granulares estabilizados con asfalto espumado”.

La investigación se centra en métodos de estabilización de materiales granulares con asfalto espumado, estandarizando procedimientos de prueba, diseño y parámetros de rendimiento. El diseño de estabilización con betún espumado a 160°C se da con 1.3% de agua inyectada

Se realizó el material granular tratado con asfalto AC-30, que requiere un tratamiento previo con la primera mezcla mineral activa (cal)

Las principales conclusiones son:

- Para determinar el contenido óptimo de betún se tomó en 2. 5%, 2.95%, 3. 5% y 3.95%, finalizando con un contenido óptimo de betún espumado de 3.05% y 3.15%. Como referencia se mantiene la máxima resistencia y se respeta también la mínima tensión indirecta.
- El típico asfalto usado AC-30 no es adecuado para la producción de betún espumado.
- La adición de un relleno mineral activo (cal) afecta significativamente la resistencia a la humedad y la adherencia. Sin embargo, es necesario el uso de un relleno activo (cal o cemento) para obtener el rendimiento y la durabilidad esperada.
- Se puede observar que el módulo resiliente del material estabilizado con espuma asfáltica es tres veces mayor que el del material sin estabilizar. De esta forma es posible reducir el espesor de la capa asfáltica y aumentar su resistencia.

C. (Valdez Alcorn, 2019) en su tesis titulada “Asfalto espumado” presentada para optar el grado de especialista en vías terrestres. Publicado por la universidad Nacional Autónoma de México, México, 2019.

El estudio se centró en la implementación de la técnica de mezcla asfáltica mediante asfalto espumado, según la metodología del manual Wirtgen Cold Recycling Technology.

Con la aplicación de betún espumado como material estabilizador, se fabrican juntas discontinuas en materiales granulares. Las uniones tienen un punto intermedio, es decir, presentan rigidez y flexibilidad. Esto aumenta la cohesión y reduce la sensibilidad a la humedad, manteniendo su ángulo de fricción en base Hidráulica.

Sus principales conclusiones son:

- Para la obtención de este asfalto espumante es adecuado el asfalto de PEMEX. Sin embargo, no utilizar asfalto modificado.
- La estabilización con betún espumado es económica porque la cantidad requerida de este ligante es baja.
- Para la obtención del betún espumado se requiere una máquina especial, diseñada por una sola empresa (Wirtgen Corporation), lo cual es una desventaja en el mercado, reduciendo las alternativas de obtención de este material.
- La base estable con aplicación de espuma asfáltica ofrece mejor desempeño que la base hidráulica tradicional.
- Las propiedades visco elásticas, la flexibilidad y la resistencia a la deformación del material se mejoran con la aplicación del betún espumado.

### 2.1.2. Antecedentes Nacional

a) (Ccoyllo Huamán, 2019) en su tesis titulada “Método de asfalto espumado para mejorar los factores de diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles – Lima” presentada para optar su título profesional de Ingeniero Civil. Publicado por la Universidad Peruana Los Andes (UPLA), Lima, 2019.

El estudio se centra en el diseño de un paquete estructural con la aplicación de espuma asfáltica frente al diseño asfáltico convencional. El estudio se centra en el diseño de un complejo estructural con la aplicación de espuma asfáltica frente al diseño de hormigón asfáltico convencional. En el diseño con betún espumado y betún convencional, las condiciones son: cemento bituminoso PEN 60/70 a 130 C° y 160 C° respectivamente, con diferente contenido de agua (1, 2, 3 y 4%) en ambos. De igual forma, se realiza una comparación económica entre ambos diseños.

Sus principales conclusiones fueron:

- El contenido óptimo de inyección de agua es 2.0 %, generado una razón de expansión de 8 veces y una vida media de 6s. influyendo de manera positiva en los factores de diseño.
- La relación de vacíos del aire en el betún modificado (asfalto celular) está dentro de la especificación de diseño, es decir, 3,13 %, pero la relación de vacíos en el asfalto convencional es de 2,80 %, lo cual está fuera del rango de estos parámetros.
- El diseño con betún espumado exhibe mejores valores de estabilidad al 24.60%, flujo de 8.93% y relación de vacíos al 11.79% en comparación con el diseño de asfalto.
- La economía de diseño del betún espumado es un 6,85% inferior a los costes de producción en comparación con la mezcla con betún convencional.

b) (Narro Vásquez & Morales Gazco, 2018) en su tesis titulada “Contribución del asfalto espumado en el aporte estructural de pavimentos en altura como solución para el proyecto de conservación vial Tacna – Puno, tramo Capazo - Mazocruz” presentada para optar



su título profesional de Ingeniero Civil. Publicado por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, 2018.

El estudio se centra en los beneficios económicos y técnicos de la estabilización de materiales de pavimento granular con la aplicación de betún espumado. Registrando diferencias significativas en el comportamiento de un pavimento con espuma asfáltica en comparación con un pavimento convencional.

Se utilizan dos tipos de cemento bituminoso: PEN 85/100 y PEN 120/150, el diseño de la mezcla de espuma se realiza a diferentes temperaturas con cemento bituminoso PEN 85/100 a (160 C° y 180 C°) y diseñado con cemento bituminoso PEN 120/150 a (160 C° y 190 C°). El contenido de agua inyectada es: 1, 2, 3, 4% del peso del ligante

Sus principales conclusiones son:

- Las condiciones de espuma suficiente son: cemento bituminoso a 180°C con una 3% de inyección de agua. Genera una razón de expansión de 19 veces y una vida media de 15 segundos.
- Se observó que siendo el 2% del contenido óptimo de asfalto para el estado seco, se observó una variación en estado seco del 11.5% de los valores de resistencia a la tracción indirecta de las muestras de campo con los valores de laboratorio, así mismo, en estado húmedo 6.3%.
- Se observa que las propiedades del betún espumado están directamente relacionadas con el tipo de betún utilizado.

c) (Gonzales Remond, 2017) presentó la tesis de pregrado titulada “Propuesta para la mejora de los pavimentos asfálticos utilizando el método del asfalto espumado, publicado por la Universidad Católica de Santa María (UCSM), Arequipa, 2017.

Durante la investigación se realizó una comparación entre dos diseños: mezcla asfáltica espumada y mezcla asfáltica en caliente convencional, cuyos diseños se realizaron a diferente temperatura respectivamente (132° C y 140° C), con diferentes distribuciones (4,5 %, 5,0 %, 5,5 %, 6,0 % y 6,5 % en ambos casos y en las mezclas asfálticas espumadas se utilizan porcentajes de agua que oscilan entre (1,5 % - 3,5 %) en

peso de ligante. De manera similar, se estima la ventaja económica de la mezcla de espuma sobre la mezcla en caliente clásica.

Las principales conclusiones son:

- Las condiciones para un correcto espumado son: contenido óptimo de asfalto 5,72%, temperatura de mezcla 132°C y contenido de agua 2.30%.
- Se puede observar que el asfalto espumado mejora la estabilidad en un 5.8 % y el flujo en un 23.0% en comparación con el betún convencional.
- El factor económico del diseño asfáltico celular es que el coste de producción es un 16.00% inferior al de la mezcla con asfalto convencional.

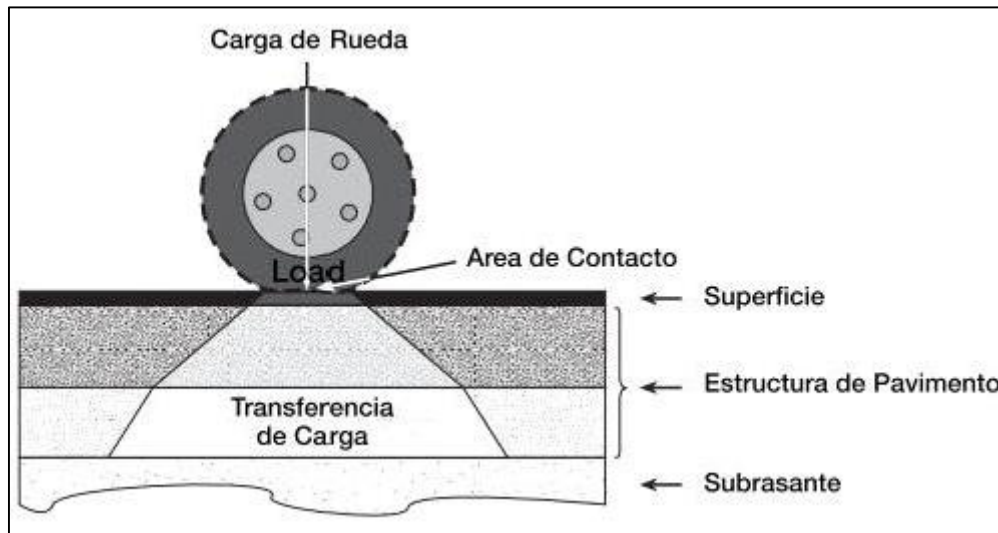
## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Pavimento**

#### **2.2.1.1. Concepto**

Es una estructura formada por un conjunto de capas superpuestas horizontalmente. Estas capas se apoyan sobre la sub-rasante diseñado con materiales adecuados para conseguir la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos de las cargas de tráfico repetitivo durante toda la vida útil para la que está diseñado dice (Montejo Fonseca, 2002).

Según (Wirtgen, 2004) Cada capa de pavimento forma una combinación estructural con diferente composición y espesor de materiales, la tensión causada por la carga de tráfico en la superficie es grande, por lo que los materiales utilizados en la capa anterior también deben ser duraderos, tan altos como la mezcla asfáltica en caliente. El nivel de tensión disminuye debido al aumento del área en las capas inferiores, por lo que el material utilizado en estas capas será de menor calidad, como el material granular.



**Fig.1.** Transferencia de una carga en el pavimento.

Fuente: Wirtgen manual de reciclado en frío (2004)

### 2.2.1.2. Tipos de pavimentos

(Wirtgen, 2004) Solo se clasifican dos tipos de pavimentos: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, sin embargo, (Montejo Fonseca, 2002) los categoriza en cuatro tipos de pavimento: pavimento flexible, pavimento semirrígido o semiflexible, pavimento rígido y pavimento articulado. La diferencia entre estos pavimentos radica en la estructura general, los materiales que la componen y la forma en que se distribuyen las cargas.

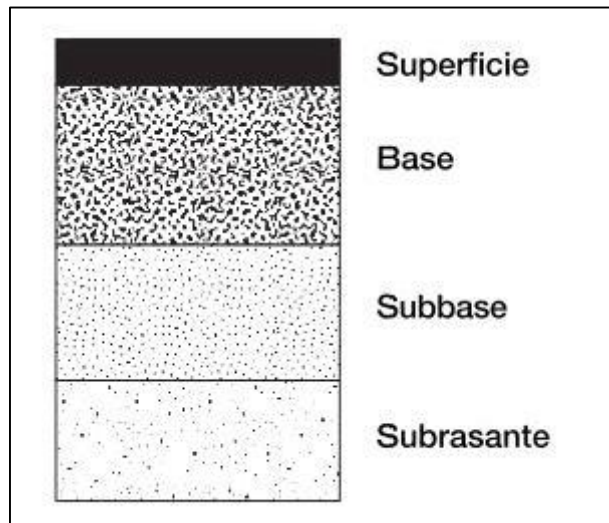
#### 2.2.1.2.1. Pavimentos flexibles

De acuerdo a (Montejo Fonseca, 2002) El conjunto estructural de este tipo de pavimento está formado por una capa de asfalto, que se apoya sobre dos capas horizontales no rígidas como son la base y sub base. Sin embargo, dependiendo de las necesidades del trabajo, una de estas clases podría ser prescindible.

Una capa superficial de mezcla asfáltica, se coloca sobre la capa de base y sub-base a este tipo de pavimento también se le llama pavimento asfáltico.

La composición de las capas que soportan la capa asfáltica es generalmente material granular, por lo que las capas inferiores son menos costosas durante la construcción inicial, pero

requieren un mantenimiento continuo para que coincida con el tiempo esperado.



**Fig. 2** Estructura de pavimento flexible.

Fuente: Wirtgen manual de reciclado en frío (2004)

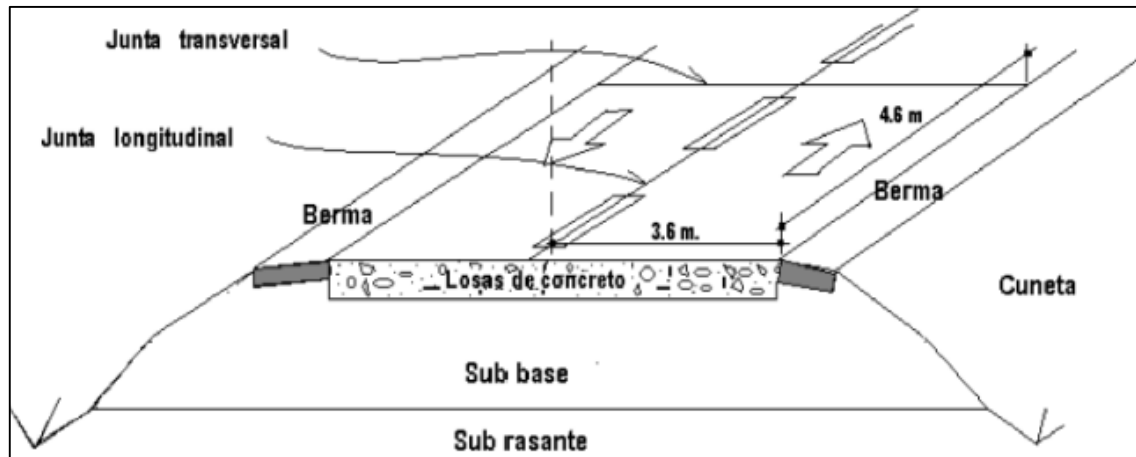
#### **2.2.1.2.2. Pavimentos semi-rígidos**

Según (Montejo Fonseca, 2002) Este tipo de pavimento tiene casi la misma construcción que un pavimento flexible, con la única diferencia de que una de las capas de su paquete estructural está endurecida con aditivos como asfalto, cemento, cal y químicos. Se aplican para corregir las propiedades mecánicas de los materiales no conformes.

#### **2.2.1.2.3. Pavimentos rígidos**

Este tipo de pavimento está conformado por una losa de concreto hidráulico la cual está apoyada sobre una capa de material de préstamo (Subbase del pavimento rígido) o directamente sobre la subrasante.

La distribución de los esfuerzos se produce en un área muy amplia dado a la alta rigidez y al alto coeficiente de elasticidad que posee el concreto hidráulico. En el diseño del conjunto estructural, las capas inferiores tienen poca influencia en el diseño, ya que la capacidad portante de este tipo de pavimento depende de la resistencia de las losas (Montejo Fonseca, 2002).

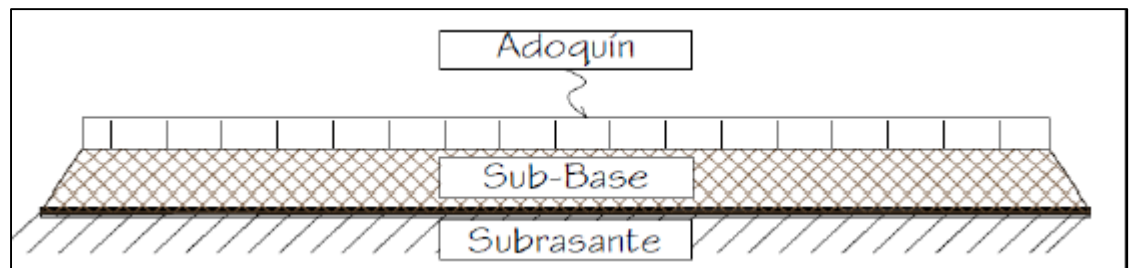


**Fig. 3.** Estructura de un pavimento rígido.

Fuente: Diseño de pavimento rígido y flexible – Giraldo et al. (2012)

#### 2.2.1.2.4. Pavimentos articulados

Este tipo de pavimento consiste en una capa de rodadura a base de bloques prefabricados de hormigón, conocidos como adoquines. Dependiendo de la fuerza a la que se someta, descansará sobre un lecho de arena y una base granular o directamente sobre la base del suelo. De acuerdo con (Montejo Fonseca, 2002).



**Fig. 4.** Estructura de un pavimento articulado.

Fuente: Diseño de un pavimento flexible y rígido – Monsalve et al. (2012)

### **2.2.1.3. Composición de un pavimento flexible**

Los pavimentos flexibles se componen de una capa de rodamiento y el paquete estructural (capa de asfalto, base, sub-base) y se apoya sobre la capa de la sub-rasante.

#### **2.2.1.3.1. Carpeta de rodadura**

De acuerdo a (Tapia Garcia, 2011) Esta es la capa que soporta la carga repetitiva del tráfico, esta parte está compuesta por material de hidrohormigón más conocido como concreto hidráulico en caso de pavimento rígido y en caso de pavimento flexible por recubrimiento bituminoso pueden contener aditivos para mejorar sus propiedades.

#### **2.2.1.3.2. Base**

Esta capa se encuentra debajo de la capa de desgaste, la función de esta parte es absorber la mayor parte de las fuerzas verticales y resistir las cargas del vehículo.

Para tránsito medio y ligero se utiliza bases granulares, en caso contrario para tráfico pesado serán de material tratado. (Tapia Garcia, 2011).

Según (Espinoza Juro & Vildoso Flores, 2014) Para dar un buen soporte al ligante asfáltico, el valor cementoso de la base es muy importante. Es por eso que esta capa se estabiliza regularmente.

#### **2.2.1.3.3. Subbase**

Descansa sobre la capa de suelo de cimentación y es la capa sobre la que descansa la base, si la resistencia del suelo de cimentación es suficiente, esta capa se puede quitar. Por lo general, está hecho de material parcialmente triturado o material cribado.

La función de esta capa es dotar al sustrato de una base uniforme para riego, esparcimiento y compactación. (Tapia Garcia, 2011).

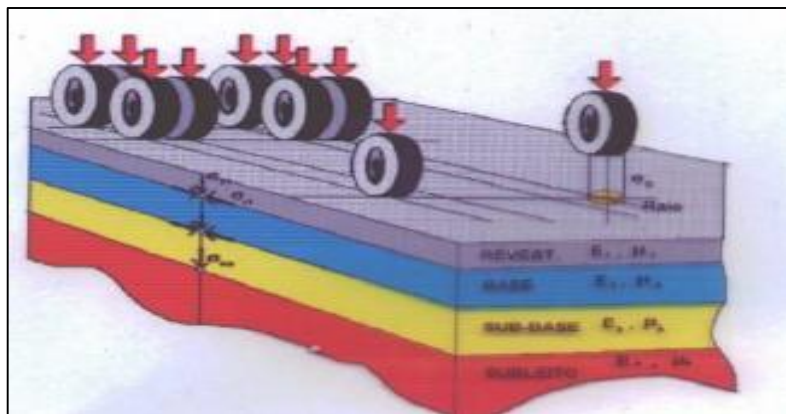
#### 2.2.1.3.4. Subrasante

Según (Tapia Garcia, 2011) Esta capa se puede formar de dos formas, por material in situ o material prestado

La función de la capa es recibir y distribuir las cargas de tensión de tránsito sin dañar la estructura del pavimento durante la fase diseñada. Además, condiciona los espesores del pavimento.

El diseño del paquete estructural del pavimento está directamente relacionado con las propiedades resistentes del sustrato, el espesor y el material a dimensionar para disipar el esfuerzo aplicado a la superficie, en la medida que soporte la resistencia de la sub - rasante.

La resistencia y la rigidez de la sub-rasante son parámetros que se utilizan en el diseño de pavimentos con el fin de obtener la resistencia para proteger el subsuelo, según los cuales se adopta el método de diseño empírico CBR (California Bearing Ratio).



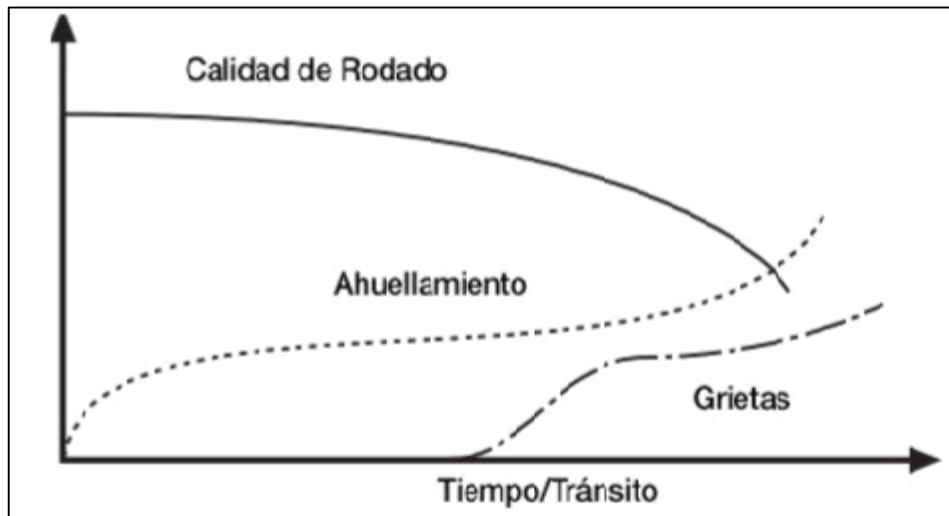
**Fig. 5** Esfuerzos sobre un pavimento

Fuente: Manual de pavimentos – Néstor Huamán Guerrero

#### 2.2.1.4. Factores que afecta un pavimento

De acuerdo a (Wirtgen, 2004) Los factores más importantes del deterioro del pavimento son las influencias ambientales y las cargas de tráfico. El deterioro del pavimento se puede determinar indirectamente por la calidad del proceso de desgaste de manera similar al observar características visibles como la aparición de surcos y grietas en la superficie. Las demandas de cargas de

tráfico, el clima y las características antes mencionadas generan el deterioro del pavimento.



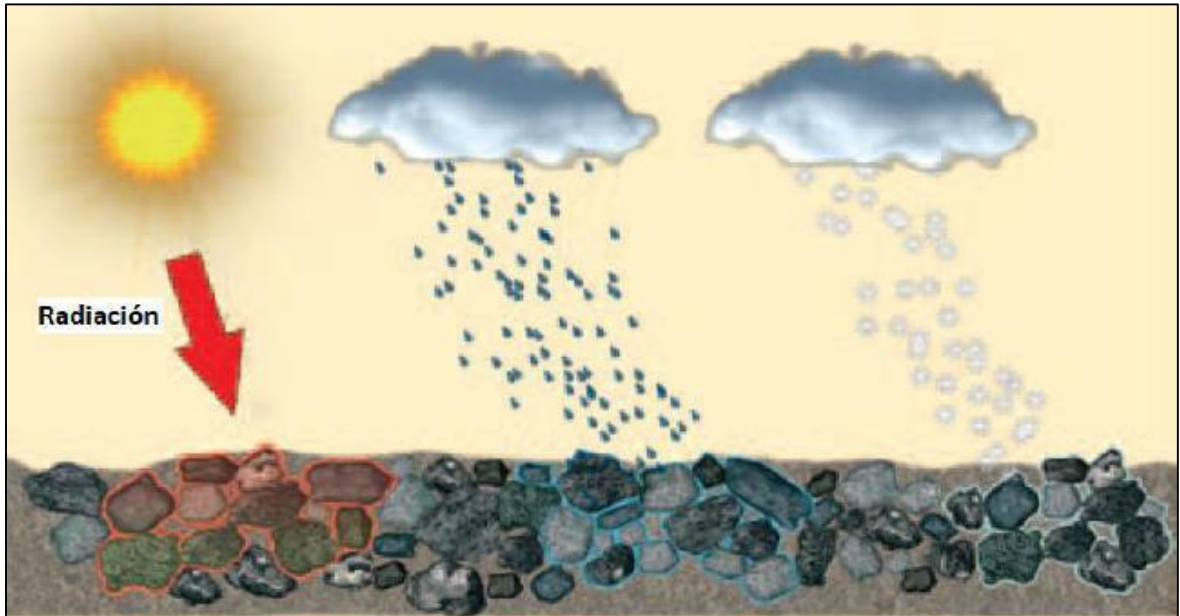
**Fig. 6.** Indicadores de deterioro de pavimentos

Fuente: Wirtgen manual de reciclado en frío (2004)

#### 2.2.1.4.1. Factores ambientales

Este factor es el causante del inicio del agrietamiento superficial, cuando la radiación ultravioleta solar entra en contacto con el pavimento asfáltico, provoca el endurecimiento de esta capa, haciendo que esta capa pierda su elasticidad con el tiempo, debido a que no tiene esa elasticidad cuando se contrae el pavimento asfáltico bajo el efecto de la pérdida de temperatura produce grietas. Cuando las condiciones de la capa superficial no son adecuadas, se deteriora aún más debido a la entrada de agua en las capas subyacentes del conjunto estructural lo que resulta en una reducción significativa de la resistencia de la estructura. (Wirtgen, 2004).





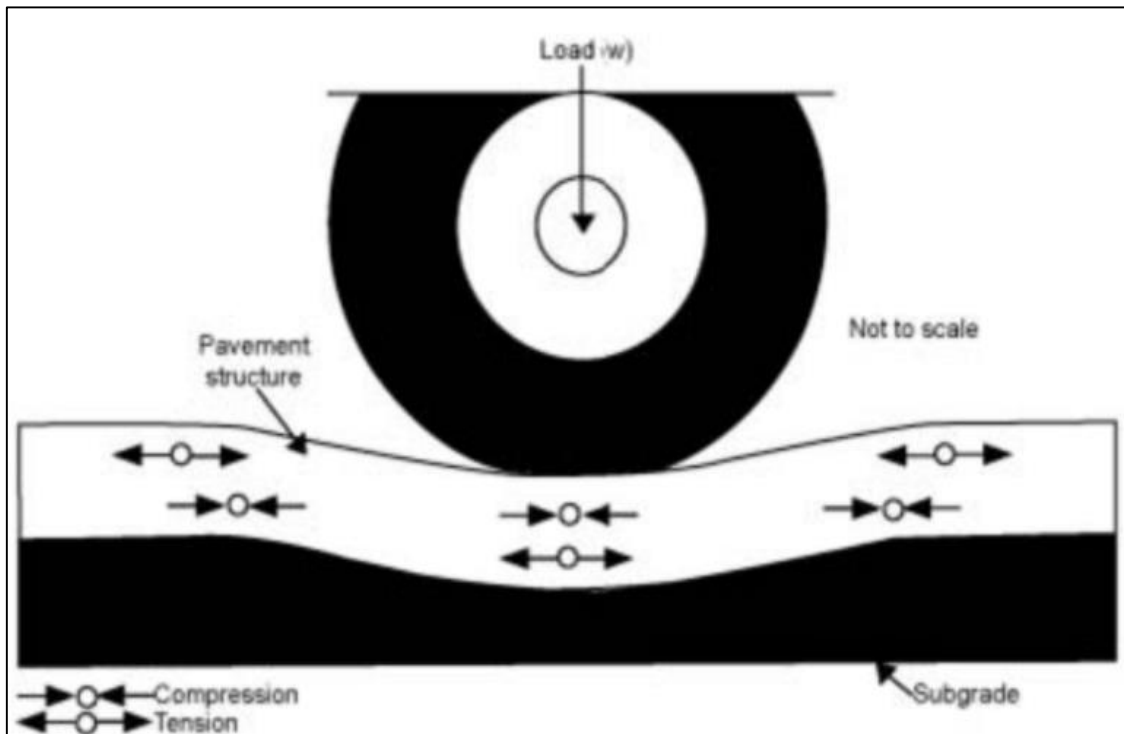
**Fig. 7.** Factor ambiental que afecta el pavimento  
Fuente: Wirtgen manual de reciclado en frío (2004)

#### **2.2.1.4.2. Efectos del tráfico**

(Wirtgen, 2004) manifiesta que, dado que este factor es el causante de surcos y grietas internas en el conjunto estructural del pavimento, las deformaciones continuas y las grietas por fatiga son causadas por grandes y repetidas deformaciones generadas por vehículos pesados, provocando un rápido deterioro del pavimento.

Los mecanismos que deterioran el pavimento son:

- **Densificación:** la reducción de vacíos en el material de la capa asfáltica hace que se comporte como un líquido, provocando marcas y creando un medio por el que fluye el agua, a consecuencia de este último se presenta presiones de poro producidas por la tensión de carga de tránsito.
- **Grietas por fatiga en materiales lisos:** las fuerzas de tracción en el fondo de la capa alcanzan su máxima amplitud provocando que las grietas se dirijan hacia la superficie.



**Fig. 8.** Esfuerzos en el pavimento.

Fuente: Pavimentos - Taípe (2011)

### 2.2.2. Agregados pétreos

Son el material con el que se forman las capas de pavimento, con gránulos adecuados también se pueden mezclar con principios activos o ligantes (emulsiones de cal, cemento y betún) para conseguir la resistencia requerida en cada capa de conjunto estructural (Padilla Rodríguez, 2004).

#### 2.2.2.1. Tipos de agregados

Se pueden determinar según la procedencia y su aprovechamiento.

##### 2.2.2.1.1. Agregados naturales

Este tipo de árido se considera para ser utilizado previa modificación de la granulometría y es adecuado para satisfacer las necesidades sostiene (Padilla Rodríguez, 2004).

Las propiedades de este tipo de agregados se modifican poco o nada. Generalmente su aplicación es en estado natural.

#### **2.2.2.1.2. Agregados de trituración**

Este tipo de árido se genera a partir de la trituración de canteras y áridos naturales de descarte. (Padilla Rodríguez, 2004).

Estos áridos se obtienen al final de la trituración de la roca por trituración, hasta que el tamaño de estos áridos es el adecuado para su aplicación.

#### **2.2.2.1.3. Agregados artificiales**

Son subproductos de procesos industriales, como escorias o ciertos materiales triturados que pueden ser valorizados y reciclados (Padilla Rodríguez, 2004, p. 5).

Este tipo de agregado no se encuentra en la naturaleza, estos agregados son producidos por procesos donde se mejoran las propiedades físicas, químicas y mecánicas.

#### **2.2.2.1.4. Agregados marginales**

Este tipo de áridos está constituido por los materiales que no cumplen con los requerimientos actuales (Padilla Rodríguez, 2004).

### **2.2.2.2. Características de los agregados pétreos para pavimentos**

#### **2.2.2.2.1. Forma y angulosidad.**

Según (Padilla Rodríguez, 2004) Para obtener la resistencia adecuada en una estructura, se debe considerar la forma del grano del agregado grueso y su ángulo, los cuales afectan positivamente la fricción interna. En las mezclas bituminosas, los agregados deseados suelen ser aquellos de igual número de partículas equidimensionales (cubos).

#### **2.2.2.2.2. Resistencia al desgaste.**

Las propiedades del pavimento durante el período para el que fue diseñado dependen en gran medida de la resistencia mecánica del esqueleto mineral. Con muestras representativas de tamaño de grano adecuado expuestas directamente a la abrasión mediante prueba de los ángeles para determinar la resistencia mecánica. (Padilla Rodríguez, 2004).

#### **2.2.2.2.3. Resistencia al pulimento.**

Para la capa superficial (rodadura), es importante el coeficiente de resistencia al deslizamiento, para determinar esta resistencia se utiliza un ensayo de pulido acelerado, que determina la resistencia a la pérdida de rugosidad en su textura superficial (Padilla Rodríguez, 2004).

#### **2.2.2.2.4. Plasticidad y limpieza.**

Para los trabajos de pavimentación, el árido que forma una capa debe estar libre de impurezas y cualquier partícula orgánica, como polvo o arcilla". Generalmente, los agregados finos deben tener una plasticidad limitada, los agregados gruesos deben estar libres de polvo. De esta forma, la capa funciona de manera óptima en presencia de agua, sin afectar la adherencia al ligante (Padilla Rodríguez, 2004).

#### **2.2.2.2.5. Alterabilidad.**

Los fallos de la capa de rodadura inmediatamente después de la aplicación se producen por la alteración de los áridos en una capa del paquete estructural del pavimento, normalmente se producen por una reacción química, por la acción de las heladas o por la presencia de agua. (Padilla Rodríguez, 2004).

#### **2.2.2.2.6. Aptitud para contribuir a la resistencia y rigidez de la mezcla.**

De acuerdo a (Padilla Rodríguez, 2004) Los agregados gruesos, finos y los polvos minerales deben cumplir con la resistencia y durabilidad intrínsecas de las partículas de agregado de acuerdo con las propiedades del agregado de malla y la fricción interna.

### 2.2.2.3. Clasificación de áridos de acuerdo a su tamaño.

#### 2.2.2.3.1. Agregado grueso

De acuerdo al Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción (EG -2013) del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015), define como agregado grueso a la parte del agregado pétreo total que queda retenido en el tamiz #4. Que provengan de fuentes naturales o de manera procesada.

TABLA I. REQUERIMIENTOS PARA AGREGADO GRUESO

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Altitud	
			< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
<b>Partículas chatas y alargadas</b>		D 4791	15% máx.	15% máx.
<b>Sales solubles totales</b>	MTC E 219	D 1888	0.5% máx.	0.5% máx.
<b>Durabilidad al sulfato de magnesio</b>	MTC E 209	C 88		18% máx.
<b>Abrasión de los Ángeles</b>	MTC E 207	C 131	40% máx.	40% máx.
<b>Partícula con una cara fracturada</b>	MTC E 210	D 5821	80% min.	80% min.
<b>Partícula con Dos caras fracturadas</b>	MTC E 210	D 5821	40% min.	50% min.

Fuente: Manual de carretera EG – 2013

#### 2.2.2.3.2. Agregado fino

Según el Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción EG -2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015), define como agregado fino a la parte del agregado pétreo total que pasa el tamiz #4 que provengan de fuentes naturales o de manera procesada.

TABLA II. REQUERIMIENTOS PARA AGREGADO FINO

Ensayo	Norma MTC	Altitud	
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
<b>Equivalente de arena</b>	MTC E 114	35% min.	45% min
<b>Sales solubles</b>	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
<b>Índice plástico</b>	MTC E 111	4% máx.	2% min
<b>Durabilidad al sulfato de magnesio</b>	MTC E 209	----	15%

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013.

### 2.2.3. Estabilización de suelos

De acuerdo con el Manual de carreteras EG - 2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015) Es el proceso mediante el cual se busca mejorar las propiedades físicas mediante procesos mecánicos y/o químicos. Este procedimiento se aplica cuando la capa base no es lo suficientemente fuerte (poca resistencia).

#### 2.2.3.1. Estabilización por combinación de suelos

El manual de carreteras EG – 2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015) manifiesta que Este método de estabilización de suelos consiste en mezclar material de suelo existente con material extraído, este método consiste en:

- Escarificar el suelo a una profundidad de 15 cm.
- Extender el material de préstamo (cantera).
- Se humedecerán y en su caso se airearán hasta alcanzar la humedad óptima para la compactación.
- Se mezclarán ambos materiales y se conformará.
- El suelo se compactará a un espesor específico.

#### 2.2.3.2. Estabilización por sustitución de los suelos

En base al manual de carreteras EG – 2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015) este método es basado en la remoción de suelos naturales inadecuados y reemplazo con materiales de mayor calidad que cumplan con los requisitos, el proceso que rige este método es:

- Remoción del suelo natural existente.

- Colocación del material que cumpla las solicitudes.
- El suelo se compactará a un espesor específico.

#### **2.2.3.3. Suelos estabilizados con cal**

El manual de carreteras EG – 2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015) sustenta que este método de estabilización se genera por la combinación del suelo cal (cal viva o cal hidratada) y agua.

Los suelos están compuestos principalmente por silicatos de silicio y aluminio, al agregar cal viva o cal hidratada a estos suelos en proporciones adecuadas se obtiene un cementante. Proceso que ocurre cuando la sílice y la alúmina del suelo se combinan con la cal en presencia de agua, formando silicato de calcio y alúmina insolubles. Como resultado de este proceso, el índice de plasticidad aumenta ligeramente cuando ( $IP < 15$ ) y cuando ( $IP > 15$ ) se reduce su índice de plasticidad, las propiedades después de la estabilización con cal son:

- Reducción del índice de plasticidad.
- Reducción del potencial de contracción e hinchamiento.
- La resistencia a la compresión aumenta.
- Aumenta la resistencia del suelo (CBR).
- La resistencia a la tracción incrementa.
- Reducción de la susceptibilidad al agua.

#### **2.2.3.4. Suelos estabilizados con cemento**

Se obtiene mezclando tierra, cemento y agua. Al unirse, forman un piso duro y portante. El método depende del tipo y contenido de suelo, agua y cemento. De igual forma, edad de la mezcla compactada y tiempo de curado.

Esta técnica se puede utilizar generalmente para suelos granulares: A-1, A-2 y A-3, con plasticidad relativamente baja ( $IP < 18$ ) y límite líquido ( $LL < 40$ ) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015).

### **2.2.3.5. Suelos estabilizados con escoria**

Para suelos sin partículas finas, se puede utilizar este método de estabilización de suelos a base de una combinación de arena fina, cal viva (cal hidratada) a razón de 1,5% - 3% en peso y escoria a razón de 35% - 5% por volumen (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015).

### **2.2.3.6. Estabilización con productos asfálticos**

Es una combinación de suelo con un producto asfáltico, creando un suelo más estable debido al hecho de que los aglutinantes rodean las partículas del suelo, reduciendo su sensibilidad al agua. Para lograr esta combinación es muy importante la dosificación del ligante. Los suelos aplicables son generalmente suelos granulares con plasticidad relativamente baja, en términos de tamaño de partícula está dentro del 10% máximo pasante de la malla número 200 y tiene un límite límite ( $LL < 30$ ) y un índice de plasticidad ( $IP < 9$ ). La granulometría del suelo, la humedad y las condiciones a las que estará expuesta determinan el tipo de ligante bituminoso. Este tipo de estabilizador se utiliza principalmente en suelos de materiales triturados donde el IP es relativamente bajo. Para que funcione adecuadamente el anclaje de la película asfáltica es necesario que el agregado presente rugosidad. Para determinar el contenido óptimo de betún, se desarrolló la " Prueba de valor soporte florida modificada "".

Para la aplicación de este método, se debe tener en cuenta que una vez finalizada la capa de recuperación, la relación óptima de asfalto oscila alrededor del 4 al 7%, el porcentaje mencionado anteriormente dependerá de la granulometría del suelo. De acuerdo al manual de carreteras EG – 2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015).



## 2.2.4. Bases granulares

Esta capa puede incluir materiales naturales existentes o materiales procesados y puede o no incluir la aplicación de un ingrediente activo o aglutinante para mejorar sus propiedades. Esta capa, dependiendo del paquete estructural, se apoyará en la subbase, afirmado o directamente en el terreno de fundación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015).

### 2.2.4.1. Granulometría de una base granular

La capa base presentara una granulometría bien graduada, es importante tener en consideración que para zonas con altitud igual o mayor a 3000 msnm se utilizará la gradación A.

TABLA III. REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE GRANULAR

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
2 "	100	100		
1 "		75-95	100	100
3/8 "	30-65	40-75	50-85	60-100
N° 4	25-55	30-60	35-65	50-85
N° 10	15-40	20-45	25-50	40-70
N° 40	8-20	15-30	15-30	25-45
N° 200	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013

### 2.2.4.2. Valor relativo de soporte, CBR en una base granular

TABLA IV. CBR EN BASE GRANULAR

Para carreteras de segunda clase, tercera clase, bajo volumen de tránsito; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para carreteras de primera clase, carreteras duales o multicarril, autopistas; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$	Mínimo 100%

Fuente: Manual de carreteras- Suelos, geología, geotécnica y pavimentos (2014)

### 2.2.4.3. Calidad de los materiales en una base granular

Para determinar que los materiales son adecuados, debe cumplir las características y propiedades de una base granular.

TABLA V. ENSAYOS PARA UNA BASE GRANULAR

Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo
Base granular	Granulometría	MTC E 204
	Limite líquido	MTC E 110
	Índice de plasticidad	MTC E 111
	Abrasión de los ángeles	MTC E 207
	Equivalente de arena	MTC E 114
	Sales solubles	MTC E 219
	CBR	MTC E 132
	Partículas fracturadas	MTC E 210
	Partículas chatas y alargadas	
	Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209
	Densidad y humedad	MTC E 115
		MTC E 117
	Compactación	MTC E 124

Fuente: Manual de carreteras EG – 2013

### **2.2.5. Asfalto espumado**

El asfalto espumado, también conocido como asfalto celular o ligante expandido, es una técnica relativamente nueva, que con el tiempo ha ganado mayor aceptación en la aplicación de proyectos viales; como la producción de capa de rodadura y aplicados también en el reciclaje en frío y estabilización de suelos.

El asfalto espumante se obtiene mediante un proceso mecánico en el que se inyecta un porcentaje de agua fría en el asfalto caliente mediante aire a presión, realizándose el proceso en una cámara de expansión según (García Hernández, Delgado Alamilla, & Campos Hernández, 2018).

El asfalto caliente al entrar en contacto con agua fría estalla en forma de gotas, expandiendo desproporcionadamente su volumen original. Esto solía ser un problema, sin embargo, Ladis Csanyi ha demostrado que el proceso puede ser beneficioso, demostrando que al espumar el asfalto se puede combinar asfalto caliente con agregado húmedo, utilizando vapor para llevar agua al asfalto caliente, por lo que se desarrolló un sistema donde el agua vaporizada penetraba directamente en el asfalto en una cámara de expansión manifiesta (Montejo Fonseca, 2002).

De acuerdo a (García Hernández, Delgado Alamilla, & Campos Hernández, 2018) manifiesta que en forma de espuma, reduce su viscosidad, lo que le permite combinarse con otros materiales.



**Fig. 9.** Cámara de expansión de asfalto.

Fuente: Asfalto espumado – Valdez Alcorn.

### **2.2.5.1. Producción de asfalto espumado**

La espuma asfáltica se crea mediante un proceso mecánico que consiste en introducir, mediante aire a presión, un porcentaje de agua fría (del 1 al 4% en masa del asfalto) al asfalto caliente (160C° - 180C°) dentro de una cámara de expansión asfáltica.

La espuma se crea cuando el agua fría entra en contacto con el asfalto caliente, lo que hace que el agua fría aumente rápidamente de temperatura y genere vapor. Este vapor es encapsulado por el asfalto, creando burbujas de asfalto, aumentando su volumen (10-12 veces el volumen) pero este efecto dura menos de un minuto porque el agua y el asfalto tienen una conductividad muy baja. Las burbujas estallan cuando el asfalto espumado se enfría a

temperatura ambiente y el asfalto vuelve a su volumen original. Manifiesta (Espinoza Juro & Vildoso Flores, 2014).

### 2.2.5.2. Propiedades y características del asfalto espumado

El asfalto espumado está caracterizado principalmente por:

#### 2.2.5.2.1. La razón de expansión

Según (Montejo Fonseca, 2002) es la división del máximo volumen de asfalto obtenido en su estado burbujeante entre el volumen cuando la espuma se ha sedimentado completamente.

#### 2.2.5.2.2. La vida media

Este es un parámetro que mide la estabilidad del asfalto espumado, también indica el colapso de la espuma, el tiempo en segundos durante el cual la espuma se asienta del volumen máximo a la mitad del volumen máximo. Estos dos parámetros dependen de la temperatura y tipo de asfalto, el porcentaje de contenido de agua que se ha inyectado, así como el tamaño del recipiente donde se realizará el espumado (Montejo Fonseca, 2002).

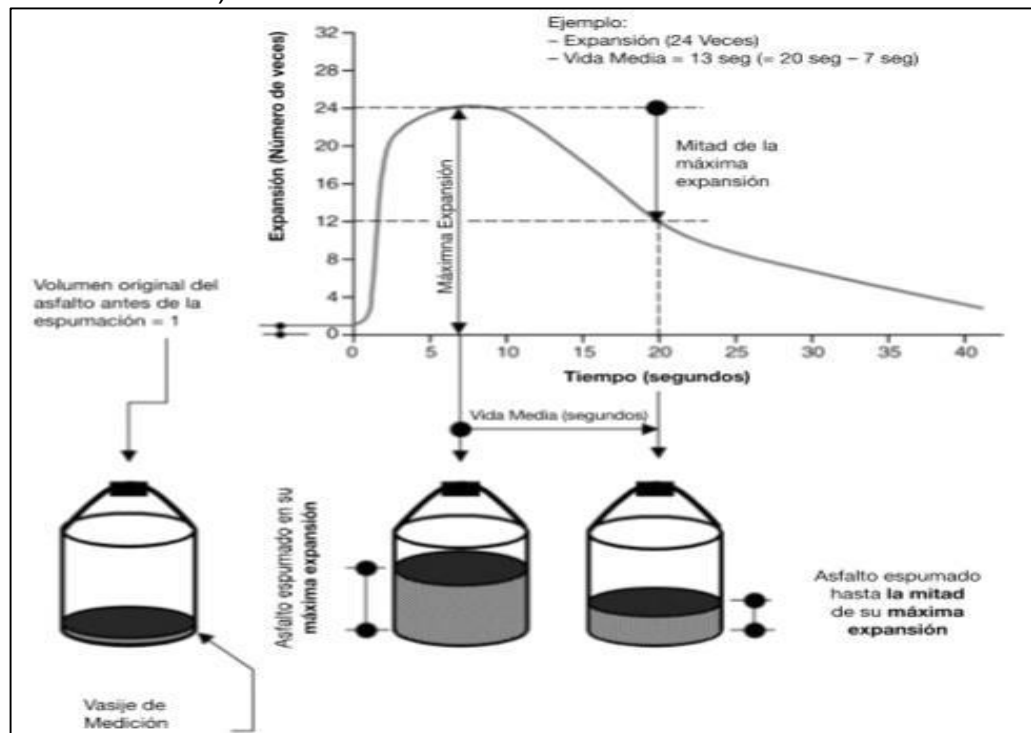
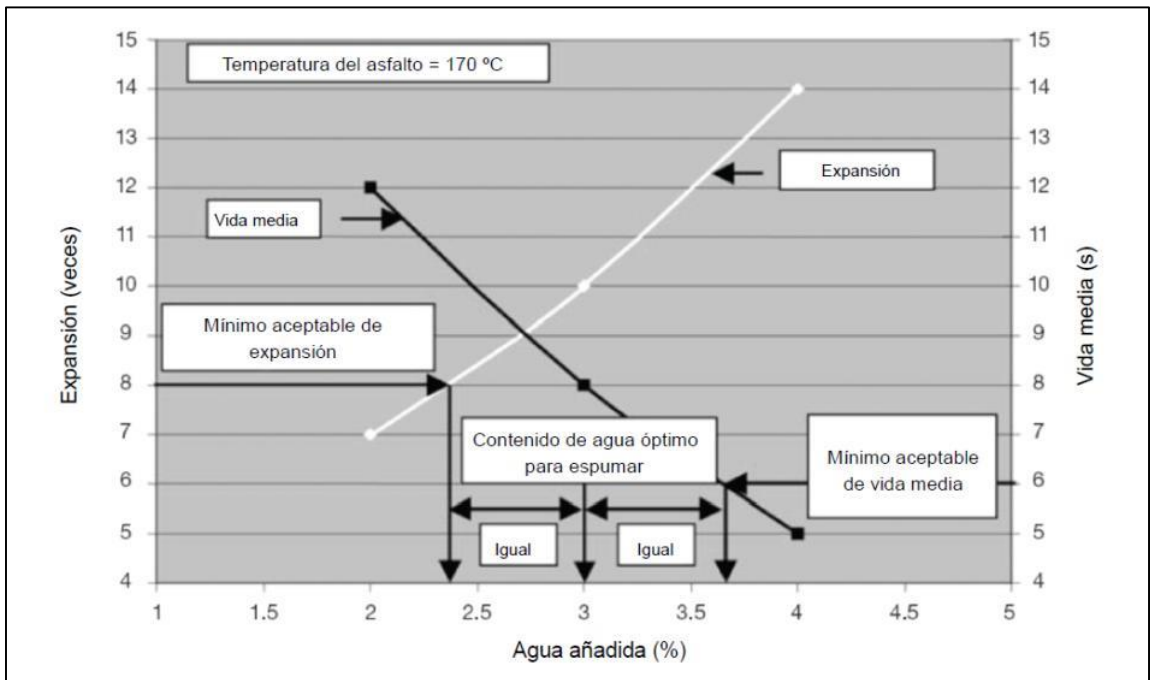


Fig. 10. Características del asfalto espumado

Fuente: Wirtgen manual de reciclado en frío (2004)



**Fig. 11.** Relación entre propiedades del asfalto espumado

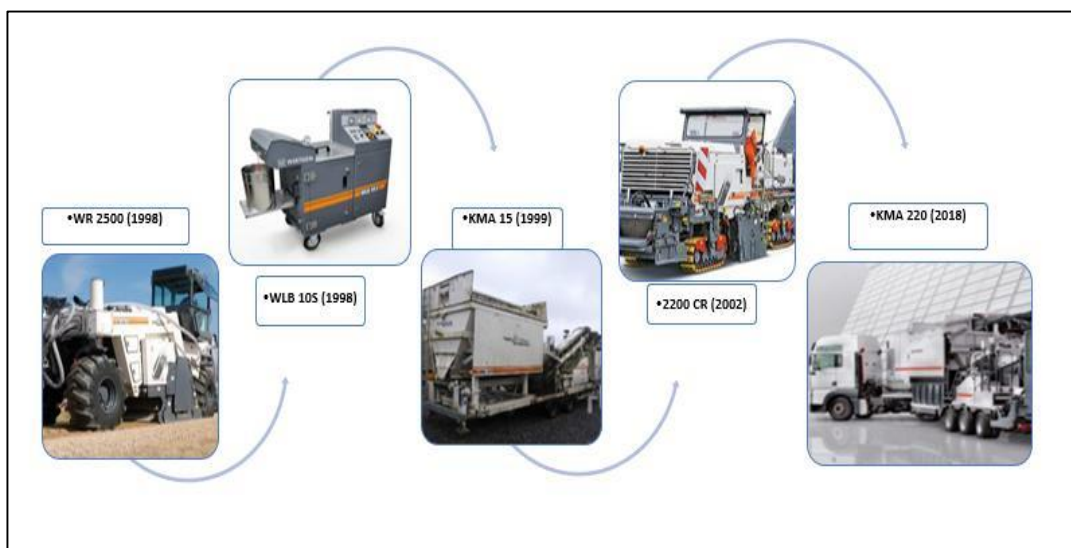
Fuente: Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA) – 2011

### 2.2.5.3. Tipos de procesos de espumación

La diferencia entre este tipo de procesos se basa en cómo agregan agua al asfalto caliente, hay dos métodos de espumado, manifiesta (Ccoyllo Huamán, 2019).

#### 2.2.5.3.1. Método directo

Este método se basa en la inyección de agua fría mediante aire a presión en el interior de la cámara de expansión. (Ccoyllo Huamán, 2019).



**Fig. 12.** Plantas productoras de asfalto espumado.

Fuente propia.

### 2.2.5.3.2. Método indirecto

Incluye materiales que contienen agua en su estructura molecular, por ejemplo, zeolitas sintéticas. Por lo tanto, cuando entra en contacto con el asfalto caliente el agua crea indirectamente micro espuma en la mezcla (Ccoyllo Huamán, 2019).

### 2.2.5.4. Materiales adecuados para tratamiento de asfalto espumado

Según (Wirtgen, 2004) La estabilización del asfalto espumado es compatible con una gran cantidad de materiales como (arena, grava, piedra triturada y RAP). Sin embargo, es importante considerar los límites de tolerancia para los áridos.

La espuma asfáltica se dispersa principalmente sobre material fino, cuando está ausente o en cantidad limitada no se dispersa completamente y forma filamentos, cuanto menor es la relación fina, más largas son los filamentos. Como resultado la resistencia y la estabilidad se reducen considerablemente.

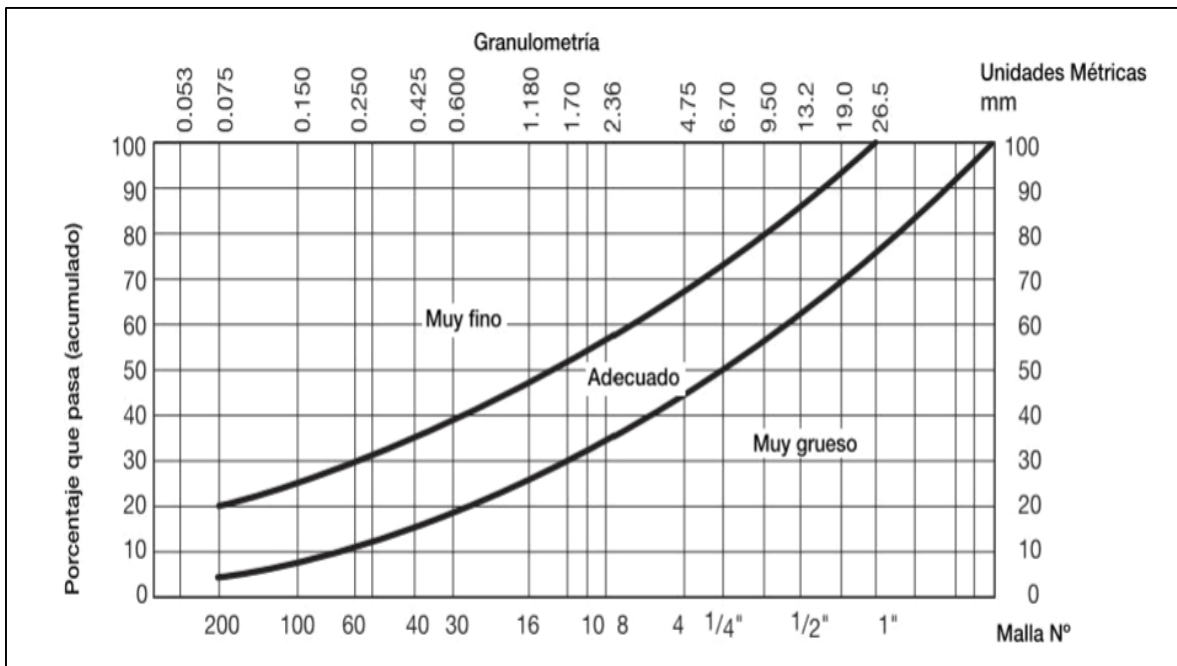


Fig. 13. Características de materiales para tratamiento con asfalto espumado.

Fuente: Wirtgen manual de reciclado en frío (2004)

### 2.2.5.4.1. Temperatura del material

La temperatura del árido juega un papel importante en la correcta dispersión del betún espumado, a temperaturas

superiores mejora el recubrimiento e indirectamente la resistencia de la capa en la que se aplica.

TABLA VI. CAPACIDAD DE MEZCLADO DEL ASFALTO ESPUMADO

Razón de expansión	Temperatura del agregado (C°)		
	< 15 C°	15 C° a 25 C°	> 25
< 8	Muy mala	Mala	Moderada
8 a 12	Moderada	Buena	Buena
> 12	Buena	Muy buena	Muy buena

Fuente: Wirtgen manual de reciclado en frío (2004)

### 2.2.5.5. Aplicaciones del asfalto espumado

Existe dos tipos de aplicaciones para el espumado asfáltico, los cuales son el reciclado en frío de pavimento asfáltico y la estabilización de suelos con materias primas (Thenoux, 2002).

- Reciclado en frío de pavimentos asfálticos  
Consiste en la recuperación de material del revestimiento bituminoso existente, que se mezcla con betún espumado, aditivos (cemento o cal) y áridos vírgenes (si es necesario) para formar el sustrato asfáltico a colocar en el mismo lugar o en otro. La recuperación se puede lograr usando equipo de trituración capaz de descomponer el material o por métodos convencionales donde la disgregación ocurre después de la recuperación. En general, el material recuperado está formado no sólo por el cemento asfáltico disgregado, sino también por los áridos aportados por el base y la capa sub base.
- Estabilización de suelos  
Esta aplicación incluye la estabilización de suelos de plasticidad relativamente baja (IP<16) con espuma asfáltica donde el suelo está compuesto de materias primas vírgenes. Cuando se tiene un (IP<10) se recomienda agregar 1.0 % de



cemento portland, con (10<IP<16) agregar 1.0% Cal hidratada.

#### **2.2.5.6. Factores que influyen en las propiedades de la espuma**

(Wirtgen, 2004) mantiene que la calidad de la espuma dependerá de la razón de expansión y la vida media, así mismo estos parámetros están regidos por los siguientes factores:

##### **2.2.5.6.1. Adición de agua**

(Wirtgen, 2004) mostró que el aumento en el tamaño de la burbuja era proporcional al contenido de agua añadida. haciendo que aumente su volumen de goma. Sin embargo, cuanto mayor sea el tamaño de la burbuja, menor será la vida media. Por esta razón, es importante encontrar un equilibrio entre estos parámetros.

##### **2.2.5.6.2. Tipo de asfalto**

En general, es adecuado utilizar betunes con valores de penetración entre 80 y 150 que cumplan con las solicitudes mínimas de espuma. Del mismo modo, se deben evitar las mezclas demasiado rígidas ya que producen espuma de mala calidad lo que resulta en una peor dispersión, sostiene (Wirtgen, 2004).

TABLA VII. RAZÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA SEGÚN EL TIPO DE ASFALTO

<b>Penetración del Asfalto</b>	<b>Razón de Expansión</b>	<b>Vida Media (Seg)</b>
60 / 70	10 - 12	8 - 12
80 / 100	10 - 15	9 - 14
150 / 200	15 - 22	12 - 18

Fuente: Wirtgen manual de reciclado en frío (2004)

#### **2.2.5.7. Ventajas de usar asfalto espumado**

Según (Wirtgen, 2004) las ventajas son:

- Mayor resistencia a la deformación y flexibilidad.
- La ventaja económica se refleja en la obtención de esta espuma asfáltica, para fabricarlo solo se necesita un cemento asfáltico estándar.
- Su velocidad para alcanzar su resistencia.

Según (Gonzales Remond, 2017) las principales ventajas son:

- Menos contaminación ambiental, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>, CO Y NO<sub>2</sub>.
- Como el volumen de vacíos es menor, proporciona una mejor compactación, por lo tanto, aumenta la durabilidad del pavimento.
- Operación de corta duración.
- Se puede aplicar en zonas geográficas frías.
- Reduce fraguado prematuro del pavimento, ya que contiene agua en su interior.

### 2.3. Definición de términos

**Asfalto:** También conocido como betún o cemento bituminoso, es el producto de la destilación del petróleo, es de color negro, viscoso, al contacto con las partículas tiende a formar una adhesión. Su aplicación es variada, pero principalmente es insumo en los paquetes de pavimento según (Jiménez Téllez, 2012).

**Asfalto espumado:** De acuerdo con (García Hernández, Delgado Alamilla, & Campos Hernández, 2018) sostiene que el asfalto espumado se obtiene mediante un proceso mecánico en el que se inyecta un porcentaje de agua fría en el asfalto caliente mediante aire a presión, realizándose el proceso en una cámara de expansión.

**Base:** Consiste en materiales naturales existentes o materiales modificados y puede incluir o no la aplicación de un principio activo o aglomerante para mejorar sus propiedades. Esta capa, dependiendo del paquete de estructural se apoyará sobre una subbase, afirmado o directamente sobre el suelo de fundación (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015).

**Bitumen:** Sustancia cementante negra que puede presentarse de manera sólida, semisólida o viscosa.

**Volumen de vacíos:** Cantidad total de espacios vacíos en un paquete estructural de pavimento.

**Californian Bearing Ratio (CBR):** Valor que sirve para calcular la capacidad portante de un suelo compactado (resistencia).

**Índice de plasticidad:** Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico e indica el tamaño del rango de contenido de humedad sobre el cual el suelo permanece plástico.

**Límite líquido:** Representa la amplitud durante la cual el suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido. Este parámetro está determinado por la copa Casagrande.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

- La aplicación del asfalto espumado mejora la resistencia del material de base granular.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- La espuma asfáltica cumple los parámetros mínimos de razón de expansión igual a 10 veces y vida media igual a 8 segundos.
- La resistencia del material de base granular con la aplicación del asfalto espumado es mayor a la del material granular en su estado natural
- El material de base granular con la aplicación de asfalto espumado mejora en un 10 % su resistencia.
- La resistencia a la tracción indirecta del material granular estabilizado con asfalto espumado en condición seca y húmeda es superior a 200 Kpa y 100 Kpa respectivamente.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de la variable**

- Variable independiente (X): Aplicación de Asfalto espumado  
La aplicación del asfalto espumado posibilita el aumento del volumen del asfalto, generando una nueva modalidad de estabilización asfáltica. Este método muestra ventajas energéticas y ambientales frente al método de estabilización asfáltica convencional.
- Variable dependiente(Y): Mejoramiento de base granular  
Proceso o tratamiento mediante el cual se pretende optimizar las características y propiedades de la capa base.

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

- Variable independiente (X): Aplicación de Asfalto espumado  
Método de estabilización donde la combinación del asfalto y la inyección de agua generan un proceso mecánico - energético generando que su viscosidad se reduzca y sea posible la mezcla con los agregados mediante puntos de soldadura.
- Variable dependiente(Y): Mejoramiento de base granular  
Son propiedades fundamentales en el diseño y comportamiento de la estructura del pavimento.

### 2.5.3. Operacionalización de la variable

#### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente	Aplicación de asfalto espumado	Propiedades de la espuma asfáltica Calidad del material granular	Razón De Expansión Vida media Temperatura del asfalto Distribución granulométrica Resistencia al desgaste Índice de plasticidad Capacidad de soporte california (CBR) Índice de tracción indirecta.
Variable dependiente	Mejoramiento de base granular	Propiedades mecánicas	

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

La investigación es realizada bajo el método científico, el cual a través de una serie de etapas busca generar un conocimiento válido.

#### **3.2. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada dado que los conocimientos teóricos validados en este estudio serán aplicados para resolver un problema del mundo real.

#### **3.3. Nivel de investigación**

El trabajo de investigación es de carácter explicativo, el propósito de este trabajo va más allá de simplemente definir fenómenos, sino también explicar por qué ocurren estos fenómenos.

#### **3.4. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación presenta un carácter cuasi experimental. Porque se manipulará deliberadamente la variable independiente (aplicación del asfalto espumado) para observar la influencia en la variable dependiente (mejoramiento de base granular).

### **x3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

En esta investigación, se establece como población el material de base granular aplicado a pavimentos flexibles, por esta razón se determinó que el material de base con el que se trabajará es procedente de la cantera Pumpunya ubicada en el distrito de Chongos Bajo – Provincia de Chupaca.

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra fue de tipo no probabilístico, por conveniencia en ese sentido la muestra es el material granular de la cantera Pumpunya, la evaluación del material se dará mediante muestras representativas (4 calicatas) posteriormente se realizará los ensayos de laboratorio para determinar si el material cumple con los parámetros que exige la normativa peruana para una base granular, los ensayos son los siguientes:

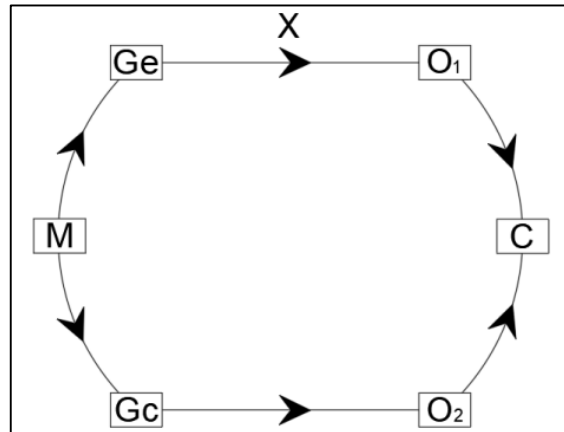
- Análisis granulométrico
- Índice de plasticidad
- Partículas con una cara fracturada
- Partículas con dos caras fracturadas
- Abrasión Los ángeles
- Partículas chatas y alargadas
- Sales solubles totales
- Durabilidad al sulfato de magnesio.
- Equivalente de arena
- Californian Bearing Ratio (CBR).

Se establece un grupo control el cual es conformado por material granular sin estabilizar, asimismo se establece un grupo experimental el cual está conformado por el material granular estabilizado con asfalto espumado.

Para determinar la manera en que influye el asfalto espumado en las propiedades de resistencia del material se realizara una comparación de las propiedades entre el grupo control y experimental. Se realizó esquema de diseño en la Fig. 14.

Según (Bernal, 2010) El diseño que se utiliza es de comparación con dos grupos estáticos. Así mismo las unidades de prueba no se asignan de forma aleatoria a ningún grupo y tampoco se realizan mediciones previas al experimento de la variable dependiente.

Esquema de diseño.



**Fig. 14.** Esquema de diseño.

Fuente: elaboración propia.

Donde:

M: Muestra (Material granular de la cantera Pumpunya).

Gc: Grupo de control (Material granular de la cantera Pumpunya – Base granular).

Ge: Grupo experimental (Material granular de la cantera Pumpunya con la aplicación del asfalto espumado - Base estabilizada con asfalto espumado).

X: Variable independiente (Aplicación de asfalto espumado).

O<sub>1</sub>: Medición de la variable dependiente (Propiedades mecánicas de la base estabilizada con asfalto espumado).

O<sub>2</sub>: Medición de las propiedades de mecánicas de la capa base del grupo de control.

C: Comparación.

### **3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Para lograr los objetivos propuestos en esta investigación, se recolectaron datos e información para determinar lo siguiente:

- Propiedades del material de la capa base.
- Propiedades de la espuma asfáltica.
- Propiedades de la combinación de materiales granulares y asfalto espumado.

Estos puntos se obtienen a través de las pruebas necesarias, que brindan información confiable para realizar el análisis de datos, cumpliendo así los objetivos planteados y extrayendo conclusiones específicas.

Asimismo, la información existente se recogerá de estudios y trabajos de campo similares (documentos y hechos).

#### **a) Fuente primaria:**

La información se obtiene de forma directa y fiable a través de procesos realizados en el laboratorio.

- Pruebas de laboratorio.

#### **b) Fuente secundaria:**

La información obtenida de estudios e investigaciones similares, de materiales impresos y digitales.

- Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción.
- Manual de carreteras: Suelos, geología, geotécnica y pavimentos.
- Manual de reciclado en frío Wirtgen.
- Revisión de tesis e investigaciones científicas relacionadas al tema.
- Revisión de libros relacionados.

#### **c) Observación**

Análisis del espumado del asfalto y del cambio de propiedades del material de base asociado a la espuma asfáltica, registrando los fenómenos que se producen al inicio, durante y después del proceso burbujeante.



### 3.7. Procesamiento de la información

#### 3.7.1. Selección y ubicación de cantera

##### a) Cantera Pumpunya

- Ubicación

Se ubica en la progresiva 4+450 de la carretera Chupuro - Vista alegre, a la izquierda de la vía principal, la cantera está conformado por depósito coluvial clasificado por SUCS como GW – GM y AASHTO A-1-a (0).

- Coordenadas UTM

ZONA 18M, DATUM: WGS84

Este : 471360

Norte : 8655609

- Altitud

La cantera Pumpunya se encuentra a 3491 msnm.



**Fig. 15** Ubicación de la cantera Pumpunya

Fuente: Google Earth Pro

### 3.7.1.2. Obtención de material granular

los materiales granulares son de gran importancia en la composición ideal de las estructuras de pavimento, cabe señalar que este material que debe cumplir con los parámetros de una base granular. Los requisitos mínimos que se deberán cumplir están en función de su granulometría, límites de consistencia, coeficiente de desgaste a la abrasión de los ángeles, equivalente de arena y CBR.



**Fig. 16** Recolección del material granular de la Cantera Pumpunya  
Fuente: Fotografía propia

### 3.7.2. Diseño de mezcla de asfalto espumado

Es importante determinar los elementos que se utilizarán en la estabilización de base con asfalto espumado para ello se considera 3 elementos relevantes:

- Caracterización del material granular.
- La calidad del asfalto espumado.
- La mezcla del material granular con el asfalto espumado.

#### 3.7.2.1. Caracterización del material granular

Las propiedades del material granular son relevantes en el diseño de la mezcla estabilizada con asfalto espumado y deben cumplir con los parámetros mínimos para que sea apta a mejorar con asfalto espumado o si es necesario realizar un pretratamiento.

Se realizarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107).
- Determinación de límites de consistencia de suelos (MTC E110 Y MTC E111).

### 3.7.2.1.1. Análisis granulométrico de suelos por tamizado

Se realizó el ensayo granulométrico del material granular de la cantera Pumpunya. Este ensayo es de gran importancia, ya que la espuma asfáltica depende de la cantidad de finos para que este se disperse de manera adecuada.



**Fig. 17** Análisis granulométrico del material granular.  
Fuente: fotografía propia - Laboratorio Geo Test V S.A.C





**Fig. 18** Lavado malla N° 200 Material Granular.

Fuente: fotografía propia - Laboratorio Geo Test V S.A.C

### 3.7.2.1.2. Límites de consistencia del suelo

Se efectuó los ensayos de límite líquido del suelo (MTC E110) y el ensayo de límite plástico (MTC E111) para establecer el índice de plasticidad que presenta el material, es relevante conocer este parámetro para poder determinar si es necesario un pretratamiento (adición de cal hidratada o cemento) al material a ser estabilizado con asfalto espumado.



**Fig. 19** Ensayo de límite líquido.

Fuente: Fotografía propia - Laboratorio Geo Test V S.A.C



**Fig. 20** Ensayo de límite plástico.

Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V S.A.C.

### **3.7.2.2. Ensayo de calidad del agregado**

Los materiales granulares para las capas de bases tratadas, deberán cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo 4 (bases) del manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción. Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014).

#### **3.7.2.2.1. Abrasión Los Ángeles**

Se realizó el ensayo de acuerdo a la norma MTC E 207. El objetivo del ensayo es determinar la degradación de los agregados que son sometidos a un conjunto de acciones como abrasión o desgaste, impacto y trituración mediante la máquina de los ángeles.



**Fig. 21** Ensayo de Abrasión en la máquina de los Ángeles.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V S.A.C.

### 3.7.2.2. Ensayo de partículas chatas y alargadas

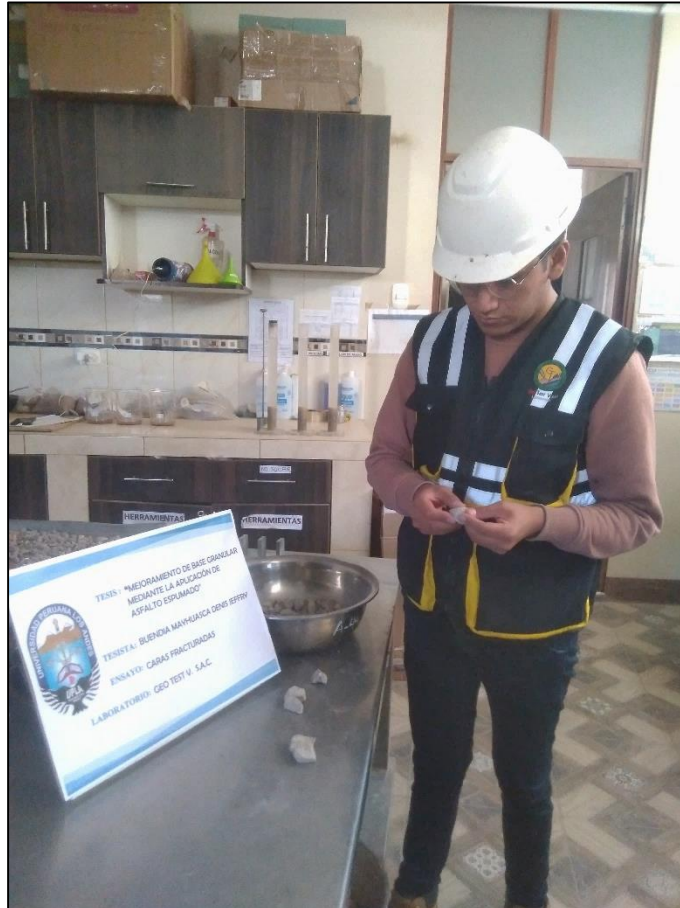
Se efectúa el ensayo de acuerdo a la norma MTC E 223 y ASTM D 4791. La finalidad del ensayo es conocer la proporción de partículas chatas o alargadas que presenta el material, estas tienen la posibilidad de interferir en la consolidación y dificultar la colocación del material.



**Fig. 22** Ensayo de partículas chatas y alargadas.  
Fuente: Fotografía Propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.

### 3.7.2.2.3. Ensayo de caras fracturadas

El ensayo se realiza según lo indicado en la norma MTC E 210. La finalidad de este procedimiento es establecer el porcentaje en masa o porción de partículas fracturadas (una o dos caras fracturadas) en el agregado grueso.



**Fig. 23** Ensayo de partículas con caras fracturadas.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



#### 3.7.2.2.4. Ensayo de sales solubles totales

Se procede según lo indicado en la norma MTC E 219. La finalidad de este procedimiento es establecer el contenido de cloruros y sulfatos de los agregados empleados en bases estabilizadas.



**Fig. 24** Ensayo de sales solubles totales.

Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



### 3.7.2.2.5. Ensayo de equivalente de arena

El ensayo se realiza según lo indicado en la norma MTC E 114. El objeto del procedimiento es determinar la proporción relativa de suelos arcillosos, finos plásticos y polvo en suelos granulares y material pasante al tamiz N° 4.



**Fig. 25** Ensayo de equivalente de arena.

Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.

### 3.7.2.2.6. Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio

El ensayo se realizó teniendo como referencia la norma MTC E 209. El objetivo del procedimiento es determinar la resistencia a la desintegración mediante soluciones saturadas de sulfato de magnesio.



**Fig. 26** Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.

### 3.7.2.2.7. Proctor modificado

El ensayo se realizó teniendo como referencia la norma MTC E 115. El objetivo de este ensayo es obtener la humedad óptima de compactación y máxima densidad seca de un suelo para una energía de compactación establecida. Se tiene 3 métodos alternativos (A, B y C) la elección de estos depende directamente de la gradación del material.



**Fig. 27** Ensayo Proctor modificado.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V S.A.C.

### 3.7.2.2.8. Californian Bearing Ratio - CBR

El ensayo se realizó teniendo como referencia la norma MTC E 132. El objetivo de este ensayo es evaluar la resistencia potencial (valor de soporte) del material de base.



**Fig. 28** Ensayo de CBR del material granular.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V S.A.C.

### 3.7.2.3. Calidad del asfalto espumado

El proceso de espumado involucra una combinación de dos agentes: asfalto a alta temperatura y agua a presión. La calidad de la espuma depende de las características de los dos factores mencionados anteriormente, la combinación de ambos se ve reflejado en dos parámetros:

- Razón de expansión (relación entre el volumen máximo espumado relativo a su volumen original)
- Vida media (tiempo que transcurre del volumen espumado máximo a la mitad de este)

Se consideró la temperatura del agua 25°C y valores mínimos aceptables de razón de expansión (10 veces) y vida media (8 segundos) valores recomendados en el Manual de Reciclado en frío de Wirtgen.

De igual forma, para establecer el diseño de la espuma asfáltica se realizan ensayos con las siguientes variables controladas:

Tipo de cemento asfáltico:

- Cemento asfáltico PEN 85/100 a (160°C, 170°C Y 180°C)
- Cemento asfáltico PEN 120/150 a (160°C, 170°C, 180°C y 190°C)

Porcentaje de agua a adicionar:

- 1%, 2%, 3% y 4% en masa del asfalto.

Cabe señalar que estas variables son relevantes, ya que darán lugar a diferentes valores de tasa de expansión y vida media, parámetros para determinar la calidad de la espuma asfáltica.





**Fig. 29** Calentamiento del cemento asfáltico.  
Fuente: Fotografía propia.



**Fig. 30** Inyección de agua a 25°C al cemento asfáltico caliente.  
Fuente: Fotografía propia.



**Fig. 31** Desarrollo del asfalto espumado.  
Fuente: Fotografía propia.



**Fig. 32** Medición del máximo volumen expandido.  
Fuente: Fotografía propia.

### 3.7.2.4. Diseño de mezcla

#### 3.7.2.4.1. Determinar filler activo

Se adiciona (cemento portland o cal hidratada) con el objetivo de mejorar la resistencia retenida en condiciones de humedad además de ayudar a la dispersión del asfalto al incrementar la fracción pasante de la malla N° 200.

TABLA VIII FILLER ACTIVO

Índice de plasticidad < 10	Índice de plasticidad 10-16	Índice de plasticidad > 16
Agregar 1% de Cemento Portland	Agregar 1% de Cal Hidratada	Tratar previamente con 2% de Cal Hidratada

Fuente: MSc. Ing. Guillermo Lazo Lázaro - Conferencia Sobre Tecnología Del Asfalto Espumado.



**Fig. 33** Dosificación del material granular.

Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V S.A.C.





**Fig. 34** Dosificación de Filler Activo (Cemento Portland).  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V S.A.C.



**Fig. 35** Dosificación de cemento asfáltico.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V S.A.C.



**Fig. 36** Calentado de la mezcla del material granular con el filler activo.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



**Fig. 37** Calentado del cemento asfáltico.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



**Fig. 38** Incorporación del cemento asfáltico.

Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.

**Observación:** a la mezcla se incorporó cemento asfáltico en diferentes porcentajes (2,5%, 3,0% y 3,5%) con el porcentaje óptimo de agua.



**Fig. 39** Proceso de espumación del cemento asfáltico.

Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.





**Fig. 40** Combinación de la mezcla y asfalto espumado.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



**Fig. 41** Ensayo de CBR del material granular modificado con asfalto espumado.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



**Fig. 42** Moldeo de la mezcla modificada.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



**Fig. 43** Compactación de los especímenes -Método Marshall.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



**Fig. 44** Elaboración de briquetas.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.



**Fig. 45** Ensayo de tracción indirecta.  
Fuente: Fotografía propia – Laboratorio Geo Test V. S.A.C.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Con los datos obtenidos del laboratorio se registrará la relación óptima de asfalto espumado para mejorar las propiedades del material hasta cumplir con los requisitos mínimos asegurando que el espumado sea adecuado, luego se determinará el valor de resistencia (CBR) que alcanzó la mezcla con la aplicación del asfalto espumado, consecuentemente se realizará una comparación entre las resistencias de la muestra de material granular en estado natural y con la aplicación de asfalto espumado, esto nos permite verificar con mayor aproximación el incremento de resistencia (CBR).

Para determinar esto se aplicará los conceptos del Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección Suelos y Pavimentos.

Los resultados que se obtienen de laboratorio se exportaran a Excel y se realizaran cuadros descriptivos. Se hará uso de Microsoft Word para realizar la parte descriptiva e interpretación de los resultados obtenidos del laboratorio.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Calidad de la espuma asfáltica

##### 4.1.1. Cemento asfáltico PEN 85/100

TABLA IX RESUMEN DE PRUEBAS DE ESPUMACIÓN - PEN 85/100

Agua a inyectar	T=160 °C		T=170 °C		T=180 °C	
	Razón de Expansión	Vida Media	Razón de Expansión	Vida Media	Razón de Expansión	Vida Media
1.0 %	6.80	13.00	8.00	10.00	9.00	8.90
2.0 %	10.00	11.00	11.00	9.00	12.20	8.00
3.0 %	14.00	9.00	14.50	8.00	15.50	7.00
4.0 %	19.00	6.80	19.20	6.00	20.00	5.80

Fuente: Elaboración propia.

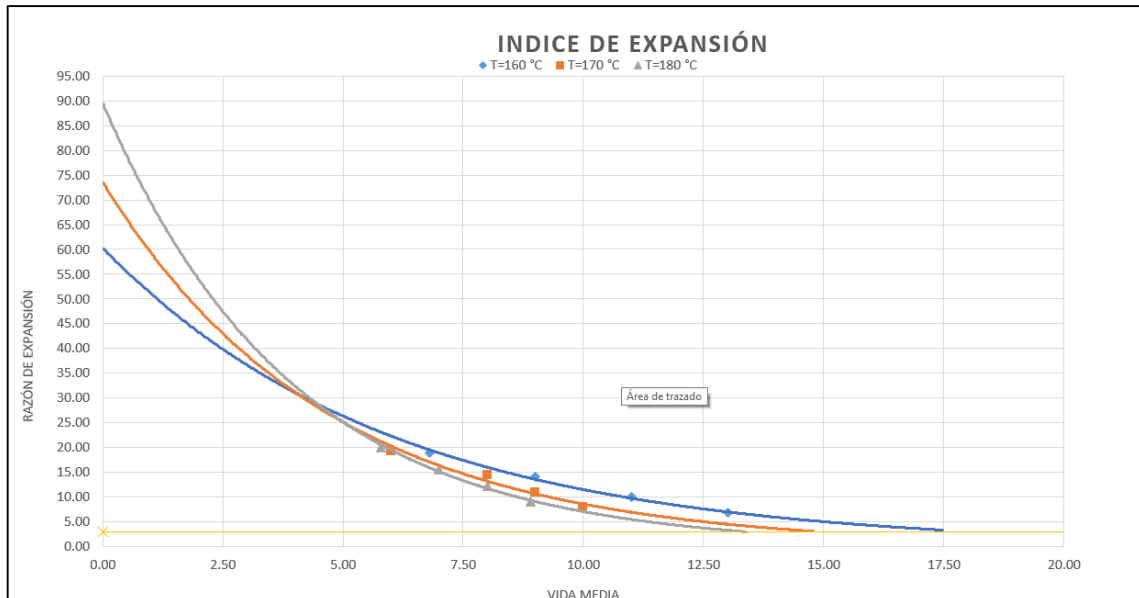
Desde los resultados de la Tabla IX se determinará la temperatura del asfalto y el porcentaje de agua que generen una mejor espumación asfáltica.

El índice de espumación sirve como indicador de la interacción de la razón de expansión y la vida media, éste se calcula como el área bajo la curva obtenida al graficar la razón de expansión versus la vida media.

Se concluye que a mayor índice de espumación, mejores propiedades de espumado y mejor estabilidad del material, Dice (Wirtgen, 2004).



Se realiza la curva a partir de los datos de la Tabla IX. Se determina el sector debajo de la curva constituida por el encuentro con el eje de las ordenadas y la recta de razón de expansión igual a 4 (índice de expansión).



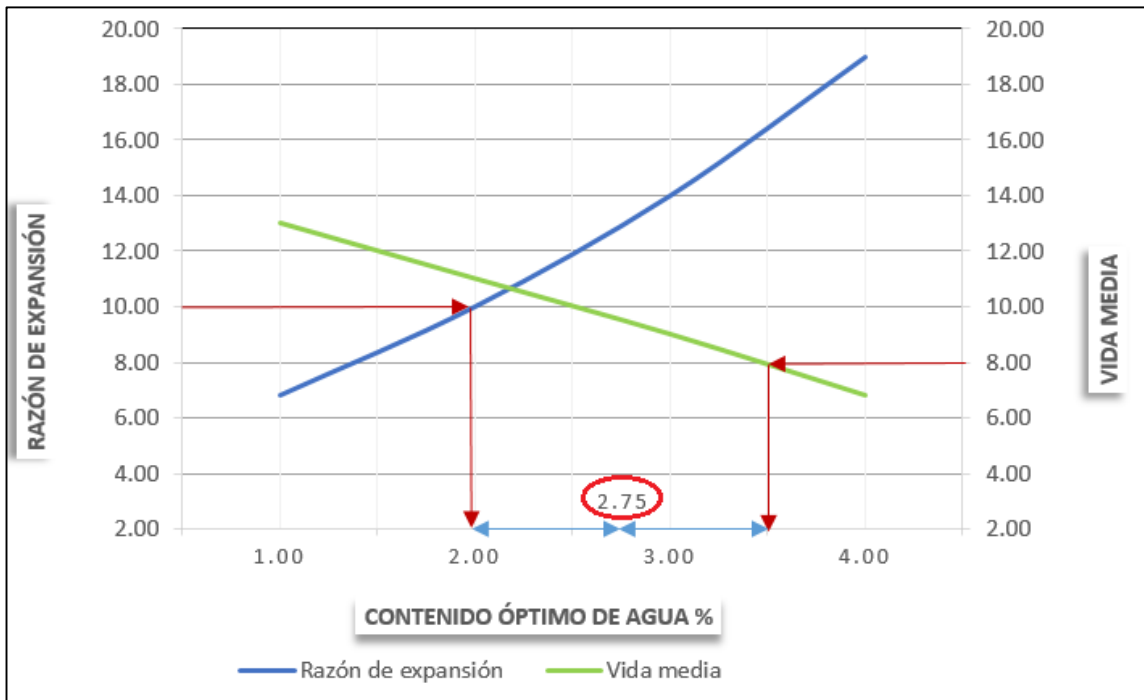
**Fig. 46** Índice de espumación PEN 85/100.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 46, la curva produce un índice de espumación mayor a 160°C, por lo que esta temperatura se considera óptima para el cemento asfáltico PEN 85/100, asegurando mejores propiedades espumantes.

#### 4.1.1.1. Contenido óptimo de agua a inyectar

Para determinar el porcentaje óptimo de agua a inyectar, se realiza un gráfico de los valores obtenidos de las pruebas de espumación para la temperatura a 160°C (razón de expansión y vida media) versus el porcentaje de agua a inyectar.



**Fig. 47** Óptimo contenido de agua para espumar PEN 85/100 a 160°C.

Fuente: Elaboración propia.

Mostramos en la Fig. 47 que el contenido óptimo de agua para la inyección en el Pen 85/100 a 160°C es de 2.75%, lo que asegura una espumación asfáltica de buena calidad y un mejor rendimiento.

#### 4.1.2. Cemento asfáltico PEN 120/150

TABLA X RESUMEN DE PRUEBAS DE ESPUMACIÓN – PEN 120/150

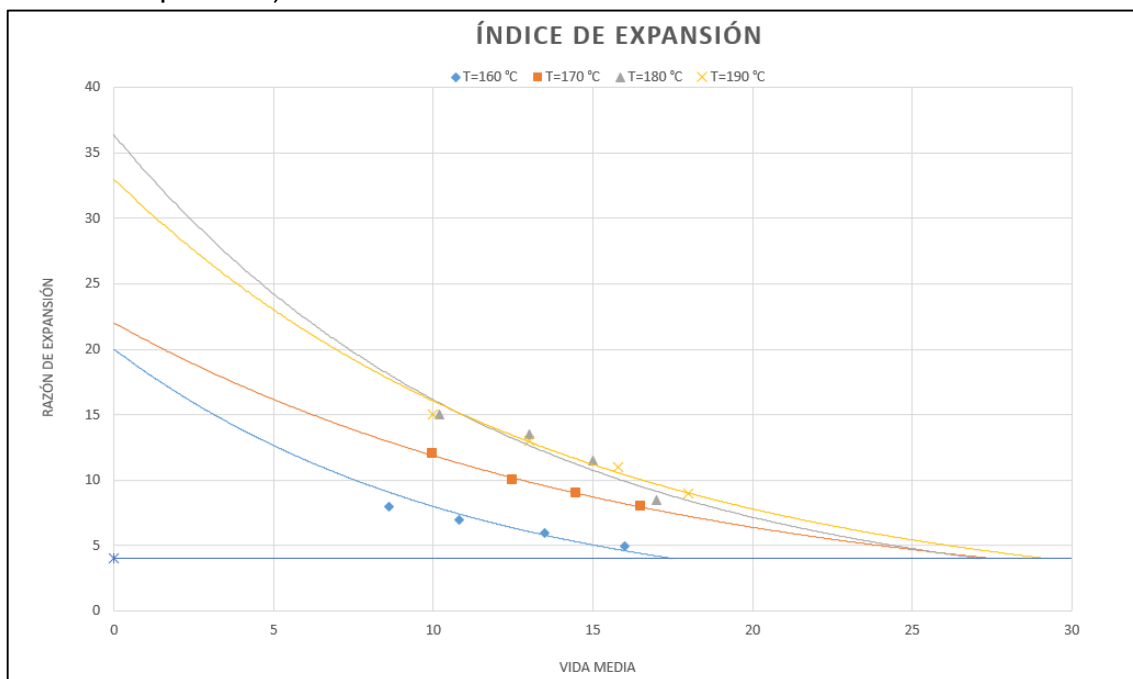
Agua a inyectar	T=160 °C		T=170 °C		T=180 °C		T=190 °C	
	Razón de Expansión	Vida Media	Razón de Expansión	Vida Media	Razón de Expansión	Vida Media	Razón de Expansión	Vida Media
1.0 %	5.0	16.0	8.0	16.5	8.5	17.0	9.0	18.0
2.0 %	6.0	13.5	9.0	14.5	11.5	15.0	11.0	15.8
3.0 %	7.0	10.8	10.0	12.5	13.5	13.0	13.0	13.0
4.0 %	8.0	8.6	12.0	10.0	15.0	10.2	15.0	10.0

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados de la Tabla X se determinará la temperatura del asfalto y la proporción de agua que produce mejor espumado asfáltico.

El índice de espumación sirve como indicador de la interacción de la razón de expansión y la vida media, este se define como el área bajo la curva obtenida al graficar la razón de expansión versus la vida media. Concluyendo que a mayor índice de espumación, mejores propiedades de espumado y material más estable, Dice (Wirtgen, 2004).

Se realiza la gráfica a partir de los datos de la Tabla X. Se define el área debajo de la curva constituida por el encuentro con el eje de las ordenadas y la recta de razón de expansión igual a 4 (índice de expansión).



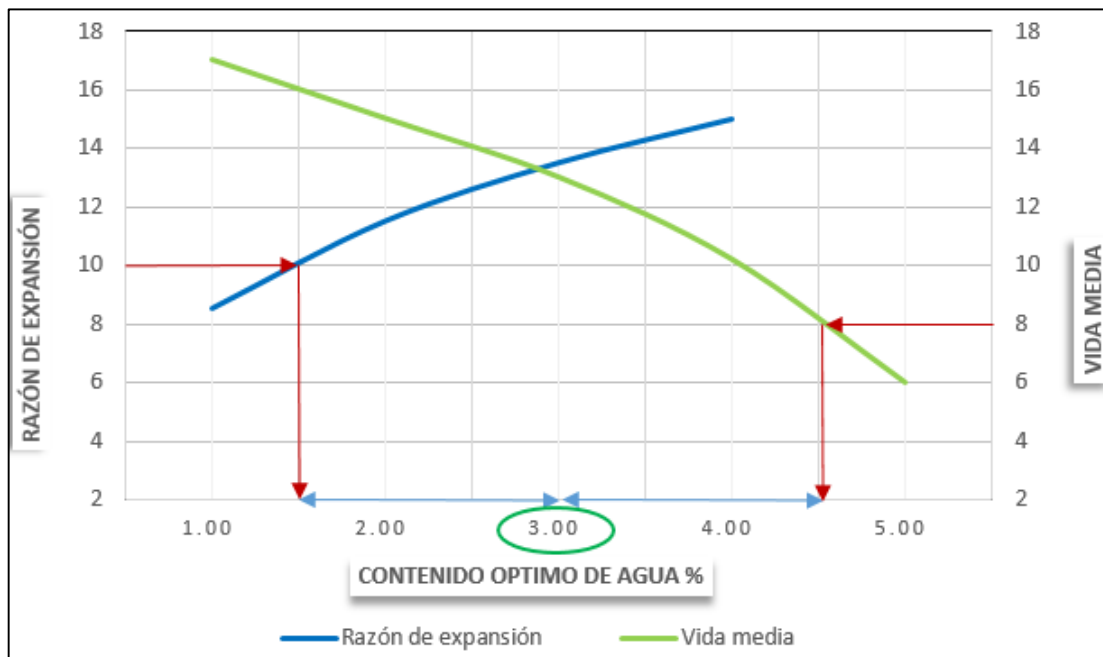
**Fig. 48** Índice de espumación PEN 120/150.

Fuente: Elaboración propia.

Como se evidencia en la Fig. 48 la curva produce un índice de espumación mayor a 180°C, por lo que esta temperatura se considera óptima para el cemento asfáltico PEN 120/150, asegurando mejores propiedades espumantes y un material más estable.

#### 4.1.2.1. Contenido óptimo de agua a inyectar

Para determinar el porcentaje óptimo de agua a inyectar, se realiza un gráfico de los valores obtenidos de las pruebas de espumación para la temperatura de 180°C (razón de expansión y vida media) versus el porcentaje de agua a inyectar.



**Fig. 49** Óptimo contenido de agua para espumar PEN 120/150 a 180°C.

Fuente: Elaboración propia.

Mostramos en la Fig. 49 que el contenido óptimo de agua inyectada en un cemento asfáltico PEN 120/150 a 180°C es de 3,0%, lo que garantiza una formación de espuma asfáltica de buena calidad y un mejor rendimiento.

## 4.2. Características del material granular

### 4.2.1. Análisis granulométrico

TABLA XI ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL GRANULAR

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante (%)	Huso - Asfalto espumado Superior (%)	Huso - Asfalto espumado Inferior (%)
2"	0.000	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	0.000	0.00	0.00	100.00	100	86
1"	752.000	9.17	9.17	90.83	100	75
3/4"	790.000	9.63	18.80	81.20	94	69
1/2"	806.270	9.83	28.63	71.37	87	62
3/8"	558.880	6.81	35.44	64.56	80	57
1/4"	734.790	8.96	44.40	55.60	73	50
Nº 4	509.440	6.21	50.61	49.39	68	45
10	1545.890	18.84	69.45	30.55	53	29
20	751.130	9.16	78.61	21.39	42	20
30	169.370	2.06	80.67	19.33	39	17
40	155.230	1.89	82.56	17.44	35	15
50	161.420	1.97	84.53	15.47	31	12
100	506.360	6.17	90.70	9.30	25	8
200	262.980	3.21	93.91	6.09	20	5
Fondo	499.55	6.09	100.00	0		
Total	8203.31	100%				

Fuente: Elaboración propia.

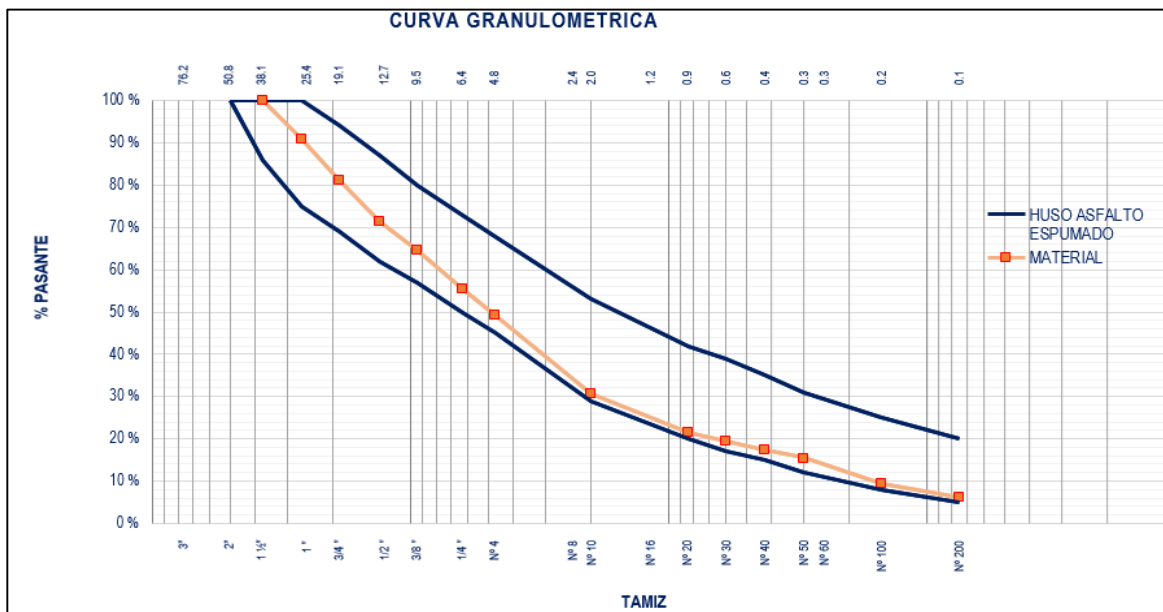


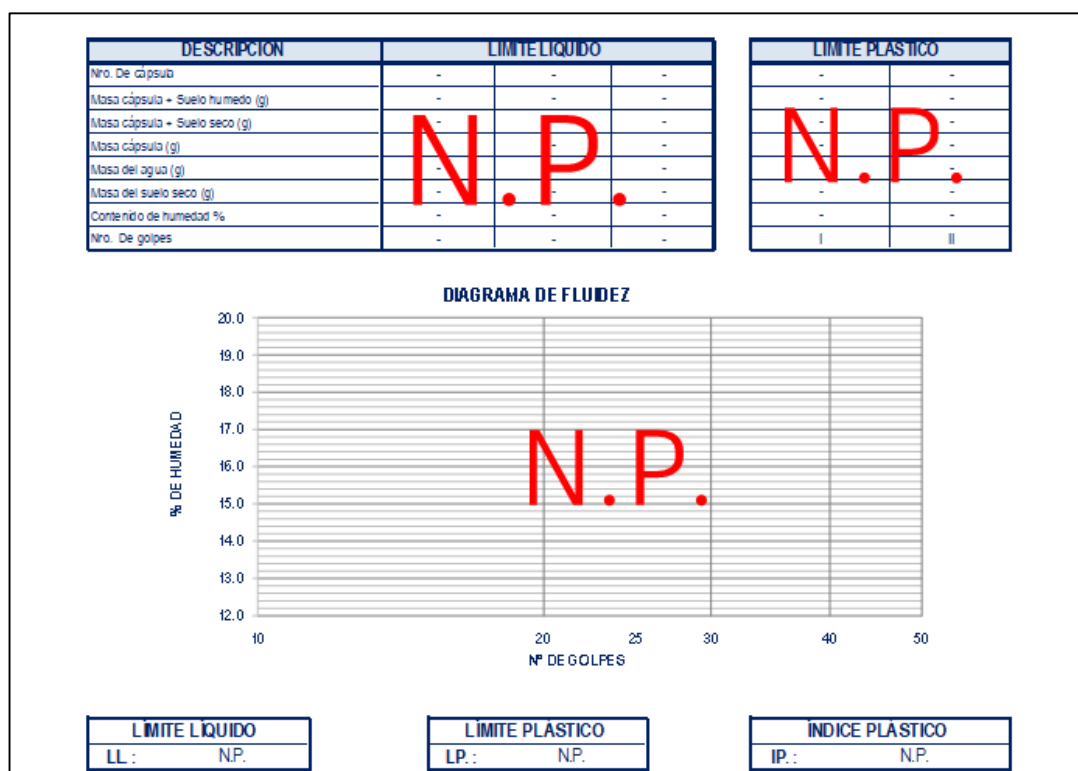
Fig. 50 Curva granulométrica del material granular - Huso asfalto espumado

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar que en la Fig. 50 la curva granulométrica del material granular, está dentro del huso para la aplicación del asfalto espumado, de igual forma la distribución de los áridos obedece al porcentaje mínimo pasante de la malla N° 200 (5.0 %) tomando la referencia de Wirtgen - Manual de reciclado en frío.

#### 4.2.2. Límites de consistencia del material granular

Se desarrollaron los ensayos de límites de consistencia según la norma MTC E 110-111 y se determinó que la muestra no presenta limite liquido ni limite plástico, como tal el índice de plasticidad es 0.



**Fig. 51** Límites de consistencia del material granular.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3. Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados

TABLA XII ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES

TAMIZ		GRADACIÓN	N° DE ESFERAS: 12	
Pasante	Retenido	A	Peso Inicial (g)	5005.0
1 1/2"	1"	1255.00 g	Número de revoluciones	500
1"	3/4"	1250.00 g	Peso Mat./Ret. en la N° 12 (g)	4101
3/4"	1/2"	1250.00 g	Peso Mat. pasa Malla N° 12 (g)	904
1/2"	3/8"	1250.00 g	<b>Porcentaje Desgaste</b>	<b>18.06 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

- El agregado grueso del material granular al ser ensayado en la máquina de los Ángeles muestra un peso inicial de 5005.0 gr. y final de 4101 gr. presentando un desgaste del 18.06% por lo que se concluye que el material está dentro de los requerimientos que exige el manual de carreteras EG-2013 para bases granulares (Max 40.0 %).

#### 4.2.4. Partículas chatas o alargadas

TABLA XIII ENSAYO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS.

Tamaño Agregado	Peso	Gradación	Peso de	Masa	Partículas	Partículas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz	Original	la Fracción de Ensayo	Partículas Chatas	Chatas	Chatas corregidas
3"	2 1/2"	0.00 %			-	-
2 1/2"	2"	0.00 %			-	-
2"	1 1/2"	703.38 g	11.83 %	0.00 g	0.00 g	-
1 1/2"	1"	1861.19 g	31.29 %	542.87 g	0.00 g	0.00 %
1"	3/4"	1474.55 g	24.79 %	372.77 g	0.00 g	0.00 %
3/4"	1/2"	1316.25 g	22.13 %	286.13 g	0.00 g	0.00 %
1/2"	3/8"	592.02 g	9.95 %	120.67 g	3.44 g	2.85 %
TOTAL		5947.39 g	100.00 %	1322.44 g	3.44 g	
<b>Porcentaje de partículas Chatas</b>						<b>0.28 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

- El agregado grueso del material al ser evaluado en el ensayo presenta un 0.28% de partículas chatas y alargadas, se concluye que el material está dentro de los requerimientos que exige el manual de carreteras EG-2013 para bases granulares (Max 15.0 %).

#### 4.2.5. Equivalente de arena

TABLA XIV ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA.

DETALLE	IDENTIFICACION		
	1	2	3
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4) (mm)	4.75	4.75	4.75
Hora de entrada a saturación	12:01	12:03	12:05
Hora de salida de saturación (mas 10')	12:11	12:13	12:15
Hora de entrada a decantación	12:13	12:15	12:17
Hora de salida de decantación (mas 20')	12:33	12:35	12:37
Altura máxima de material fino (pulg)	<b>4.70</b>	<b>4.75</b>	<b>4.40</b>
Altura máxima de la arena (pulg.)	<b>3.50</b>	<b>3.50</b>	<b>3.30</b>
Equivalente de Arena (%)	74.47 %	73.68 %	75.00 %
<b>Equivalente de Arena promedio</b>		<b>74.38 %</b>	

Fuente: Elaboración propia.

- El agregado fino del material granular se ensayó con 3 pruebas de equivalentes de arena los cuales son: 74.47%, 73.68% y 75.00%, consideramos la media igual a 74.38% por lo que se consideró dentro de los requerimientos que exige el manual de carreteras EG-2013 para bases granulares (Min 45.0 %).

#### 4.2.6. Sales solubles

TABLA XV ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADO GRUESO.

FRACCION GRUESA	
Relación de mezcla de suelo-agua destilada	1 a 3
Masa del recipiente (g)	126.57
Masa del recipiente + residuos de sales (g)	126.64
Masa del residuo de sales (g)	0.070
Volumen de solución tomada (ml)	93.79
Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)	2239
<b>Total de sales solubles, en %</b>	<b>0.22 %</b>

Fuente: Elaboración propia.



TABLA XVI ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADO FINO.

<b>FRACCION FINA</b>	
Relación de mezcla de suelo-agua destilada	1 a 3
Masa del recipiente (g)	145.67
Masa del recipiente + residuos de sales (g)	145.71
Masa del residuo de sales (g)	0.040
Volumen de solución tomada (ml)	94.63
Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)	1268
<b>Total de sales solubles, en %</b>	<b>0.13 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

- Se aprecia en la tabla XV que la fracción gruesa presenta un 0.22 % de sales solubles, por lo tanto, se considera dentro de los requerimientos que exige el manual de carreteras EG-2013 para bases granulares (Máx. 0.5 %).
- Del mismo modo en la tabla XVI se aprecia que la fracción fina presenta 0.13 % de sales solubles, como tal cumple las consideraciones que exige el manual de carreteras EG – 2013 para bases granulares (Máx. 0.5%)

#### 4.2.7. Partículas fracturadas

TABLA XVII ENSAYO DE PARTICULAS FRACTURADAS CON UNA SOLA CARA.

Tamaño Agregado		Gradación Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa del material con 1 cara fracturada	% de caras fracturadas	Promedio de caras fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz					
3"	2 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2 1/2"	2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1 1/2"	1"	2.71 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1"	3/4"	19.14 %	1500.00 g	11.60 g	0.77 %	14.80 %
3/4"	1/2"	71.44 %	1200.00 g	11.00 g	0.92 %	65.49 %
1/2"	3/8"	6.71 %	300.00 g	3.00 g	1.00 %	6.71 %
TOTAL		100.00 %	3000.00 g	25.60 g	2.69 %	87.00 %
<b>Porcentaje de partículas fracturadas</b>						<b>0.87 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XVIII ENSAYO DE PARTICULAS FRACTURADAS CON MAS DE UNA CARA.

Tamaño Agregado		Gradación Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa del material más de una cara fracturada	% de caras fracturadas	Promedio de caras fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz					
3"	2 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2 1/2"	2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1 1/2"	1"	2.71 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1"	3/4"	19.14 %	1500.00 g	1245.60 g	83.04 %	1589.39 %
3/4"	1/2"	71.44 %	1200.00 g	1091.00 g	90.92 %	6495.09 %
1/2"	3/8"	6.71 %	300.00 g	285.40 g	95.13 %	638.34 %
TOTAL		100.00 %	3000.00 g	2622.00 g	269.09 %	8722.82 %
<b>Porcentaje de partículas fracturadas</b>						<b>87.23 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

- Se evidencia en la Tabla XVII – XVIII que el agregado grueso del material al ser evaluado mediante el ensayo de partículas fracturadas con una cara presenta un porcentaje de 0.87% no cumpliendo con los requerimientos que se exige en la normativa peruana, no obstante, el porcentaje de partículas fracturadas con más de una cara es el 87.23 % estando en línea con el requerimiento del manual de carreteras EG – 2013 para bases granulares (Min. 50 %).

#### 4.2.8. Durabilidad al sulfato de magnesio

TABLA XIX ENSAYO DE DURABILIDAD - FRACCIÓN GRUESA

Tamaño de mallas		Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas
Pasa	Retiene						
2 1/2"	2"	2 1/2" a	0.00 %				
2"	1 1/2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"	1 1/2" a	26.20 %	1459.0 g	1301.5 g	10.80 %	2.83 %
1"	3/4"	3/4"					
3/4"	1/2"	3/4" a	15.68 %	970.8 g	959.7 g	1.14 %	0.18 %
1/2"	3/8"	3/8"					
3/8"	N°4		58.12 %				
<b>TOTALES</b>			100.00 %	2429.8 g	2261.2 g		<b>3.01 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XX ENSAYO DE DURABILIDAD - FRACCIÓN FINA.

Tamaño de mallas		Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas
Pasa	Retiene					
3/8"	N° 4	35.07 %				
N° 4	N° 8	18.34 %	100.00 g	95.10 g	4.90 %	0.90 %
N° 8	N° 16	11.02 %	100.00 g	94.60 g	5.40 %	0.60 %
N° 16	N° 30	11.02 %	100.00 g	91.80 g	8.20 %	0.90 %
N° 30	N° 50	8.56 %	100.00 g	90.90 g	9.10 %	0.78 %
N° 50	N° 100	4.82 %	100.00 g	90.60 g	9.40 %	0.45 %
Menos que N°100		11.17 %				
<b>TOTALES</b>			100.00 %	500.00 g	463.00 g	<b>3.63 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

- Se interpreta de la Tabla XIX – XX que la fracción gruesa del material al ser evaluado mediante el ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio presenta un porcentaje de 3.01% por lo que el material cumple con los requerimientos que se exige la normativa peruana para bases granulares (Máx. 18%), del mismo modo, el porcentaje de durabilidad al sulfato de magnesio en la fracción fina es de 3.63% cumpliendo con el requerimiento del manual de carreteras EG – 2013 para bases granulares (Máx. 15% ).

#### 4.2.9. Peso específico y absorción

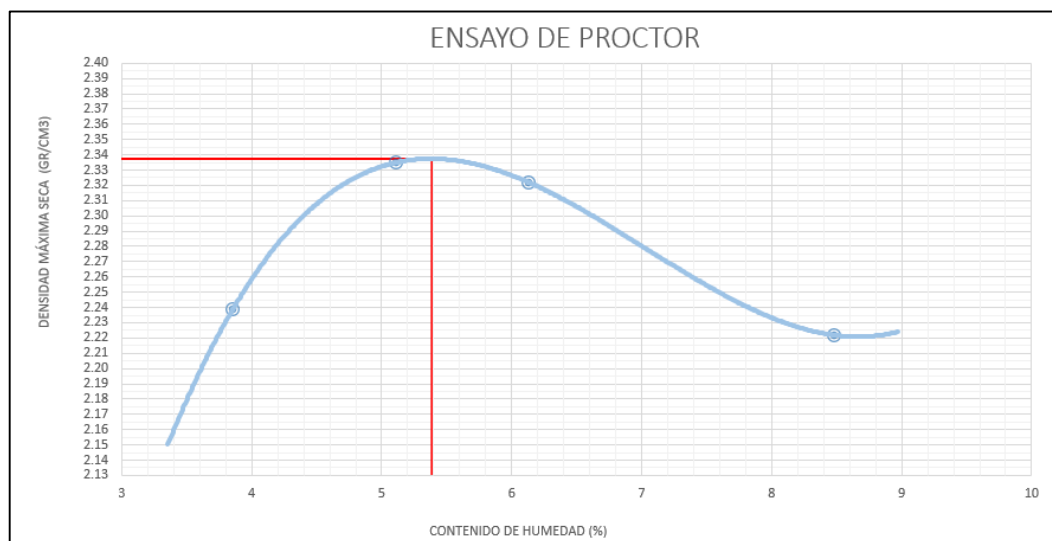
TABLA XXI PESO ESPECIFICO Y ABSORCION - GRUESO

ITEM	P-1	FORMULA
Peso de agregado estado SSS (gr)	4580.4	B
Peso de agregado sumergido (gr)	1903.3	C
Peso de agregado seco (gr)	4519.1	A
Peso Específico de Masa (g/cm <sup>3</sup> )	1.69	$\frac{A}{B - C}$
Peso Específico SSS (g/cm <sup>3</sup> )	1.71	$\frac{B}{B - C}$
Peso Específico Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.73	$\frac{A}{A - C}$
<b>Absorción (%)</b>	<b>1.36</b>	$\frac{B-A}{B} * 100$

Fuente: Elaboración propia.

- Como se aprecia en la tabla XXI, la fracción gruesa del material granular nos resulta con una absorción de 1.36 %.

#### 4.2.10. Proctor modificado



**Fig. 52** Ensayo de proctor modificado material granular.

Fuente: Elaboración propia.

- Como se puede observar en la figura. 52, los puntos correspondientes a densidad seca alcanzada con diferentes contenidos de humedad son: 3,9%, 5,1%, 6,1% y 8,5%. Con estos puntos se dibuja una curva que nos permite determinar la máxima densidad seca. Obteniendo un resultado de 2.337 gr/cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad óptimo de 5.4%.

TABLA XXII RESULTADO DE PROCTOR MODIFICADO - MATERIAL GRANULAR

Máxima Densidad Seca	Óptimo Contenido De Humedad
2.337	5.4

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.11. Californian Bearing Ratio -CBR

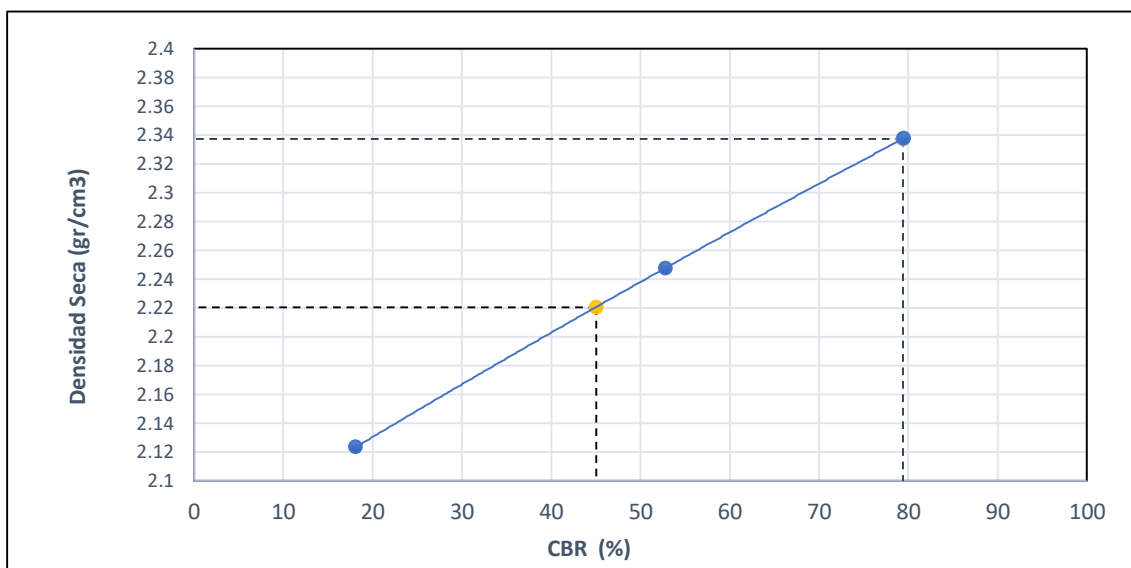


Fig. 53 CBR.

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXIII RESULTADO DE CBR - MATERIAL GRANULAR

RESULTADOS	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	79.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	45.0 %

Fuente: Elaboración propia.

- Se observa en la Fig. 53, que el material granular tiene una resistencia (CBR) al 100% de la MDS un valor de: 79.4%, sin embargo, no cumple con el requerimiento que exige el manual de carreteras EG – 2013 para bases granulares (Min.80%).

### 4.3. Diseño de mezcla de asfalto espumado

#### 4.3.1. Filler activo

Es habitual añadir una pequeña cantidad de filler activo (cemento o cal hidratada).

El material granular como se muestra en la Fig. 51 de acuerdo a los resultados de los límites de consistencia indica un IP de 0, por lo tanto, se establece un 1.0 % de cemento portland como el foyer activo, éste

se combina con el material granular antes de mezclarlo con el asfalto espumado.

#### 4.3.2. CBR – Material Estabilizado con Asfalto Espumado

TABLA XXIV RESULTADOS - CBR DE MATERIAL ESTABILIZADO PEN 85/100.

RESUMEN TOTAL DE CBR			
MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA PUMPUNYA			
CEMENTO ASFÁLTICO	PEN 85/100	AGUA A INYECTAR	2.75%
T° ASFALTO	160°C	FILLER ACTIVO (CEMENTO PORTLAND)	1.00%
% ASFALTO	CBR-MATERIAL ESTABILIZADO	CBR -MATERIAL GRANULAR	% CBR INCREMENTADO
2.50%	92.80%	79.40%	13.4%
<b>3.00%</b>	<b>123.90%</b>	<b>79.40%</b>	<b>44.5%</b>
3.50%	111.30%	79.40%	31.9%

Fuente: Elaboración propia.

- La Tabla XXIV presenta los resultados del ensayo de CBR para cemento asfáltico PEN 85/100 con 1.0% de cemento portland como filler activo y 2.75% agua a 25°C con diferentes fracciones de asfalto inyectado (2.5%, 3.0% y 3.5%) da como resultado resistencias de: 92.80%, 123.90% y 111.30% respectivamente

TABLA XXV RESULTADOS - CBR DE MATERIAL ESTABILIZADO PEN 120/150.

RESUMEN TOTAL DE CBR			
MATERIAL GRANULAR CANTERA PUMPUNYA			
CEMENTO ASFÁLTICO	PEN 120/150	AGUA A INYECTAR	3.00%
T° ASFALTO	180°C	FILLER ACTIVO (CEMENTO PORTLAND)	1.00%
% ASFALTO	CBR-MATERIAL ESTABILIZADO	CBR -MATERIAL GRANULAR	% CBR INCREMENTADO
2.50%	96.50%	79.40%	17.1%
<b>3.00%</b>	<b>118.20%</b>	<b>79.40%</b>	<b>38.8%</b>
3.50%	110.80%	79.40%	31.4%

Fuente: Elaboración propia.

- Se observa en la Tabla XXV, los resultados del ensayo de CBR para el cemento asfáltico PEN 120/150 con 1.0% de cemento portland como filler activo y 3.0% agua a 25°C con diferentes fracciones de asfalto inyectado (2.5%, 3.0% y 3.5%) da como resultado resistencias de: 96.50%, 118.20% y 110.8% respectivamente.

#### 4.3.3. Tracción indirecta – Material Estabilizado con Asfalto Espumado

TABLA XXVI RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA PEN 85/100 - 2.5% ASFALTO

Tracción indirecta de la base estabilizada con asfalto espumado								
N°	% Asfalto inyectado	Diámetro de probeta (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)		Resistencia (Kpa)		Resistencia conservada
				Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
1	2.5%	10.10	6.60	2.472		236.202		
2		10.10	6.60	1.685		161.003		
3		10.05	6.65		1.056		100.641	52%
4		10.05	6.65		1.126		107.313	
Promedio				2.079	1.091	<b>198.603</b>	<b>103.977</b>	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXVII RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA PEN 85/100 - 3.0% ASFALTO.

Tracción indirecta de la base estabilizada con asfalto espumado								
N°	% Asfalto inyectado	Diámetro de probeta (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)		Resistencia (Kpa)		Resistencia conservada
				Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
1	3.0%	10.1	6.6	2.943		281.206		
2		10.1	6.6	2.843		271.651		
3		10.1	6.6		1.756		167.787	62%
4		10.1	6.6		1.852		176.960	
Promedio				2.893	1.804	<b>276.429</b>	<b>172.374</b>	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXVIII RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA PEN 85/100 - 3.5% ASFALTO.

Tracción indirecta de la base estabilizada con asfalto espumado								
N°	% Asfalto inyectado	Diámetro de probeta (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)		Resistencia (KPa)		Resistencia conservada
				Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
1	3.5	10.05	6.65	2.321		221.201		
2		10.10	6.65	2.074		196.683		
3		10.17	6.65		1.028		96.817	46%
4		10.17	6.65		1.134		97.382	
Promedio				2.0415	1.081	<b>208.942</b>	<b>97.099</b>	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXIX RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA PEN 120/150 - 2.5% ASFALTO.

Tracción indirecta de la base estabilizada con asfalto espumado								
N°	% Asfalto inyectado	Diámetro de probeta (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)		Resistencia (Kpa)		Resistencia conservada
				Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
1	2.5%	10.17	6.6	1.943		184.378		61%
2		10.17	6.6	1.876		178.020		
3		10.17	6.65		1.145		107.836	
4		10.17	6.65		1.201		113.110	
			Promedio	1.901	1.173	<b>181.199</b>	<b>110.473</b>	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXX RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA PEN 120/150 - 3.0% ASFALTO.

Tracción indirecta de la base estabilizada con asfalto espumado								
N°	% Asfalto inyectado	Diámetro de probeta (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)		Resistencia (Kpa)		Resistencia conservada
				Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
1	3.0%	10.05	6.6	2.641		253.606		54%
2		10.05	6.6	2.761		265.129		
3		10.05	6.6		1.520		145.960	
4		10.05	6.6		1.378		132.324	
			Promedio	2.701	1.352	<b>259.367</b>	<b>139.142</b>	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXXI RESULTADOS DE TRACCION INDIRECTA PEN 120/150 - 3.5% ASFALTO.

Tracción indirecta de la base estabilizada con asfalto espumado								
N°	% Asfalto inyectado	Diámetro de probeta (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)		Resistencia (Kpa)		Resistencia conservada
				Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
9	3.5%	10.1	6.6	1.725		164.825		65%
10		10.1	6.6	1.836		175.432		
11		10.1	6.6		1.154		110.266	
12		10.1	6.6		1.169		111.699	
			Promedio	1.7805	1.162	<b>170.128</b>	<b>110.982</b>	

Fuente: Elaboración propia.



TABLA XXXII RESUMEN DE TRACCION INDIRECTA PEN 85/100

Tracción indirecta de la base estabilizada con asfalto espumado				
% Asfalto inyectado	Resistencia T.I (Kpa)		Especificaciones mínimas (Kpa)	
	Seco	Húmedo	ITS SECO	ITS HUMEDO
2.5	198.603	103.977		
3.0	276.429	172.374	200	100
3.5	208.942	97.099		

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XXXIII RESUMEN DE TRACCION INDIRECTA PEN 120/150

Tracción indirecta de la base estabilizada con asfalto espumado				
% Asfalto inyectado	Resistencia T.I (Kpa)		Especificaciones mínimas (Kpa)	
	Seco	Húmedo	ITS SECO	ITS HUMEDO
2.5	181.199	110.473		
3.0	259.367	139.142	200	100
3.5	170.128	110.982		

Fuente: Elaboración propia.

- La Tabla XXXII-XXXIII, muestra los resultados del ensayo de ITS donde la mezcla espumada con ambos tipos de cemento asfáltico (PEN 85/100 – PEN 120/150) Cumplen con los parámetros mínimos de ITS con 3.0 % de asfalto espumado.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

**H.E. 1 La espuma asfáltica cumple los parámetros mínimos de razón de expansión igual a 10 veces y vida media igual a 8 segundos se establece que:**

La calidad de la espuma asfáltica para un PEN 85/100 a una temperatura de 160 °C con la adición del porcentaje óptimo de agua 2.75% proporcionan una razón de expansión de 13 veces su volumen y una vida media de 9.5 segundos.

Del mismo modo la calidad de la espuma asfáltica para un PEN 120/150 a una temperatura de 180 °C con la adición del porcentaje óptimo de agua 3.0% genera una razón de expansión de 13.50 veces su volumen y una vida media de 13 segundos. De esta manera, podemos corroborar que la calidad de la espuma asfáltica cumple con los valores parámetros mínimos de razón de expansión y vida media.

El ingeniero Narro Vázquez en su tesis titulada “Contribución del asfalto espumado en el aporte estructural de pavimentos en altura como solución para el proyecto de conservación vial Tacna – puno, tramo capazo – Mazocruz” mediante el uso de la máquina de laboratorio WLB – 10S compara la calidad de la espuma con distintos porcentajes de agua, llegando a la

conclusión que con 3% de agua inyectada genera la mejor espuma, esta genera un valor de expansión de 19 veces y una vida media de 15.3 segundos. Los dos investigadores coinciden en que para determinar la calidad del betún espumante de cualquier obra de ingeniería se deben realizar controles detallados de estos parámetros para respetar los estándares de calidad.

**H.E. 2 La resistencia del material de base granular con la aplicación del asfalto espumado es mayor a la del material granular en su estado natural se establece que:**

El material granular de la cantera Pumpunya mediante el ensayo de CBR presenta una resistencia de 79.40%, quedando en evidencia que este valor está por debajo de los mínimos especificados en la normativa vigente. Sin embargo, el material granular con la aplicación de asfalto espumado, alcanza valores de resistencia de hasta 123.90%.

El ingeniero Valdez Alcorn en su tesis titulada “Asfalto espumado” establece que la base que está estabilizada con espuma asfáltica es más resistente y de mejor comportamiento que la base hidráulica tradicional.

Se concluye que las propiedades de resistencia a la deformación se ven afectadas positivamente por la aplicación de asfalto espumado.

Ambos investigadores coinciden en que el método de estabilización con asfalto espumado aumenta significativamente la resistencia del material, si bien cabe destacar que se debe ejercer un control cuidadoso del proceso de aplicación para respetar los estándares de calidad

### **H.E. 3 El material de base granular con la aplicación de asfalto espumado mejora en un 10 % su resistencia se establece que:**

Los valores de resistencia que se obtuvieron con (2,5, 3,0 y 3,5% de asfalto) para PEN 85 /100 son 92.80%, 123.90% y 111.30% y para PEN 120/150 son 96.50%, 118.20% y 110.80% De esta manera, podemos comprobar que la aplicación del asfalto espumado mejora en más de un 10% la resistencia del material sin estabilizar (79.4%).

El ingeniero Ulloa Calderón en su publicación técnica titulada “Diseño de materiales granulares estabilizados con asfalto espumado” concluye que en el material estabilizado con asfalto espumado es tres veces el módulo resiliente del material sin estabilizar, provocando que el paquete estructural se vea reducido y la resistencia aumentada.

Ambos investigadores coinciden en que el método de estabilización del asfalto espumado incide positivamente en las características de resistencia del material, de igual forma se debe ejercer un adecuado control del proceso constructivo para cumplir con los estándares de calidad.

### **H.E. 4 La resistencia a la tracción indirecta del material granular estabilizado con asfalto espumado en condición seca y húmeda es superior a 200 Kpa y 100 Kpa respectivamente se establece que:**

En el material de base granular estabilizado con asfalto espumado (PEN 85/100 - 3.0% de asfalto) los valores de ITS obtenidos para condición seca fue de 276.43 Kpa y húmeda de 172.37 Kpa, así mismo para (PEN 120/150 - 3.0% de asfalto) los valores de ITS obtenidos para condición seca fue de 259.37 Kpa y húmeda fue de 139.14 Kpa. De esta manera, podemos corroborar que los valores de ITS están por encima de los requerimientos mínimos especificados en el manual de reciclado en frío – Wirtgen.

El ingeniero Narro Vázquez en su tesis titulada “Contribución del asfalto espumado en el aporte estructural de pavimentos en altura como solución para el proyecto de conservación vial Tacna – puno, tramo capazo – Mazocruz” sostiene que para un PEN 120/1500 y 2 % de asfalto los valores de ITS obtenidos en laboratorio en condición seca fueron 261.665 Kpa y en húmeda 148.863 Kpa, mientras que los valores de ITS de la muestra insitu

alcanzaron valores de 231.8 Kpa y 139.7 Kpa, dando una desviación porcentual de 11.5% y 6.2 % respectivamente.

Ambos investigadores coinciden en que para la determinación del contenido de asfalto se debe evaluar la resistencia a la tracción indirecta, como tal se deben tomar las medidas de control adecuadas para cumplir con los parámetros mínimos especificados en el manual de reciclado de Wirtgen.

## CONCLUSIONES

- La aplicación del asfalto espumado en un material de base granular mejora de manera efectiva y significativa la propiedad de resistencia, efectuándose un aumento de la resistencia de 79.40% a 123.90%.
- La espuma asfáltica con un cemento asfáltico PEN 85/100 a 160 °C con 2.75% de agua inyectada, generó una razón de expansión de 13 veces y una vida media de 9.5 segundos.

Asimismo, la espuma asfáltica del cemento asfáltico PEN 120/150 a 180 °C con 3.0% de agua inyectada evidenció una razón de expansión de 13.50 veces y una vida media de 13 segundos.

En ambos casos la espuma asfáltica se encuentra por encima de los requerimientos mínimos, de esta manera se determina que la espuma asfáltica es óptima y de buena calidad.

- El material de base granular obtuvo un valor de resistencia de 79.40% mientras que el material de base granular con la aplicación de asfalto espumado PEN 85/100 alcanzó valores de: 92.80%, 123.90% y 111.30% y con PEN 120/150 valores de resistencia de: 96.50%, 118.20% y 110.80%.
- La resistencia del material granular con la aplicación de asfalto espumado PEN 85/100 con (2.5%,3.0% y 3.5% de asfalto) incrementó en 13.4%, 44.5% y 31.9% frente a la resistencia del material granular.  
Asimismo, La resistencia del material granular con la aplicación de asfalto espumado PEN 120/150 con (2.5%,3.0% y 3.5% de asfalto) incrementó en un 17.10%, 38.8% y 31.4% frente a la resistencia del material granular.  
En ambos casos de cementos asfálticos el valor de la resistencia fue incrementado en más de un 10%.
- La resistencia a la tracción indirecta de la mezcla espumada con cemento asfáltico PEN 85/100 con 3.0 % de asfalto en condición seca fue: 276.43 Kpa y en condición húmeda alcanzó un valor de :172.37 Kpa.  
Del mismo modo la resistencia a la tracción indirecta para la mezcla espumada con cemento asfáltico PEN 120/150 con 3.0% de asfalto en condición seca fue: 259.37 Kpa y en condición húmeda alcanzó un valor de: 139.14 Kpa.

Se determinó que la mezcla espumada con ambos tipos de cementos asfálticos (PEN 85/100 – PEN 120/150) cumple con los parámetros mínimos de ITS especificados en el manual de reciclado en frío de Wirtgen con un 3.0% de asfalto espumado.

## **RECOMENDACIÓN**

- Desarrollar las pruebas de calidad de espuma asfáltica con equipos sofisticados que brindan resultados con alta precisión y confiabilidad al mismo tiempo que reducen el margen de error.
- El control durante la espumación del asfalto y la mezcla con materiales granulares es esencial.
- Desarrollar un estudio de impacto ambiental del proceso de espumación asfáltica, para obtener valores de emisión de contaminantes y generar alternativas sustentables para reducir los impactos antes mencionados.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Bernal, C. A. (2010). *Metología de la investigación*. Colombia: pearson.
- Bituper. (2018). Pavimentos rígidos y flexibles. Perú construye.
- Ccoyllo Huamán, J. E. (2019). *Método de asfalto espumado para mejorar los factores de diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles-Lima*. Lima: Universidad Peruana Los Andes (UPLA).
- Espinoza Juro, P., & Vildoso Flores, J. (2014). *Estudio de la técnica del reciclado con asfalto espumado en las carreteras la Oroya - Chicrín – Huánuco - Tingo María - Dv. Tocache y Conococha - Yanacancha*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Fonseca, A. M. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá: Stella Valbuena de Fierro.
- García Hernández, F., Delgado Alamilla, H., & Campos Hernández, D. E. (2018). *Diseño de bases estabilizadas con asfalto espumado*. Instituto Mexicano de Transporte .
- Gonzales Remond, M. H. (2017). *Propuesta para la mejora de los pavimentos asfálticos utilizando el método del asfalto espumado*. Arequipa: Univesidad Católica de Santa María (UCSM).
- Jiménez Téllez, G. A. (2012). *Mejoramiento del asfalto 60/70 y la mezcla asfáltica MDC-2 con nanotubos de carbono obtenidos a partir de metan vía catalítica*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Mendez Gonzáles, G. R., Morán Gutiérrez, J. E., & Pineda Ramos, L. C. (2014). *Diseño de mezcla asfáltica tibia, mediante la metodología Marshall, utilizando asfalto espumado*. El Salvador: Universidad De El Salvador.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2014). *Manual de carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Manual de carreteras: Especificaciones generales técnicas para construcción*. Lima : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogota : Stella Valbuena de Fierro.

- Narro Vásquez, P. R., & Morales Gazco, E. A. (2018). *Contribucion de asfalto espumado en el aporte estructural de pavimentos en altura como solucion para el proyecto de conservacion vial de Tacna - Puno, tramo Capazo - Mazocruz*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Padilla Rodríguez, A. (2004). *Analisis a la resistencia a las deformaciones plasticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista*. España: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Provias Nacional. (2020). *Memoria anual 2019*. Ministerio de Transportes y comunicaciones.
- Provias Nacional. (2020). *Provias nacional ejecutó 264 kilómetros de carreteras nacionales este año*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- SINAC. (2023). *SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS*. LIMA: MTC.
- Tapia Garcia, M. A. (2011). *Pavimentos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Thenoux, G. (2002). *Tecnología del asfalto espumado y diseño de mezcla*. Chile.
- Ulloa Calderon, A., Múnera Miranda, J. C., & Ramírez Villalobos, W. (2018). *Diseño de materiales granulares estabilizados con asfalto espumado*. Costa Rica: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA).
- Valdez Alcorn, Á. W. (2019). *Asfalto Espumado*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- Wirtgen. (2004). *Manual de reciclado en frio* (2da Edición ed.). Alemania: Wirtgen GmbH.

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>Problema Principal</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable Independiente:</b>			
¿De qué manera la aplicación del asfalto espumado mejora el material de base granular?	Determinar la manera en la que la aplicación del asfalto espumado mejora el material de base granular.	La aplicación del asfalto espumado mejora la resistencia del material de base granular.			Razón de expansión	<b>Método de Investigación</b>
<b>Problemas Especifico</b>	<b>Objetivo específico</b>	<b>Hipótesis Especificas</b>	<b>Variable Dependiente:</b>			
<b>PE.1.</b> ¿Cómo interviene la calidad de la espuma asfáltica en la resistencia del material de base granular?	<b>OE.1.</b> Analizar la calidad de espuma asfáltica mediante los valores de razón de expansión y vida media.	<b>HE.1.</b> La espuma asfáltica cumple los parámetros mínimos de razón de expansión igual a 10 veces y vida media igual a 8 segundos.	Aplicación de Asfalto espumado		Vida media	<b>Tipo de Investigación</b>
<b>P.E.2.</b> ¿Cuál es la resistencia del material de base granular en su estado natural y con la aplicación del asfalto espumado?	<b>OE.2.</b> Determinar la resistencia del material de base granular en su estado natural y con la aplicación de asfalto espumado a través del ensayo CBR.	<b>HE.2.</b> La resistencia del material de base granular con la aplicación del asfalto espumado es mayor a la del material granular en su estado natural			Temperatura del asfalto	<b>Nivel de Investigación</b>
<b>P.E.3.</b> ¿En qué porcentaje mejora la resistencia del material de base granular con la aplicación de asfalto espumado?	<b>OE.3.</b> Estimar el porcentaje en que mejora la resistencia del material de base granular con la aplicación de asfalto espumado.	<b>HE.3.</b> El material de base granular con la aplicación de asfalto espumado mejora en un 10 % su resistencia.	Mejoramiento de base granular		Distribución Granulométrica	<b>Diseño de investigación</b>
<b>P.E.4.</b> ¿Cuál es la resistencia a la tracción indirecta del material de base granular estabilizado con asfalto espumado?	<b>OE.4.</b> Evaluar a través del ensayo de tracción indirecta (ITS) los distintos diseños de mezcla del material granular estabilizado con asfalto espumado.	<b>HE.4.</b> La resistencia a la tracción indirecta del material granular estabilizado con asfalto espumado en condición seca y húmeda es superior a 200 Kpa y 100 Kpa respectivamente.			Resistencia al desgaste	<b>Quasiexperimental</b>
					Índice de plasticidad	<b>Población</b>
					Capacidad de soporte california (CBR)	<b>Muestra</b>
					Índice a la tracción indirecta (ITS)	La muestra fue de tipo no probabilístico, por conveniencia. En ese sentido, nuestra muestra es el material granular procedente de la cantera Pumpunya.

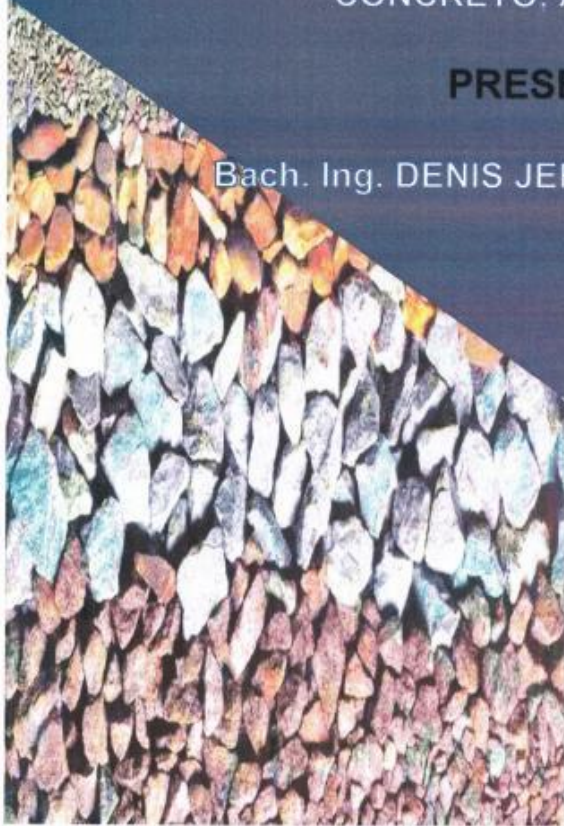
## **ANEXO N° 02: ENSAYOS**

2022

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**PRESENTADO POR:**

Bach. Ing. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA



**TESIS: “MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO  
ESPUMADO”**



**G E O T E S T V S.A.C.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA  
(Ref.a una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGTESTV02@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRAGARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEO TEST V@GMAIL.COM  
 CELULAR : 952525151 - 972031911-991375093 RUC : 30606529239



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	TESIS: "MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"	
Expediente N°	: EXP-11-GEO-TEST-V-2022	Calcata
Código de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra
Peticionario	: BACH. DEMS JEFFRY BUENIA MAYHUASCA	Clase de material
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma
Estructura	: BASE GRANULAR	Ensayado por
Fecha de recepción	: NOVIEMBRE 2021	Fecha de emisión
		: MUESTRA DE CANTERA CHUPURO
		: N-1
		: GRAVA CON FINOS
		: NTP
		: A.Y.G.
		: MARZO 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
NTP 339.128 (1999)-ASTM D 422-MTC E 107

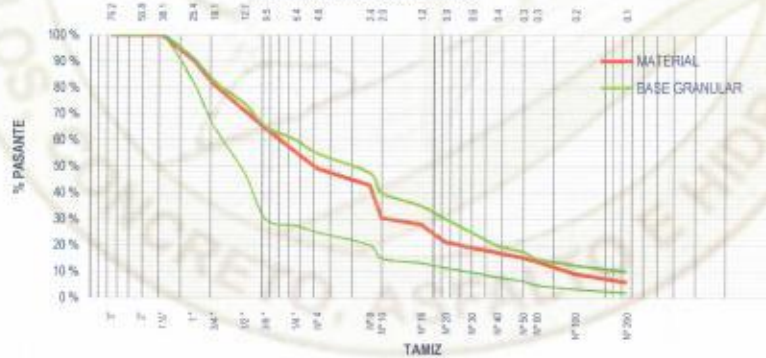
Hoja: 01 de 01

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (g)	RETENIDO ACUMULADO (g)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	752.00	9.17	9.17	90.83
3/4"	19.05	790.00	9.63	18.80	81.20
1/2"	12.70	806.27	9.83	28.63	71.37
3/8"	9.53	558.88	6.81	35.44	64.56
1/4"	6.35	734.79	8.96	44.40	55.60
N° 4	4.76	509.44	6.21	50.61	49.39
N° 8	2.36	520.00	6.34	56.95	43.05
N° 10	2.00	1025.89	12.51	69.45	30.55
N° 16	1.18	200.00	2.44	71.89	28.11
N° 20	0.85	551.13	6.72	78.61	21.39
N° 30	0.60	169.37	2.06	80.67	19.33
N° 40	0.43	155.23	1.89	82.56	17.44
N° 50	0.30	161.42	1.97	84.53	15.47
N° 60	0.25	120.00	1.46	85.99	14.01
N° 100	0.15	386.36	4.71	90.70	9.30
N° 200	0.075	262.98	3.21	93.91	6.09
FONDO		499.55	6.09	100.00	0.00
TOTAL		8203.31	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	50.61 %
ARENA	43.30 %
FINO	6.09 %
<b>TOTAL</b>	<b>100.00 %</b>

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	P-10
Masa de tara (g)	105.40 g
Masa de tara + suelo húmedo (g)	967.30 g
Masa de tara + suelo seco (g)	928.10 g
Masa de agua (g)	39.20 g
Masa del suelo seco (g)	822.70 g
Contenido de humedad %	4.76 %

CURVA GRANULOMÉTRICA



Simbolo y Nombre del grupo (SUCS)	= GW-GM	GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA
Clasificación AASHTO	= A-1-a (0)	

Luis Gamarrá Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 196167



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

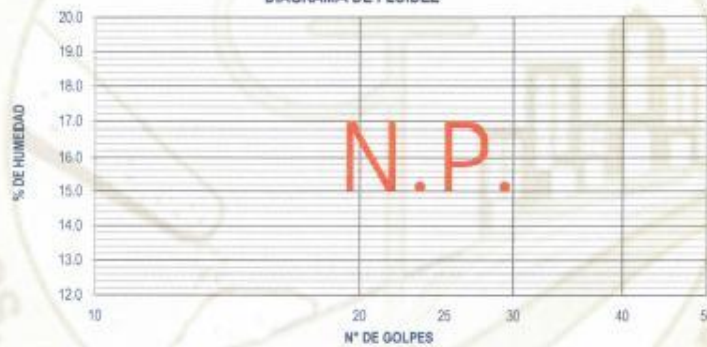
Proyecto	TESIS: "MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"	
Expediente N°	: EXP-11-GEO-TEST-V-2022	Calicata : MUESTRA DE CANTERA CHUPURO
Código de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra : M-1
Peticionario	: BACH, DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA	Clase de material : GRAVA CON FINOS
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma : NTP
Estructura	: BASE GRANULAR	Ensayado por : A.Y.G.
Fecha de recepción	: NOVIEMBRE 2021	Fecha de emisión : MARZO 2022

Hoja: 01 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
Nro. De cápsula	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo seco (g)	N.P.		N.P.	
Masa cápsula (g)				
Masa del agua (g)	N.P.		N.P.	
Masa del suelo seco (g)				
Contenido de humedad %	-	-	-	-
Nro. De golpes	-	-	I	II

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO
LL. : N.P.	LP. : N.P.	IP. : N.P.

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) Si presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, por lo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CR/ART.8. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198187

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : PAJ. GRAU N°211-CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM  
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. BDOTEST.V@GMAIL.COM  
FERROCARRIL CRUCE CON AV.LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20006529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 Cantera : CHUPURO  
Codigo de formato : AA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : M-01  
Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA Clase de material : GRANULAR  
Ubicación : HUANCAYO-JUNÍN Norma : NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131  
Estructura : BASE GRANULAR Ensayado por : A.Y.G  
Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021 Fecha de emisión : MARZO 2022  
Hoja : 01 de 01

ABRASIÓN LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS  
NTP 400.019-MTC E 207-ASTM C131

TAMIZ		GRADACIÓN			
Pasante	Retenido	A	B	C	D
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1255.00 g			
1"	3/4"	1250.00 g			
3/4"	1/2"	1250.00 g			
1/2"	3/8"	1250.00 g			
3/8"	1/4"				
1/4"	N° 4				
N° 4	N° 8				
N° de esferas		12			
Gradación		A			
Peso Inicial (g)		5005.0			
Número de revoluciones		500			
Peso Mat./Ret. en la N° 12 (g)		4101			
Peso Mat. pasa Malla N° 12 (g)		904			
Porcentaje Desgaste		18.06 %			

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6 -Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198181



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : PSJ. DRAU N° 211-CHILCA E-MAIL : LABTESTV@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.  
 FERROARRIL CRUCE CON AV. LEONDO PRADO) : 30806529229  
 CELULAR : 952025151 - 972031911-981375093 RUC : 30806529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"		
Expediente N°	: EXP-11-GEO-TEST-V-2022	Cantera	: CHUPURO
Código de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: M - 01
Peticionario	: BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA	Clase de material	: BASE GRANULAR
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma	: NTP 400.040-ASTM D 4791-MTC E-223
Estructura	: ---	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: NOVIEMBRE 2021	Fecha de emisión	: MARZO 2022
		Hoja	: 01 de 01

**PARTÍCULAS CHATAS O ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO  
NTP 400.040-ASTM D 4791-MTC E-223**

**PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS**

Tamaño Agregado		Peso Retenido de la Muestra	Gradación Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa Partículas Chatas	Partículas Chatas	Partículas Chatas corregidas	
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz							
3"	2 1/2"		0.00 %			-	-	
2 1/2"	2"		0.00 %			-	-	
2"	1 1/2"	703.38 g	11.83 %	0.00 g	0.00 g	-	-	
1 1/2"	1"	1861.19 g	31.29 %	542.87 g	0.00 g	0.00 %	0.00 %	
1"	3/4"	1474.55 g	24.79 %	372.77 g	0.00 g	0.00 %	0.00 %	
3/4"	1/2"	1316.25 g	22.13 %	286.13 g	0.00 g	0.00 %	0.00 %	
1/2"	3/8"	592.02 g	9.95 %	120.67 g	3.44 g	2.85 %	0.28 %	
TOTAL		5947.39 g	100.00 %	1322.44 g	3.44 g			
Porcentaje de partículas Chatas								<b>0.28 %</b>

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	5947,4 g
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	<b>0.3 %</b>

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Luis Gamarrá Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198187

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**



<b>DIRECCIÓN</b>	: P.BJ. GRAU N° 211 - CHILCA (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)	<b>E-MAIL</b>	: LABTESTV@GMAIL.COM GEO TEST V@GMAIL.COM
<b>CELULAR</b>	: 952525151 : 972831911-991375093	<b>FACEBOOK</b>	: GEO TEST V S.A.C
		<b>RUC</b>	: 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

<b>Proyecto</b>	<b>TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"</b>		
<b>Expediente N°</b>	: EXP-11-GEO-TEST-V-2022	<b>Calicata</b>	: MUESTRA DE LA CANTERA CHUPURO
<b>Código de formato</b>	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	<b>N° de muestra</b>	: M-1
<b>Peticionario</b>	: BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA	<b>Clase de material</b>	: GRANULAR
<b>Ubicación</b>	: HUANCAYO-JUNIN	<b>Norma</b>	: NTP
<b>Estructura</b>	: BASE GRANULAR	<b>Ensayado por</b>	: A.Y.G.
<b>Fecha de recepción</b>	: NOVIEMBRE 2021	<b>Fecha de emisión</b>	: MARZO 2022

Hoja : 01 de 01

**METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO  
NTP 339.146/ASTM D 2419-14/MTC E-114**

DETALLE	IDENTIFICACION		
	1	2	3
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4) (mm)	4.75	4.75	4.75
Hora de entrada a saturación	12:01	12:03	12:05
Hora de salida de saturación (mas 10')	12:11	12:13	12:15
Hora de entrada a decantación	12:13	12:15	12:17
Hora de salida de decantación (mas 20')	12:33	12:35	12:37
Altura máxima de material fino (pulg)	4.70	4.75	4.40
Altura máxima de la arena (pulg)	3.50	3.50	3.30
Equivalente de Arena (%)	74.47 %	73.68 %	75.00 %
Equivalente de Arena promedio	74.38 %		

**NOTAS:**

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-96-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



DIRECCIÓN : P.O. BOX N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABORATORIO@GEO-TEST.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. PEDROGARRIL CRUCE CON AV. LEONDO PRADO) FACEBOOK : GEO-TEST-V.S.A.C  
 CELULAR : 962626161 - 972621911-991375092 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO		
Expediente N°	: EXP-11-GEO-TEST-V-2022	Cantera	: CHUPURO
Código de formato	: SSA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: M - 01
Peticionario	: BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA	Clase de material	: GRAVA CON FINOS
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma	: NTP 339.152
Estructura	: BASE GRANULAR	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: NOVIEMBRE 2021	Fecha de emisión	: MARZO 2022
		Hoja	: 01 de 01

SALES SOLUBLES EN AGREGADOS  
NTP 339.152

FRACCION GRUESA

ENSAYO N°	1
Relación de mezcla de suelo-agua destilada	1 a 3
Masa del recipiente (g)	126.57
Masa del recipiente + residuos de sales (g)	126.54
Masa del residuo de sales (g)	0.070
Volumen de solución tomada (ml)	93.79
Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)	2239
Total de sales solubles, en %	0.22 %

FRACCION FINA

ENSAYO N°	1
Relación de mezcla de suelo-agua destilada	1 a 3
Masa del recipiente (g)	145.67
Masa del recipiente + residuos de sales (g)	145.71
Masa del residuo de sales (g)	0.040
Volumen de solución tomada (ml)	94.63
Total de sales solubles, en ppm (mg/kg)	1268
Total de sales solubles, en %	0.13 %

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-96-INDECOPI-CRT-ART.6. -Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

  
 Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 198161





DIRECCIÓN : P.A.J. GRAL N° 211 - CHILCA  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.  
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONIDO PRADO)  
 CELULAR : 952525151 - 922831911 - 991375093  
 E-MAIL : LABORTESTVQ2@GMAIL.COM  
 GEOTEST.V@GMAIL.COM  
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C  
 RUC : 20606520229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	TESIS: * MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO*	
Expediente N°	: EXP-47-GEO-TEST-V-2021	Cantera : CHUPURO
Codigo de formato	: AA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra : M - 01
Peticionario	: BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA	Clase de material : BASE GRANULAR
Ubicación	: HUANCAYO-JUNI	Norma : ASTM D 5821-MTC E-210
Estructura	: ---	Ensayado por : A.Y.G
Fecha de recepción	: NOVIEMBRE 2021	Fecha de emisión : MARZO 2022
		Hoja : 01 de 01

MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL  
 AGREGADO GRUESO  
 ASTM D 5821-MTC E-210

PARTÍCULA DE UNA SOLA CARA FRACTURADA

Tamaño Agregado		Gradacion Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa del material con 1 cara fracturada	% de caras fracturadas	Promedio de caras fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz					
3"	2 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2 1/2"	2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1 1/2"	1"	2.71 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1"	3/4"	19.14 %	1500.00 g	11.60 g	0.77 %	14.80 %
3/4"	1/2"	71.44 %	1200.00 g	11.00 g	0.92 %	65.49 %
1/2"	3/8"	6.71 %	300.00 g	3.00 g	1.00 %	6.71 %
TOTAL		100.00 %	3000.00 g	25.60 g	2.69 %	87.00 %
Porcentaje de partículas Chatas						0.87 %

PARTÍCULA MÁS DE UNA CARA FRACTURADA

Tamaño Agregado		Gradacion Original	Peso de la Fracción de Ensayo	Masa del material más de una cara fracturada	% de caras fracturadas	Promedio de caras fracturadas
Pasa Tamiz	Retiene Tamiz					
3"	2 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2 1/2"	2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
2"	1 1/2"	0.00 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1 1/2"	1"	2.71 %	0.00 g	0.00 g	-	-
1"	3/4"	19.14 %	1500.00 g	1245.60 g	83.04 %	1589.39 %
3/4"	1/2"	71.44 %	1200.00 g	1091.00 g	90.92 %	6495.09 %
1/2"	3/8"	6.71 %	300.00 g	285.40 g	95.13 %	638.34 %
TOTAL		100.00 %	3000.00 g	2622.00 g	269.09 %	8722.82 %
Porcentaje de partículas Alargadas						87.23 %

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	3000.0 g
PARTÍCULAS FRACTURADAS	88.1 %

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



DIRECCIÓN : PSA. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEO01@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PIZO AV. BEBILGT.V@GMAIL.COM  
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C  
 CELULAR : 95525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 Canteras : CHUPURO  
 Código de formato : DSSM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : M - 01  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA Clase de material : BASE GRANULAR  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : NTP 400.016/ASTM C88/MTC E-209  
 Estructura : Juss Ensayado por : A.Y.G  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021 Fecha de emisión : MARZO 2022  
 Hoja : 01 de 01

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO  
NTP 400.016/ASTM C88/MTC E-209

DURABILIDAD DE LA FRACCION GRUESA

Tamaño de mallas		Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas
Pasa	Retiene						
2 1/2"	2"	2 1/2" a 1 1/2"	0.00 %				
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"	1 1/2" a 3/4"	26.20 %	1450.0 g	1301.5 g	10.80 %	2.83 %
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	3/4" a 3/8"	15.68 %	970.8 g	959.7 g	1.14 %	0.18 %
1/2"	3/8"						
3/8"	N°4		58.12 %				
TOTALES			100.00 %	2429.8 g	2261.2 g		3.01 %

DURABILIDAD DE LA FRACCION FINA

Tamaño de mallas		Graduación de la muestra original (%)	Peso de fracciones antes del ensayo (g)	Peso de fracciones después del ensayo (g)	% que pasa la malla designada después del ensayo	% de pérdidas corregidas	
Pasa	Retiene						
3/8"	N° 4	35.07 %					
N° 4	N° 8	18.34 %	100.00 g	95.10 g	4.90 %	0.90 %	
N° 8	N° 16	11.02 %	100.00 g	94.60 g	5.40 %	0.80 %	
N° 16	N° 30	11.02 %	100.00 g	91.80 g	8.20 %	0.90 %	
N° 30	N° 50	8.56 %	100.00 g	90.90 g	9.10 %	0.78 %	
N° 50	N° 100	4.82 %	100.00 g	90.60 g	9.40 %	0.45 %	
Menos que N°100		11.17 %					
TOTALES			100.00 %	500.00 g	463.00 g		3.63 %

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198163





DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILCA  
 FIN : IREY, A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO  
 AV. FERDINAND BRUZE Y AV. LEONIDO PRADDI  
 SELMA : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM  
 GEO TEST V@GMAIL.COM  
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
 RUC : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : VARIOS  
 Código de formato : DM-MF-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11  
 Fecha de recepción : Nov-21  
 Cantara : CHUPURO  
 N° de muestra : M1  
 Clase de material : BASE GRANULAR  
 Norma : NTP 400.021 NTP 400.022  
 Ensayado por : A.Y.G  
 Fecha de emisión : Mar-22

**PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS**  
**AGREGADO GRUESO**

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN FINO - NTP 400.021**

Peso específico de Masa: 2.78 g/cm<sup>3</sup>  
 Peso específico SSS: 2.79 g/cm<sup>3</sup>  
 Peso específico aparente: 2.82 g/cm<sup>3</sup>  
 Absorción: 0.52 %

ITEM	P-1	P-1
Peso de Tara (g)	0	
Peso de Fiola (g)	137.80	
Peso del agregado en estado SSS (g)	500.00	
Peso de Fiola + Arena + Agua (g)	958.80	
Peso del agregado seco (g)	497.40	
Volumen de fiola (cm <sup>3</sup> )	500.00	
Peso Especifico de Masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.78	
Peso Especifico SSS (g/cm <sup>3</sup> )	2.79	
Peso Especifico Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.82	
Absorción (%)	0.52	

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN GRUESO - NTP 400.021**

Peso específico de masa: 1.69 g/cm<sup>3</sup>  
 Peso específico SSS: 1.71 g/cm<sup>3</sup>  
 Peso específico aparente: 1.73 g/cm<sup>3</sup>  
 Absorción: 1.36 %

ITEM	P-1	P-2	P-3
Peso de agregado estado SSS (gr)	4590.4		
Peso de agregado sumergido (gr)	1903.3		
Peso de agregado seco (gr)	4519.1		
Peso Especifico de Masa (g/cm <sup>3</sup> )	1.69		
Peso Especifico SSS (g/cm <sup>3</sup> )	1.71		
Peso Especifico Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.73		
Absorción (%)	1.36		

\* Los datos proporcionados por el peticionario son las referidas en la parte superior de este informe  
 \* El presente documento no debiera reproducirse sin autorización escrita del laboratorio, siendo su reproducción en su totalidad  
 \* Los resultados realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de mecanica de suelos, concreto, asfalto  
 \* Los ensayos fueron realizados respetando las Normas Técnicas Peruanas referenciadas anteriormente

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA  
(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : [labgeotesty02@gmail.com](mailto:labgeotesty02@gmail.com)  
[geotest.v@gmail.com](mailto:geotest.v@gmail.com)

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

# Proctor Modificado - Patrón

Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles.



DIRECCIÓN : JR. GRAL N° 211 CHILCA E-MAIL : LABTESTV202@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRODARRIL DRUZE 50M AV. LEONIDAS PRADO) SEDTEST.V@GMAIL.COM  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C RUC : 20506529239

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACION DE ASFALTO ESPUMADO"  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 Carera : CHUPURO  
 Código de formato : PM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : M-1  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA Clase de material : CONVENCIONAL  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Estructura : BASE GRANULAR Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021 Fecha de emisión : MARZO 2022

PROCTOR MODIFICADO  
NTP 339.141-ASTM D 1557-MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capes	5	5	5	5
N° Golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11,635.0	11,910.0	11,931.0	11,816.0
Peso molde (gr.)	6,676.0	6,676.0	6,676.0	6,676.0
Peso suelo compactado (gr.)	4,959.0	5,234.0	5,255.0	5,140.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,132.5	2,132.5	2,132.5	2,132.5
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.325	2.454	2.464	2.410

HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	486.1	600.6	705.3	490.0
Tara + suelo seco (gr.)	469.8	574.9	669.6	455.2
Peso de agua (gr.)	16.3	25.7	35.7	34.8
Peso de tara (gr.)	47.1	72.3	87.5	44.6
Peso de suelo seco (gr.)	422.7	502.6	582.1	410.6
Humedad (%)	3.9	5.1	6.1	8.5
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.239	2.335	2.322	2.222

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	4"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	6,676.0
VOLUMEN (CM3)	2,132.5

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.337
Óptimo Contenido de Humedad (%):	5.4

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm <sup>3</sup> ):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N° 002-98-INDECOPI-CRT-ART 8.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Ref: a una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : [labgeotestv02@gmail.com](mailto:labgeotestv02@gmail.com)

[geotest.v@gmail.com](mailto:geotest.v@gmail.com)

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles



DIRECCION : J.A. GRAU N°211 CHILDA E-MAIL : LABTESTV@GMAIL.COM  
 REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROVARRIL BRUCE CON AV. LEONCIO PRADO WEBTESTV@GMAIL.COM  
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 Cantera : CHUPURO  
 Código de formato : CBR-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : M-1  
 Peticionario : BACH, DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA Clase de material : CONVENCIONAL  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Estructura : BASE GRANULAR Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021 Fecha de emisión : MARZO 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12765.0	12780.0	12529.0	12566.0	12332.0	12455.0
Peso de molde (g)	7574.0	7574.0	7550.0	7550.0	7591.0	7591.0
Peso del suelo húmedo (g)	5191.0	5206.0	4979.0	5045.0	4741.0	4864.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0	2125.0	2121.4	2121.4	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.443	2.450	2.347	2.378	2.231	2.289
Tara (N°)	..	..	..	..	..	..
Peso suelo húmedo + tara (g)	552.2	115.2	472.2	147.2	545.2	133.6
Peso suelo seco + tara (g)	532.2	111.2	454.2	140.4	523.0	126.4
Peso de tara (g)	87.5	11.7	47.2	16.8	85.1	17.9
Peso de agua (g)	20.0	4.0	18.0	6.8	22.2	7.2
Peso de suelo seco (g)	444.7	99.5	407.0	123.6	437.9	108.5
Contenido de humedad (%)	4.50	4.00	4.42	5.52	5.07	6.55
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.338	2.356	2.248	2.254	2.123	2.146

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1		EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2		EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
NO EXPANSIVO														

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.050	7.62			0.021	3.97			0.029	4.95		
0.050		0.089	9.82			0.072	10.21			0.051	7.64		
0.075		0.148	19.48			0.162	21.12			0.074	10.45		
0.100	70.31	0.451	56.10	55.9	79.5	0.275	34.83	37.1	52.8	0.099	13.50	12.7	18.1
0.150		0.917	111.36			0.494	61.25			0.150	19.72		
0.200	105.46	1.177	141.68	128.6	121.9	0.668	81.94	77.0	73.1	0.145	18.07	22.5	21.3
0.250		1.295	155.34			0.795	97.03			0.204	26.28		
0.300		1.556	185.19			0.912	110.80			0.261	33.24		
0.400		2.109	247.06			1.054	128.51			0.361	45.24		
0.500		2.231	260.532			1.241	148.088			0.475	59.016		

Luis Gamarrá Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198181

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. BRAU N°21 | CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM  
 REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. BOSTEST.V@GMAIL.COM  
 FERRODARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO | FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C.  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991295299 RUC : 30406529229



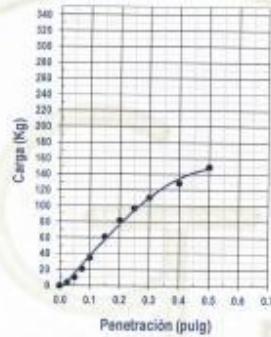
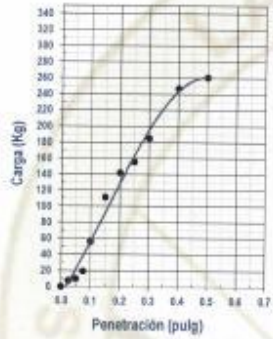
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 Cantera : CHUPURO  
 Código de formato : CBR-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : M-1  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA Clase de material : CONVENCIONAL  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Estructura : BASE GRANULAR Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021 Fecha de emisión : MARZO 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

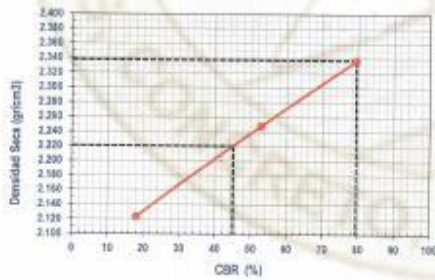
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	79.5 %
CBR (0.2")	121.9 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.338

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	52.8 %
CBR (0.2")	73.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.248

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	18.1 %
CBR (0.2")	21.3 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.123



Método de compactación : ASTM D1557  
 Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.337  
 Óptimo contenido de humedad (%) : 5.4  
 95% máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.221

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 79.4 0.2" 121.7  
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 45.0 0.2" 60.6

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 79.4 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 45.0 (%)

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-96-INDECOPI-CRT-ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Luis Gamarra Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA  
(Refa una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : [labgeotestv02@gmail.com](mailto:labgeotestv02@gmail.com)  
[geotest.v@gmail.com](mailto:geotest.v@gmail.com)

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



*CBR con adición  
de 2.5% de  $\Phi$ en 85/100*

Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. BRAD N° 2111-CHILCA  
 E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM  
 INSP. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AN.  
 FERROGARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO  
 SECTEST\_V@GMAIL.COM  
 CELULAR : 952629151 - 972631911 - 991375093  
 FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C  
 RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: \* MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO\*  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022  
 Código de formato : CBR-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : BASE GRANULAR  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021  
 Cantera : CHUPURO  
 N° de muestra : M-1  
 Clase de material : ADICION DE UN 2.5% DE PEN 85/100  
 Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : MARZO 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 NTP 399.145-ASTM D 1683-MTC E 132-AASHTO T-193

Página 01 de 02

COMPACTACION

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12549.0	12632.0	11757.0	11864.0	11772.0	11903.0
Peso de molde (g)	7542.0	7542.0	6967.0	6967.0	7031.0	7031.0
Peso del suelo húmedo (g)	5260.0	5090.0	4650.0	4877.0	4700.0	4872.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2121.4	2121.4	2130.5	2130.5	2130.5	2130.5
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.480	2.399	2.278	2.289	2.206	2.287
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	473.6	500.9	601.0	496.9	626.9	585.9
Peso suelo seco + tara (g)	450.3	475.4	572.1	452.8	599.7	553.9
Peso de tara (g)	66.8	66.8	66.5	66.5	70.9	70.9
Peso de agua (g)	23.3	25.5	28.9	34.1	28.2	32.0
Peso de suelo seco (g)	381.5	406.6	483.6	364.3	527.8	483.0
Contenido de humedad (%)	6.11	6.27	5.98	9.36	5.34	6.63
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337	2.258	2.148	2.093	2.094	2.145

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1		EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2		EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
<b>NO EXPANSIVO</b>														

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.107	14.52			0.096	8.21			0.069	9.35		
0.050		0.253	32.27			0.144	18.99			0.145	19.11		
0.075		0.405	50.53			0.250	31.86			0.234	29.86		
0.100	70.31	0.581	71.61	65.2	92.7	0.431	53.74	51.8	73.7	0.399	49.89	44.3	63.0
0.150		0.768	93.83			0.670	82.24			0.452	56.22		
0.200	105.46	0.839	102.25	110.0	104.3	0.737	90.14	82.7	78.4	0.677	83.03	70.8	67.1
0.250		1.045	126.35			0.885	81.84			0.587	72.36		
0.300		1.170	140.88			0.771	94.14			0.658	80.81		
0.400		1.390	166.22			0.949	115.14			0.778	95.03		
0.600		1.583	188.25			1.111	134.03			0.864	106.10		

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161





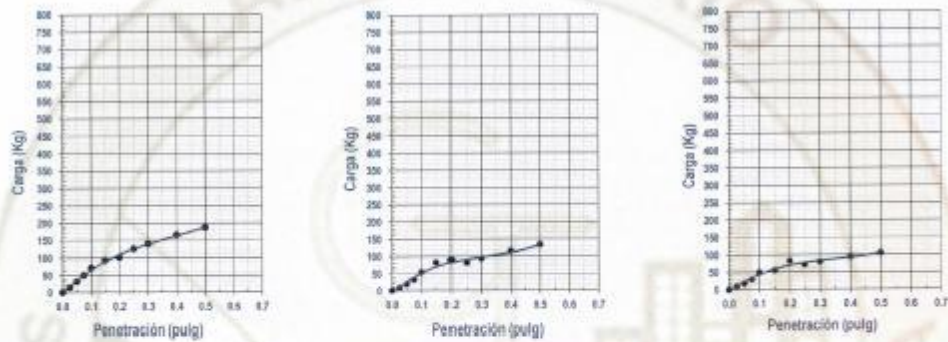
DIRECCIÓN : JH. ORAU N° 911 - CHILCA E-MAIL : LABGCTESTV03@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA GUARDA FRENTE AL PARQUE PUEO AV. FERROCARRIL BRUCE CON AV. LEONARDO PRADO) WEBSITE : GEO-TEST-V.COM  
 CELULAR : 982525151 - 972531911 - 991379099 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C. RUC : 20606929289

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

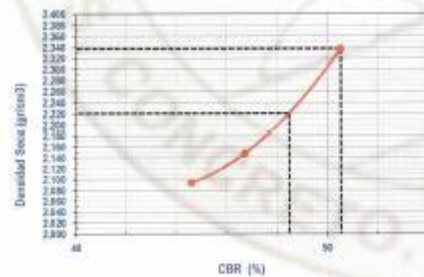
Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACION DE ASFALTO ESPUMADO"  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 Cantera : CHUPURO  
 Codigo de formato : CBR-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : M-1  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA Clase de material : ADICION DE UN 2.5% DE PEN 85/100  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Estructura : BASE GRANULAR Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021 Fecha de emisión : MARZO 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

Hoja : 02 de 02



MOLDE Nº1		MOLDE Nº2		MOLDE Nº3	
CBR (0.1")	92.7 %	CBR (0.1")	73.7 %	CBR (0.1")	63.0 %
CBR (0.2")	104.3 %	CBR (0.2")	78.4 %	CBR (0.2")	67.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.148	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.094



Método de compactación : ASTM D1557  
 Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.337  
 Óptimo contenido de humedad (%) : 5.4  
 95% máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.221  
 C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 92.8 0.2" 104.4  
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 82.5 0.2" 89.5

RESULTADOS:  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 92.8 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 82.5 (%)

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOP-CR7-ART.8.- Los resultados de los ensayos no deberá ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarran Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA  
(Ref.a una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : [labgeotestv02@gmail.com](mailto:labgeotestv02@gmail.com)  
[geotestv@gmail.com](mailto:geotestv@gmail.com)

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



*CBR con adición  
de 3% de Pen 85/100*

Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**Proyecto** : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACION DE ASFALTO ESPUMADO"  
**Expediente N°** : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 **Cantera** : CHUPURO  
**Codigo de formato** : CBR-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : M-1  
**Peticionario** : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA **Clase de material** : ADICION DE UN 3% DE PEN ES/100  
**Ubicación** : HUANCAYO-JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC  
**Estructura** : BASE GRANULAR **Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de recepción** : NOVIEMBRE 2021 **Fecha de emisión** : MARZO 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

Hoja :01 de 02

**COMPACTACION**

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	56		25		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO		NO SATURADO		NO SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11916.0	11985.0	11823.0	11890.0	11973.0	12106.0
Peso de molde (g)	6936.0	6936.0	7010.0	7010.0	7250.0	7202.0
Peso del suelo húmedo (g)	5270.0	5049.0	4800.0	4880.0	4681.0	4616.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.5	2130.5	2130.5	2130.5	2130.5	2130.5
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.474	2.370	2.350	2.291	2.197	2.261
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	551.8	632.4	496.6	730.0	461.0	383.3
Peso suelo seco + tara (g)	527.2	905.6	476.9	709.2	439.6	351.2
Peso de tara (g)	105.6	105.6	136.4	136.4	48.3	48.3
Peso de agua (g)	24.6	26.8	19.7	20.6	21.4	22.1
Peso de suelo seco (g)	421.6	900.0	340.5	572.8	391.3	312.9
Contenido de humedad (%)	5.83	5.36	5.79	3.63	5.47	7.06
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337	2.249	2.174	2.210	2.083	2.111

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DAL MOLDE N°1		EXPANSION		LECTURA DEL DAL MOLDE N°2		EXPANSION		LECTURA DEL DAL MOLDE N°3		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
<b>NO EXPANSIVO</b>														

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.217	27.86			0.076	10.57			0.060	8.74		
0.050		0.361	45.26			0.199	26.62			0.145	19.11		
0.075		0.553	68.31			0.300	37.91			0.201	25.86		
0.100	70.31	0.774	94.55	67.1	123.9	0.524	64.84	61.9	88.0	0.345	43.31	41.2	58.6
0.150		0.932	113.09			0.745	91.17			0.500	61.97		
0.200	105.46	1.062	128.33	125.6	119.1	0.899	108.24	96.9	91.9	0.669	82.11	67.3	63.6
0.250		1.026	124.15			0.789	96.27			0.523	64.66		
0.300		1.154	139.06			0.869	106.69			0.582	71.77		
0.400		1.326	158.69			1.007	121.86			0.947	114.86		
0.500		1.587	188.62			1.098	132.46			1.046	126.39		

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161



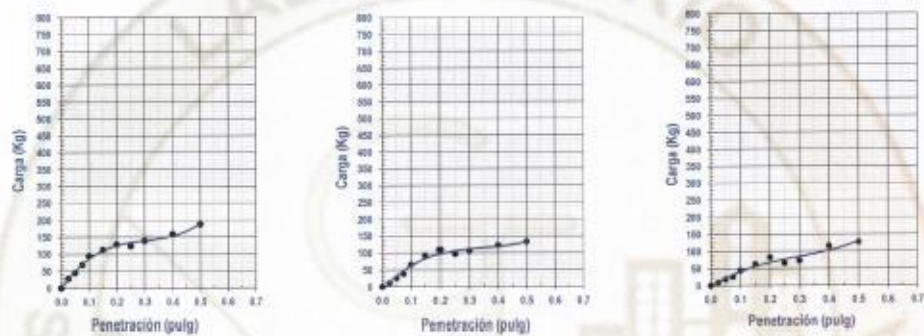


**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

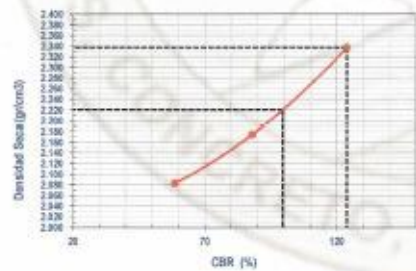
**Proyecto** : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
**Expediente N°** : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 **Cartera** : CHUPURO  
**Código de formato** : CBR-EX-01/ REV 01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : M-1  
**Peticionario** : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA **Clase de material** : ADICION DE UN 3% DE PEN 85/100  
**Ubicación** : HUANCAYO-JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC  
**Estructura** : BASE GRANULAR **Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de recepción** : NOVIEMBRE 2021 **Fecha de emisión** : MARZO 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1		MOLDE N°2		MOLDE N°3	
CBR (0.1")	123.9 %	CBR (0.1")	88.0 %	CBR (0.1")	58.6 %
CBR (0.2")	119.1 %	CBR (0.2")	91.8 %	CBR (0.2")	63.8 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.174	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.083



Metodo de compactación : ASTM D1557  
 Maxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.337  
 Optimo contenido de humedad (%) : 5.4  
 95% máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.221

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 123.9 0.2" 119.1  
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 99.6 0.2" 101.8

**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 119.1 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 99.6 (%)

**NOTAS:**

- Muestras e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-08-INDECOPI-CRT ART. 8.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA  
(ReFa una cuadra frente al parque Pizo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : [labgeotestv09@gmail.com](mailto:labgeotestv09@gmail.com)  
[geotest.v@gmail.com](mailto:geotest.v@gmail.com)

FACEBOOK: Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



*CBR con adición  
de 3.5% de Pen 85/100*

Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUEB AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) RECIBO TEST.V@GMAIL.COM  
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C.  
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991275093 RUC : 20604529224



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

**Proyecto** : TESS: "MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACION DE ASFALTO ESPUMADO"  
**Expediente N°** : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 **Carriera** : CHUPURO  
**Codigo de formato** : CBR-EX-01 REV 01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : B-1  
**Peticionario** : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA **Clase de material** : ADICION DE UN 3.5% DE PEN 85/100  
**Ubicación** : HUANCAYO-JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC  
**Estructura** : BASE GRANULAR **Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de recepción** : NOVIEMBRE 2021 **Fecha de emisión** : MARZO 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

Hoja : 91 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12155.0	12200.0	11973.0	12064.0	12348.0	12494.0
Peso de molde (g)	7147.0	7147.0	7183.0	7183.0	7621.0	7621.0
Peso del suelo húmedo (g)	5235.0	5253.0	5120.0	5180.0	4950.0	4973.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.5	2130.5	2130.5	2130.5	2121.4	2121.4
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.437	2.466	2.403	2.431	2.310	2.297
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	424.0	770.3	566.3	836.9	836.0	809.1
Peso suelo seco + tara (g)	409.2	755.3	540.2	811.7	812.4	791.3
Peso de tara (g)	120.9	120.9	138.1	138.1	136.0	136.0
Peso de agua (g)	34.8	15.0	26.1	25.2	26.6	17.8
Peso de suelo seco (g)	289.3	634.4	402.1	673.6	475.4	655.3
Contenido de humedad (%)	5.13	2.36	6.49	3.74	5.58	2.72
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337	2.409	2.257	2.344	2.188	2.236

EXPANSION											
FECHA	HORA	TEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.146	19.27			0.169	22.07			0.061	8.90		
0.050		0.327	41.19			0.285	36.14			0.141	18.56		
0.075		0.511	63.25			0.388	48.53			0.210	25.95		
0.100	70.31	0.731	89.48	78.2	111.3	0.555	68.59	67.8	96.4	0.399	49.88	40.8	58.1
0.150		0.845	102.68			0.752	91.90			0.443	55.12		
0.200	106.46	1.067	128.69	133.0	126.1	0.891	108.31	104.5	99.1	0.483	69.98	61.3	58.1
0.250		1.286	161.97			0.950	116.26			0.531	65.63		
0.300		1.404	167.62			0.965	116.97			0.533	65.92		
0.400		1.630	193.55			1.110	133.92			0.620	75.29		
0.500		1.857	195.60			1.239	148.52			0.705	85.39		

**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198181



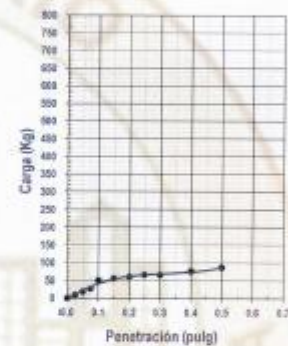
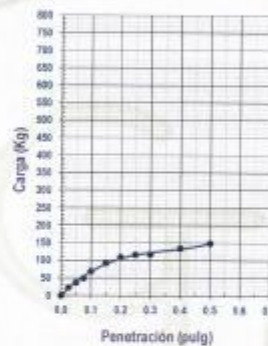
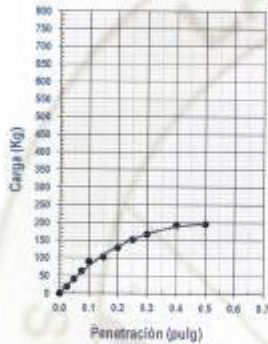


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACION DE ASFALTO ESPUMADO"  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 Cantera : CHUPURO  
 Codigo de formato : CBR-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : M-1  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENIA MAYHUASCA Clase de material : ADICION DE UN 3.5% DE PEN 85/100  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Estructura : BASE GRANULAR Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021 Fecha de emisión : MARZO 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)  
NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

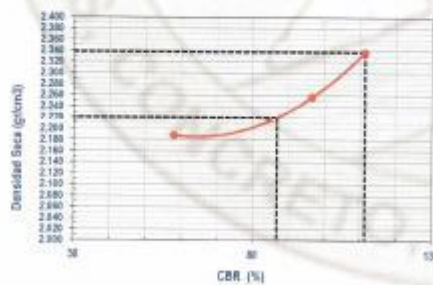
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	111.3 %
CBR (0.2")	126.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	96.4 %
CBR (0.2")	99.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.257

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	58.1 %
CBR (0.2")	58.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.188



Método de compactación : ASTM D1557  
 Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.337  
 Óptimo contenido de humedad (%) : 5.4  
 95% máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.221

C.B.R. al 99% de M.D.S. (%) 0.1" 111.3 0.2" 126.1  
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 86.8 0.2" 82.3

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 111.3 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 82.3 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-ORT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 199161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Rela una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : [labgeotestv02@gmail.com](mailto:labgeotestv02@gmail.com)

[geotest.v@gmail.com](mailto:geotest.v@gmail.com)

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



*CBR con adición  
de 2.5% de Pen  
150/120*

Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. ORALU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABORTESTV@GMAIL.COM  
 REJA UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL BRUCE CON AV. LEONCIO PRADO GEO TEST V. SAC@GMAIL.COM  
 DELULAR : 98225151 - 972221911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C. RUC : 20628529229



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

**Proyecto** : TESIS: "MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
**Expediente N°** : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 **Cantera** : CHUPURO  
**Código de formato** : CBR-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : M-1  
**Peticionario** : BACH. DENIS JEFFRY SUIENDIA MAYHUASCA **Clase de material** : ADICION DE UN 2.5% DE PEN 120/150  
**Ubicación** : HUANCAYO-JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC  
**Estructura** : BASE GRANULAR **Ensayado por** : A.Y.G.  
**Fecha de recepción** : NOVIEMBRE 2021 **Fecha de emisión** : MARZO 2022

**ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**

NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

Hoja : 01 de 02

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capos N°	36		25		12	
Golpes por capo N°	36		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12763.0	12785.0	12529.0	12566.0	12332.0	12455.0
Peso de molde (g)	7574.0	7574.0	7550.0	7560.0	7591.0	7591.0
Peso del suelo húmedo (g)	5189.0	5211.0	4979.0	5046.0	4741.0	4864.0
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0	2125.0	2121.4	2121.4	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.442	2.452	2.347	2.378	2.231	2.289
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	552.2	435.5	472.2	422.0	545.2	437.5
Peso suelo seco + tara (g)	532.2	396.7	454.2	384.4	523.0	383.1
Peso de tara (g)	87.5	46.2	47.2	46.5	85.1	46.5
Peso de agua (g)	20.0	38.8	18.0	37.6	22.2	54.4
Peso de suelo seco (g)	444.7	444.7	407.0	337.9	437.9	444.7
Contenido de humedad (%)	4.50	8.72	4.42	11.13	5.07	12.23
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337	2.255	2.248	2.140	2.123	2.038

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.058	8.50			0.090	5.07			0.026	4.48		
0.050		0.236	30.17			0.090	11.18			0.051	7.64		
0.075		0.202	26.02			0.179	23.30			0.098	13.38		
0.100	70.31	0.520	64.36	67.8	96.5	0.405	50.57	59.4	84.5	0.210	27.01	39.7	56.5
0.150		1.200	144.35			0.650	80.89			0.462	57.42		
0.200	105.46	1.450	173.08	181.3	171.9	1.100	132.76	112.7	106.9	0.880	107.04	86.5	81.1
0.250		1.987	233.59			1.500	188.19			0.970	117.80		
0.300		2.800	322.01			1.437	171.54			1.230	147.82		
0.400		3.600	405.29			1.632	193.78			1.420	169.66		
0.500		4.300	475.12			3.100	353.67			2.800	300.61		

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

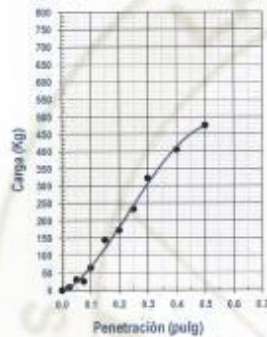


**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

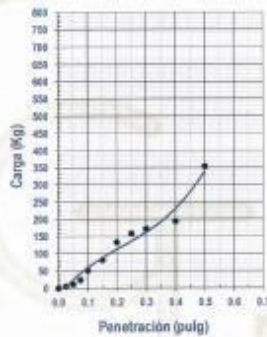
**Proyecto** : TESIS: "MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
**Expediente N°** : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 **Carrera** : CHUPURO  
**Código de formato** : CBR-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : M-1  
**Peticionario** : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA **Clase de material** : ADICION DE UN 2.5% DE PEN 126H50  
**Ubicación** : HUANCAYO-JUNIN **Norma** : NTP-ASTM-MTC  
**Estructura** : BASE GRANULAR **Ensayo por** : A.Y.G.  
**Fecha de recepción** : NOVIEMBRE 2021 **Fecha de emisión** : MARZO 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

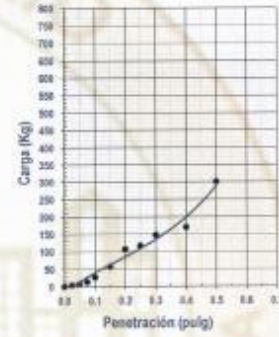
Hoja : 02 de 02



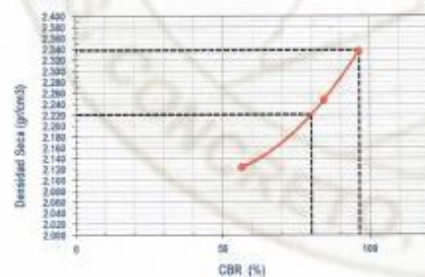
MOLDE N°1	
CBR (0.1")	96.5 %
CBR (0.2")	171.9 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337



MOLDE N°2	
CBR (0.1")	84.5 %
CBR (0.2")	106.9 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.248



MOLDE N°3	
CBR (0.1")	96.5 %
CBR (0.2")	81.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.123



Método de compactación : ASTM D1557  
 Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.337  
 Óptimo contenido de humedad (%) : 5.4  
 95% máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.221  
 C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 96.5 0.2" 143.5  
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 80.1 0.2" 100.3

**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 96.5 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 80.1 (%)

- NOTAS:**
- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
  - 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que lo reproduzca sea en su totalidad.
  - 3) Resolución N°002-86-INDECOPI-CRT-ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**Luis Gamarra Espinoza**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 196187

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Ref.a una cuadra frente al parque Puzo  
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : [labgeotestv02@gmail.com](mailto:labgeotestv02@gmail.com)

[geotest.v@gmail.com](mailto:geotest.v@gmail.com)

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



*CBR con adición  
de 3% de Pen 150/120*

Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : J.F. ORAZU N°211 CHILDA E-MAIL : LABORTESTV2@GMAIL.COM  
 (REP. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONIDAS PRADO) WEBTEST.V2@GMAIL.COM  
 CELULAR : 992925151 - 972821911 - 991375093 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C  
 RUC : 20806529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022  
 Código de formato : CBR-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : BASE GRANULAR  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021  
 Cantera : CHUPURO  
 N° de muestra : M-1  
 Clase de material : ADICION DE UN 3% DE PEN 120/150  
 Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : MARZO 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)  
NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION							
Molde N°	1		2		3		
Capas N°	5		5		5		
Golpes por capa N°	56		25		12		
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12111.0	12119.0	12230.0	12254.0	11839.0	11909.0	
Peso de molde (g)	6936.0	6936.0	7183.0	7183.0	6987.0	6987.0	
Peso del suelo húmedo (g)	5260.0	5183.0	5150.0	5071.0	4852.0	4922.0	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.5	2130.5	2130.5	2130.5	2130.5	2130.5	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.469	2.433	2.417	2.380	2.277	2.310	
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--	
Peso suelo húmedo + tara (g)	548.9	573.2	686.2	650.2	557.8	437.2	
Peso suelo seco + tara (g)	526.8	545.9	653.8	619.9	537.9	431.4	
Peso de tara (g)	134.5	134.5	132.8	132.8	143.0	143.0	
Peso de agua (g)	22.1	27.3	31.4	30.3	19.9	5.8	
Peso de suelo seco (g)	362.3	411.4	521.0	487.1	394.9	288.4	
Contenido de humedad (%)	5.63	6.64	6.03	6.22	5.04	2.01	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337	2.281	2.280	2.241	2.168	2.265	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000	0.000	0.00	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.133	17.69			0.091	12.50			0.055	8.07		
0.050		0.327	41.16			0.273	34.82			0.151	19.84		
0.075		0.510	63.17			0.463	57.66			0.240	30.59		
0.100	70.31	0.732	89.60	83.1	118.2	0.600	73.91	75.7	107.7	0.332	41.78	42.4	60.4
0.150		0.964	116.88			0.875	106.43			0.483	59.88		
0.200	105.46	1.090	131.59	136.0	128.9	0.900	109.39	112.4	106.5	0.593	73.08	73.8	60.9
0.250		1.256	151.97			0.968	117.36			0.683	84.91		
0.300		1.405	167.90			1.000	121.10			0.770	94.08		
0.400		1.897	189.77			1.200	144.36			0.935	113.50		
0.500		1.800	212.71			1.345	161.00			1.038	125.54		

Luis Gamarrá Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
CIP 198161



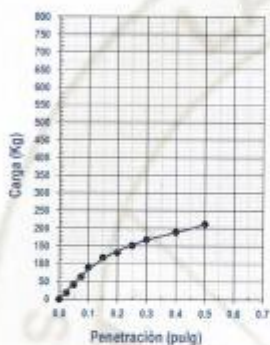
DIRECCIÓN : JK. GRAU N°211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEDNIO PRADO) GEOTEST.V2@GMAIL.COM  
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.S. RUC : 20005529229  
 CELULAR : 95222151 - 972831911 - 981376093

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS : " MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"  
 Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022 Centros : CHUPURO  
 Código de formato : CBR-EX-01 REV. 01/FECHA 2021-02-11 N° de muestra : M-1  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA Clase de material : ADICION DE UN 3% DE PEN 120/150  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Estructura : BASE GRANULAR Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021 Fecha de emisión : MARZO 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

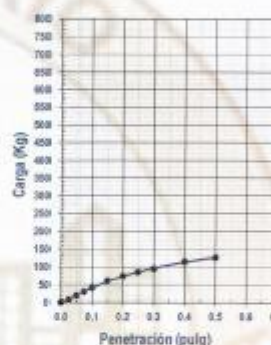
Hoja : 02 de 02



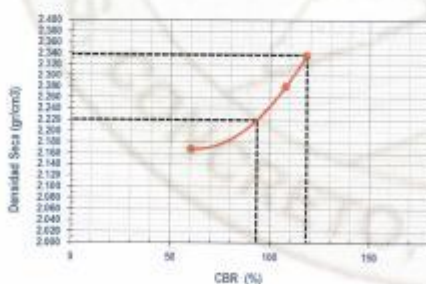
MOLDE Nº1	
CBR (0.1")	118.2 %
CBR (0.2")	128.9 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.337



MOLDE Nº2	
CBR (0.1")	107.7 %
CBR (0.2")	105.5 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.280



MOLDE Nº3	
CBR (0.1")	60.4 %
CBR (0.2")	69.9 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.168



Método de compactación : ASTM D1557  
 Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.337  
 Óptimo contenido de humedad (%) : 5.4  
 95% máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.221

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	118.2	0.2"	129.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	93.3	0.2"	96.2

**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 118.2 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 96.2 (%)

**NOTAS:**

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°1002-88-INDECOPI-CRT/ART.8 - Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarra Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(ReLa una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv09@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



*CBR con adición  
de 3.5% de Pen  
150/120*

Servicios De Ensayos De Laboratorio, Investigaciones Y Campo, De Acuerdo A Normativas Y Exigencias Técnicas En Las Especialidades  
De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica Aplicado En Obras Civiles



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : JR. BRAU N°211 CHILCA  
 E-MAIL : LABGTESTV02@GMAIL.COM  
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROARRIL CRUCE CON AV. LEONIDAS PRADO)  
 GEO TEST V. SAC  
 FACEBOOK : Geo Test V. S.A.C  
 CELULAR : 952925161 - 972831911 - 991395093  
 RUC : 30606529229



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"

Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022  
 Código de formato : CBR-EX-01/REV.05/FECHA 2021-02-11  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : BASE GRANULAR  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021

Cartera : CHUPURO  
 N° de muestra : M-1  
 Clase de material : ADICION DE UN 5.5% DE PEN 126H50  
 Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : MARZO 2022

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)**  
 NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

Página 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12780.0	12784.0	12465.0	12518.0	11936.0	12008.0
Peso de molde (g)	7621.0	7621.0	7542.0	7542.0	7091.0	7091.0
Peso del suelo húmedo (g)	5159.0	5163.0	4923.0	4976.0	4605.0	4977.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2121.4	2121.4	2121.4	2121.4	2130.5	2130.5
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.432	2.434	2.321	2.346	2.362	2.336
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	626.4	620.9	571.7	675.2	554.4	536.2
Peso suelo seco + tara (g)	606.1	597.4	547.4	642.8	531.2	509.2
Peso de tara (g)	135.0	135.0	139.1	139.1	136.2	135.2
Peso de agua (g)	20.3	23.5	24.3	32.4	33.2	26.0
Peso de suelo seco (g)	471.1	462.4	408.3	503.7	386.0	374.0
Contenido de humedad (%)	4.31	5.08	5.95	6.43	8.86	6.95
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.331	2.316	2.190	2.304	2.175	2.184

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	kg/cm <sup>2</sup>	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.114	15.30			0.080	11.18			0.072	10.21		
0.060		0.241	30.80			0.176	22.92			0.160	20.94		
0.075		0.383	49.07			0.327	41.13			0.262	33.32		
0.100	70.31	0.591	72.80	77.2	109.8	0.433	53.98	51.7	73.5	0.340	42.74	41.4	58.9
0.150		0.863	106.08			0.583	71.85			0.439	54.68		
0.200	105.46	1.275	162.99	135.1	128.1	0.682	83.66	83.0	78.7	0.515	63.74	63.8	60.5
0.250		1.360	161.83			0.734	89.78			0.563	69.53		
0.300		1.400	167.37			0.812	99.04			0.589	72.63		
0.400		1.490	177.55			0.867	107.83			0.596	73.44		
0.500		1.714	203.08			0.960	116.43			0.608	74.87		

Luis Gamarrán Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 198181



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

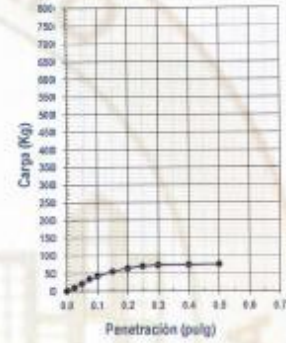
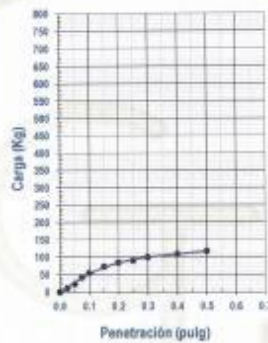
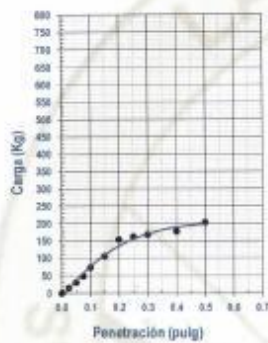
Proyecto : TESIS: "MEJORAMIENTO DE BASE GRANULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ASFALTO ESPUMADO"

Expediente N° : EXP-11-GEO-TEST-V-2022  
 Código de formato : CBR-EX-01/ REV.01/FECHA: 2021-02-11  
 Peticionario : BACH. DENIS JEFFRY BUENDIA MAYHUASCA  
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN  
 Estructura : BASE GRANULAR  
 Fecha de recepción : NOVIEMBRE 2021

Cantera : CHUPURO  
 N° de muestra : M-1  
 Clase de material : ADICION DE UN 3.5% DE PEN 120/150  
 Norma : NTP-ASTM-MTC  
 Ensayado por : A.Y.G.  
 Fecha de emisión : MARZO 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
NTP 399.145-ASTM D 1883-MTC E 132-AASHTO T-193

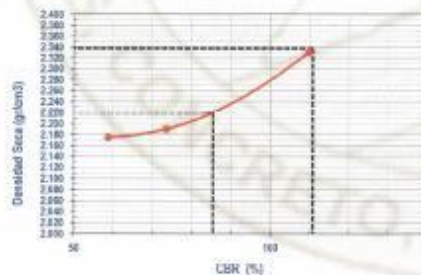
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	109.8 %
CBR (0.2")	128.1 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.331

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	73.5 %
CBR (0.2")	78.7 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.190

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	58.9 %
CBR (0.2")	60.5 %
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.175



Método de compactación : ASTM D1557  
 Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.337  
 Óptimo contenido de humedad (%) : 5.4  
 95% máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) : 2.221

CBR al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	110.8	0.2"	128.4
CBR al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	85.4	0.2"	94.9

RESULTADOS:  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 110.8 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 85.4 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT/ART.5.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarrta Espinoza  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 198161



**ANEXO N° 03: CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS  
UTILIZADOS**



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LF-001-2022**

Página 1 de 8

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : CBR - ANILLO DE CARGA

**MARCA** : UTEST

**MODELO** : UTS - 0852

**NÚMERO DE SERIE** : 18/000906

**ALCANCE DE INDICACIÓN** : 50 kN

**DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN** : 0,001 mm (1 div, Digital)

**CLASE DE EXACTITUD** : NO INDICA

**PROCEDENCIA** : TURQUIA

**IDENTIFICACIÓN** : NO INDICA

**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

**FECHA DE CALIBRACION** : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022

Página 2 de 8

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,2 °C	18,2 °C
Humedad Relativa	62 % HR	62 % HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Celda de carga calibrado a 50 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	INF-LE 003-22B

### 7. OBSERVACIONES

(\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".
- El equipo trabaja con un anillo de carga Marca: Utest, Serie: 18/0019.

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

%	Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				Exactitud q (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
	Divisiones	F <sub>i</sub> (kN)	F <sub>1</sub> (kN)	F <sub>2</sub> (kN)	F <sub>3</sub> (kN)	F <sub>4</sub> (kN)		
10	0,200	4,34	4,32	4,31	4,32	0,61	0,08	
20	0,400	8,55	8,57	8,54	8,58	-0,15	0,08	
30	0,600	12,73	12,76	12,71	12,74	-0,03	0,08	
40	0,800	16,89	16,90	16,86	16,88	0,05	0,08	
50	1,000	21,02	21,01	20,98	21,00	0,11	0,08	
60	1,200	25,13	25,08	25,13	25,10	0,09	0,08	
70	1,400	29,20	29,19	29,21	29,18	0,04	0,08	
80	1,600	33,26	33,18	33,26	33,22	0,12	0,08	
90	1,800	37,29	37,22	37,32	37,26	0,06	0,08	
100	2,000	41,29	41,20	41,32	41,28	0,06	0,08	
Retorno a Cero			0,0	0,0	0,0			

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:

Y = Fuerza (kgf)

X = Valores del Dial

$$Y = -0,32 x^2 + 21,23 x + 0,11$$

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 3 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en kN										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,020	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73
0,040	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,13	1,15
0,060	1,38	1,40	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55	1,57
0,080	1,81	1,83	1,85	1,87	1,89	1,91	1,93	1,95	1,98	2,00
0,100	2,23	2,25	2,27	2,29	2,31	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42
0,120	2,65	2,67	2,70	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80	2,82	2,84
0,140	3,08	3,10	3,12	3,14	3,16	3,18	3,20	3,22	3,25	3,27
0,160	3,50	3,52	3,54	3,56	3,58	3,60	3,63	3,65	3,67	3,69
0,180	3,92	3,94	3,96	3,98	4,01	4,03	4,05	4,07	4,09	4,11
0,200	4,34	4,36	4,39	4,41	4,43	4,45	4,47	4,49	4,51	4,53
0,220	4,77	4,79	4,81	4,83	4,85	4,87	4,89	4,91	4,93	4,95
0,240	5,19	5,21	5,23	5,25	5,27	5,29	5,31	5,33	5,36	5,38
0,260	5,61	5,63	5,65	5,67	5,69	5,71	5,73	5,76	5,78	5,80
0,280	6,03	6,05	6,07	6,09	6,11	6,13	6,16	6,18	6,20	6,22
0,300	6,45	6,47	6,49	6,51	6,53	6,56	6,58	6,60	6,62	6,64
0,320	6,87	6,89	6,91	6,93	6,95	6,98	7,00	7,02	7,04	7,06
0,340	7,29	7,31	7,33	7,35	7,38	7,40	7,42	7,44	7,46	7,48
0,360	7,71	7,73	7,75	7,77	7,80	7,82	7,84	7,86	7,88	7,90
0,380	8,13	8,15	8,17	8,19	8,22	8,24	8,26	8,28	8,30	8,32
0,400	8,55	8,57	8,59	8,61	8,63	8,66	8,68	8,70	8,72	8,74
0,420	8,97	8,99	9,01	9,03	9,05	9,07	9,10	9,12	9,14	9,16
0,440	9,39	9,41	9,43	9,45	9,47	9,49	9,51	9,54	9,56	9,58
0,460	9,81	9,83	9,85	9,87	9,89	9,91	9,93	9,95	9,98	10,00
0,480	10,23	10,25	10,27	10,29	10,31	10,33	10,35	10,37	10,39	10,41
0,500	10,65	10,67	10,69	10,71	10,73	10,75	10,77	10,79	10,81	10,83
0,520	11,06	11,08	11,10	11,13	11,15	11,17	11,19	11,21	11,23	11,25
0,540	11,48	11,50	11,52	11,54	11,56	11,59	11,61	11,63	11,65	11,67
0,560	11,90	11,92	11,94	11,96	11,98	12,00	12,02	12,04	12,07	12,09
0,580	12,32	12,34	12,36	12,38	12,40	12,42	12,44	12,46	12,48	12,50
0,600	12,73	12,75	12,77	12,80	12,82	12,84	12,86	12,88	12,90	12,92
0,620	13,15	13,17	13,19	13,21	13,23	13,25	13,27	13,30	13,32	13,34
0,640	13,57	13,59	13,61	13,63	13,65	13,67	13,69	13,71	13,73	13,75
0,660	13,98	14,00	14,02	14,04	14,07	14,09	14,11	14,13	14,15	14,17
0,680	14,40	14,42	14,44	14,46	14,48	14,50	14,52	14,54	14,56	14,59
0,700	14,81	14,83	14,86	14,88	14,90	14,92	14,94	14,96	14,98	15,00
0,720	15,23	15,25	15,27	15,29	15,31	15,33	15,35	15,38	15,40	15,42
0,740	15,64	15,67	15,69	15,71	15,73	15,75	15,77	15,79	15,81	15,83
0,760	16,06	16,08	16,10	16,12	16,14	16,16	16,18	16,21	16,23	16,25
0,780	16,47	16,50	16,52	16,54	16,56	16,58	16,60	16,62	16,64	16,66
0,800	16,89	16,91	16,93	16,95	16,97	16,99	17,01	17,03	17,05	17,08
0,820	17,30	17,32	17,34	17,37	17,39	17,41	17,43	17,45	17,47	17,49
0,840	17,72	17,74	17,76	17,78	17,80	17,82	17,84	17,86	17,88	17,90
0,860	18,13	18,15	18,17	18,19	18,21	18,23	18,26	18,28	18,30	18,32
0,880	18,54	18,57	18,59	18,61	18,63	18,65	18,67	18,69	18,71	18,73
0,900	18,96	18,98	19,00	19,02	19,04	19,06	19,08	19,10	19,12	19,14
0,920	19,37	19,39	19,41	19,43	19,45	19,47	19,49	19,52	19,54	19,56
0,940	19,78	19,80	19,82	19,85	19,87	19,89	19,91	19,93	19,95	19,97
0,960	20,20	20,22	20,24	20,26	20,28	20,30	20,32	20,34	20,36	20,38
0,980	20,61	20,63	20,65	20,67	20,69	20,71	20,73	20,75	20,77	20,79
1,000	21,02	21,04	21,06	21,08	21,10	21,12	21,14	21,16	21,18	21,21

Ca. 4 Mz. 1 Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 4 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en kN										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
1,020	21,43	21,45	21,47	21,49	21,51	21,53	21,56	21,58	21,60	21,62
1,040	21,84	21,86	21,88	21,90	21,93	21,95	21,97	21,99	22,01	22,03
1,060	22,25	22,27	22,30	22,32	22,34	22,36	22,38	22,40	22,42	22,44
1,080	22,67	22,69	22,71	22,73	22,75	22,77	22,79	22,81	22,83	22,85
1,100	23,08	23,10	23,12	23,14	23,16	23,18	23,20	23,22	23,24	23,26
1,120	23,49	23,51	23,53	23,55	23,57	23,59	23,61	23,63	23,65	23,67
1,140	23,90	23,92	23,94	23,96	23,98	24,00	24,02	24,04	24,06	24,08
1,160	24,31	24,33	24,35	24,37	24,39	24,41	24,43	24,45	24,47	24,49
1,180	24,72	24,74	24,76	24,78	24,80	24,82	24,84	24,86	24,88	24,90
1,200	25,13	25,15	25,17	25,19	25,21	25,23	25,25	25,27	25,29	25,31
1,220	25,53	25,55	25,58	25,60	25,62	25,64	25,66	25,68	25,70	25,72
1,240	25,94	25,96	25,98	26,00	26,02	26,05	26,07	26,09	26,11	26,13
1,260	26,35	26,37	26,39	26,41	26,43	26,45	26,47	26,49	26,52	26,54
1,280	26,76	26,78	26,80	26,82	26,84	26,86	26,88	26,90	26,92	26,94
1,300	27,17	27,19	27,21	27,23	27,25	27,27	27,29	27,31	27,33	27,35
1,320	27,58	27,60	27,62	27,64	27,66	27,68	27,70	27,72	27,74	27,76
1,340	27,98	28,00	28,02	28,04	28,07	28,09	28,11	28,13	28,15	28,17
1,360	28,39	28,41	28,43	28,45	28,47	28,49	28,51	28,53	28,55	28,57
1,380	28,80	28,82	28,84	28,86	28,88	28,90	28,92	28,94	28,96	28,98
1,400	29,20	29,23	29,25	29,27	29,29	29,31	29,33	29,35	29,37	29,39
1,420	29,61	29,63	29,65	29,67	29,69	29,71	29,73	29,75	29,77	29,79
1,440	30,02	30,04	30,06	30,08	30,10	30,12	30,14	30,16	30,18	30,20
1,460	30,42	30,44	30,46	30,48	30,50	30,53	30,55	30,57	30,59	30,61
1,480	30,83	30,85	30,87	30,89	30,91	30,93	30,95	30,97	30,99	31,01
1,500	31,24	31,26	31,28	31,30	31,32	31,34	31,36	31,38	31,40	31,42
1,520	31,64	31,66	31,68	31,70	31,72	31,74	31,76	31,78	31,80	31,82
1,540	32,05	32,07	32,09	32,11	32,13	32,15	32,17	32,19	32,21	32,23
1,560	32,45	32,47	32,49	32,51	32,53	32,55	32,57	32,59	32,61	32,63
1,580	32,85	32,87	32,89	32,92	32,94	32,96	32,98	33,00	33,02	33,04
1,600	33,26	33,28	33,30	33,32	33,34	33,36	33,38	33,40	33,42	33,44
1,620	33,66	33,68	33,70	33,72	33,74	33,76	33,78	33,80	33,82	33,84
1,640	34,07	34,09	34,11	34,13	34,15	34,17	34,19	34,21	34,23	34,25
1,660	34,47	34,49	34,51	34,53	34,55	34,57	34,59	34,61	34,63	34,65
1,680	34,87	34,89	34,91	34,93	34,95	34,97	34,99	35,01	35,03	35,05
1,700	35,28	35,30	35,32	35,34	35,36	35,38	35,40	35,42	35,44	35,46
1,720	35,68	35,70	35,72	35,74	35,76	35,78	35,80	35,82	35,84	35,86
1,740	36,08	36,10	36,12	36,14	36,16	36,18	36,20	36,22	36,24	36,26
1,760	36,48	36,50	36,52	36,54	36,56	36,58	36,60	36,62	36,64	36,66
1,780	36,89	36,91	36,93	36,95	36,97	36,99	37,01	37,03	37,05	37,07
1,800	37,29	37,31	37,33	37,35	37,37	37,39	37,41	37,43	37,45	37,47
1,820	37,69	37,71	37,73	37,75	37,77	37,79	37,81	37,83	37,85	37,87
1,840	38,09	38,11	38,13	38,15	38,17	38,19	38,21	38,23	38,25	38,27
1,860	38,49	38,51	38,53	38,55	38,57	38,59	38,61	38,63	38,65	38,67
1,880	38,89	38,91	38,93	38,95	38,97	38,99	39,01	39,03	39,05	39,07
1,900	39,29	39,31	39,33	39,35	39,37	39,39	39,41	39,43	39,45	39,47
1,920	39,69	39,71	39,73	39,75	39,77	39,79	39,81	39,83	39,85	39,87
1,940	40,09	40,11	40,13	40,15	40,17	40,19	40,21	40,23	40,25	40,27
1,960	40,49	40,51	40,53	40,55	40,57	40,59	40,61	40,63	40,65	40,67
1,980	40,89	40,91	40,93	40,95	40,97	40,99	41,01	41,03	41,05	41,07
2,000	41,29									

Ca. 4 Mz. / Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 5 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
UNIDADES	Carga en kgf									
	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,020	54,5	56,7	58,8	61,0	63,2	65,3	67,5	69,6	71,8	74,0
0,040	97,8	99,9	102,1	104,2	106,4	108,6	110,7	112,9	115,1	117,2
0,060	141,0	143,2	145,3	147,5	149,6	151,8	154,0	156,1	158,3	160,4
0,080	184,2	186,4	188,5	190,7	192,8	195,0	197,2	199,3	201,5	203,6
0,100	227,4	229,5	231,7	233,9	236,0	238,2	240,3	242,5	244,6	246,8
0,120	270,5	272,7	274,8	277,0	279,2	281,3	283,5	285,6	287,8	289,9
0,140	313,7	315,8	318,0	320,1	322,3	324,4	326,6	328,7	330,9	333,1
0,160	356,8	358,9	361,1	363,2	365,4	367,5	369,7	371,8	374,0	376,1
0,180	399,8	402,0	404,1	406,3	408,4	410,6	412,8	414,9	417,1	419,2
0,200	442,9	445,0	447,2	449,3	451,5	453,6	455,8	457,9	460,1	462,2
0,220	485,9	488,1	490,2	492,4	494,5	496,7	498,8	501,0	503,1	505,3
0,240	528,9	531,1	533,2	535,4	537,5	539,6	541,8	543,9	546,1	548,2
0,260	571,9	574,0	576,2	578,3	580,5	582,6	584,8	586,9	589,1	591,2
0,280	614,8	617,0	619,1	621,3	623,4	625,6	627,7	629,8	632,0	634,1
0,300	657,7	659,9	662,0	664,2	666,3	668,5	670,6	672,8	674,9	677,0
0,320	700,6	702,8	704,9	707,1	709,2	711,3	713,5	715,6	717,8	719,9
0,340	743,5	745,6	747,8	749,9	752,1	754,2	756,4	758,5	760,6	762,8
0,360	786,3	788,5	790,6	792,8	794,9	797,0	799,2	801,3	803,5	805,6
0,380	829,2	831,3	833,4	835,6	837,7	839,9	842,0	844,1	846,3	848,4
0,400	871,9	874,1	876,2	878,4	880,5	882,6	884,8	886,9	889,0	891,2
0,420	914,7	916,8	919,0	921,1	923,3	925,4	927,5	929,7	931,8	933,9
0,440	957,4	959,6	961,7	963,8	966,0	968,1	970,3	972,4	974,5	976,7
0,460	1000,1	1002,3	1004,4	1006,6	1008,7	1010,8	1013,0	1015,1	1017,2	1019,4
0,480	1042,8	1045,0	1047,1	1049,2	1051,4	1053,5	1055,6	1057,8	1059,9	1062,0
0,500	1085,5	1087,6	1089,8	1091,9	1094,0	1096,1	1098,3	1100,4	1102,5	1104,7
0,520	1128,1	1130,3	1132,4	1134,5	1136,6	1138,8	1140,9	1143,0	1145,2	1147,3
0,540	1170,7	1172,9	1175,0	1177,1	1179,2	1181,4	1183,5	1185,6	1187,8	1189,9
0,560	1213,3	1215,4	1217,6	1219,7	1221,8	1223,9	1226,1	1228,2	1230,3	1232,5
0,580	1255,9	1258,0	1260,1	1262,2	1264,4	1266,5	1268,6	1270,7	1272,9	1275,0
0,600	1298,4	1300,5	1302,6	1304,8	1306,9	1309,0	1311,1	1313,3	1315,4	1317,5
0,620	1340,9	1343,0	1345,1	1347,3	1349,4	1351,5	1353,6	1355,8	1357,9	1360,0
0,640	1383,4	1385,5	1387,6	1389,7	1391,9	1394,0	1396,1	1398,2	1400,3	1402,5
0,660	1425,8	1427,9	1430,1	1432,2	1434,3	1436,4	1438,5	1440,7	1442,8	1444,9
0,680	1468,2	1470,4	1472,5	1474,6	1476,7	1478,8	1481,0	1483,1	1485,2	1487,3
0,700	1510,6	1512,7	1514,9	1517,0	1519,1	1521,2	1523,3	1525,5	1527,6	1529,7
0,720	1553,0	1555,1	1557,2	1559,4	1561,5	1563,6	1565,7	1567,8	1569,9	1572,1
0,740	1595,3	1597,5	1599,6	1601,7	1603,8	1605,9	1608,0	1610,2	1612,3	1614,4
0,760	1637,7	1639,8	1641,9	1644,0	1646,1	1648,2	1650,4	1652,5	1654,6	1656,7
0,780	1680,0	1682,1	1684,2	1686,3	1688,4	1690,5	1692,6	1694,7	1696,9	1699,0
0,800	1722,2	1724,3	1726,4	1728,6	1730,7	1732,8	1734,9	1737,0	1739,1	1741,2
0,820	1764,5	1766,6	1768,7	1770,8	1772,9	1775,0	1777,1	1779,2	1781,3	1783,5
0,840	1806,7	1808,8	1810,9	1813,0	1815,1	1817,2	1819,3	1821,4	1823,6	1825,7
0,860	1848,9	1851,0	1853,1	1855,2	1857,3	1859,4	1861,5	1863,6	1865,7	1867,8
0,880	1891,0	1893,1	1895,2	1897,3	1899,5	1901,6	1903,7	1905,8	1907,9	1910,0
0,900	1933,2	1935,3	1937,4	1939,5	1941,6	1943,7	1945,8	1947,9	1950,0	1952,1
0,920	1975,3	1977,4	1979,5	1981,6	1983,7	1985,8	1987,9	1990,0	1992,1	1994,2
0,940	2017,3	2019,5	2021,6	2023,7	2025,8	2027,9	2030,0	2032,1	2034,2	2036,3
0,960	2059,4	2061,5	2063,6	2065,7	2067,8	2069,9	2072,0	2074,1	2076,2	2078,3
0,980	2101,4	2103,5	2105,6	2107,7	2109,8	2111,9	2114,0	2116,1	2118,2	2120,3
1,000	2143,4	2145,5	2147,6	2149,7	2151,8	2153,9	2156,0	2158,1	2160,2	2162,3

Ca. 4 Mz. | Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 6 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en kgf										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
1,020	2185,4	2187,5	2189,6	2191,7	2193,8	2195,9	2198,0	2200,1	2202,2	2204,3
1,040	2227,4	2229,5	2231,6	2233,7	2235,8	2237,9	2240,0	2242,1	2244,1	2246,2
1,060	2269,3	2271,4	2273,5	2275,6	2277,7	2279,8	2281,9	2284,0	2286,1	2288,2
1,080	2311,2	2313,3	2315,4	2317,5	2319,6	2321,7	2323,8	2325,9	2328,0	2330,0
1,100	2353,1	2355,2	2357,3	2359,4	2361,4	2363,5	2365,6	2367,7	2369,8	2371,9
1,120	2394,9	2397,0	2399,1	2401,2	2403,3	2405,4	2407,5	2409,6	2411,7	2413,7
1,140	2436,7	2438,8	2440,9	2443,0	2445,1	2447,2	2449,3	2451,4	2453,5	2455,6
1,160	2478,5	2480,6	2482,7	2484,8	2486,9	2489,0	2491,1	2493,2	2495,3	2497,3
1,180	2520,3	2522,4	2524,5	2526,6	2528,7	2530,8	2532,8	2534,9	2537,0	2539,1
1,200	2562,1	2564,1	2566,2	2568,3	2570,4	2572,5	2574,6	2576,7	2578,7	2580,8
1,220	2603,8	2605,9	2607,9	2610,0	2612,1	2614,2	2616,3	2618,4	2620,5	2622,5
1,240	2645,5	2647,6	2649,6	2651,7	2653,8	2655,9	2658,0	2660,1	2662,1	2664,2
1,260	2687,1	2689,2	2691,3	2693,4	2695,5	2697,5	2699,6	2701,7	2703,8	2705,9
1,280	2728,8	2730,9	2732,9	2735,0	2737,1	2739,2	2741,3	2743,3	2745,4	2747,5
1,300	2770,4	2772,5	2774,5	2776,6	2778,7	2780,8	2782,9	2784,9	2787,0	2789,1
1,320	2812,0	2814,1	2816,1	2818,2	2820,3	2822,4	2824,4	2826,5	2828,6	2830,7
1,340	2853,5	2855,6	2857,7	2859,8	2861,8	2863,9	2866,0	2868,1	2870,2	2872,2
1,360	2895,1	2897,1	2899,2	2901,3	2903,4	2905,4	2907,5	2909,6	2911,7	2913,8
1,380	2936,6	2938,7	2940,7	2942,8	2944,9	2947,0	2949,0	2951,1	2953,2	2955,2
1,400	2978,1	2980,1	2982,2	2984,3	2986,4	2988,4	2990,5	2992,6	2994,6	2996,7
1,420	3019,5	3021,6	3023,7	3025,7	3027,8	3029,9	3031,9	3034,0	3036,1	3038,2
1,440	3060,9	3063,0	3065,1	3067,2	3069,2	3071,3	3073,4	3075,4	3077,5	3079,6
1,460	3102,4	3104,4	3106,5	3108,6	3110,6	3112,7	3114,8	3116,8	3118,9	3121,0
1,480	3143,7	3145,8	3147,9	3149,9	3152,0	3154,1	3156,1	3158,2	3160,3	3162,3
1,500	3185,1	3187,1	3189,2	3191,3	3193,4	3195,4	3197,5	3199,6	3201,6	3203,7
1,520	3226,4	3228,5	3230,5	3232,6	3234,7	3236,7	3238,8	3240,9	3242,9	3245,0
1,540	3267,7	3269,8	3271,8	3273,9	3276,0	3278,0	3280,1	3282,2	3284,2	3286,3
1,560	3309,0	3311,0	3313,1	3315,2	3317,2	3319,3	3321,4	3323,4	3325,5	3327,5
1,580	3350,2	3352,3	3354,4	3356,4	3358,5	3360,5	3362,6	3364,7	3366,7	3368,8
1,600	3391,5	3393,5	3395,6	3397,6	3399,7	3401,8	3403,8	3405,9	3407,9	3410,0
1,620	3432,6	3434,7	3436,8	3438,8	3440,9	3442,9	3445,0	3447,1	3449,1	3451,2
1,640	3473,8	3475,9	3477,9	3480,0	3482,0	3484,1	3486,2	3488,2	3490,3	3492,3
1,660	3515,0	3517,0	3519,1	3521,1	3523,2	3525,2	3527,3	3529,4	3531,4	3533,5
1,680	3556,1	3558,1	3560,2	3562,2	3564,3	3566,4	3568,4	3570,5	3572,5	3574,6
1,700	3597,2	3599,2	3601,3	3603,3	3605,4	3607,4	3609,5	3611,5	3613,6	3615,7
1,720	3638,2	3640,3	3642,3	3644,4	3646,4	3648,5	3650,6	3652,6	3654,7	3656,7
1,740	3679,3	3681,3	3683,4	3685,4	3687,5	3689,5	3691,6	3693,6	3695,7	3697,7
1,760	3720,3	3722,3	3724,4	3726,4	3728,5	3730,5	3732,6	3734,6	3736,7	3738,7
1,780	3761,3	3763,3	3765,4	3767,4	3769,5	3771,5	3773,6	3775,6	3777,7	3779,7
1,800	3802,2	3804,3	3806,3	3808,4	3810,4	3812,5	3814,5	3816,6	3818,6	3820,7
1,820	3843,2	3845,2	3847,3	3849,3	3851,4	3853,4	3855,4	3857,5	3859,5	3861,6
1,840	3884,1	3886,1	3888,2	3890,2	3892,3	3894,3	3896,3	3898,4	3900,4	3902,5
1,860	3925,0	3927,0	3929,0	3931,1	3933,1	3935,2	3937,2	3939,3	3941,3	3943,3
1,880	3965,8	3967,9	3969,9	3971,9	3974,0	3976,0	3978,1	3980,1	3982,2	3984,2
1,900	4006,6	4008,7	4010,7	4012,8	4014,8	4016,9	4018,9	4020,9	4023,0	4025,0
1,920	4047,5	4049,5	4051,5	4053,6	4055,6	4057,6	4059,7	4061,7	4063,8	4065,8
1,940	4088,2	4090,3	4092,3	4094,3	4096,4	4098,4	4100,5	4102,5	4104,5	4106,6
1,960	4129,0	4131,0	4133,1	4135,1	4137,1	4139,2	4141,2	4143,2	4145,3	4147,3
1,980	4169,7	4171,7	4173,8	4175,8	4177,8	4179,9	4181,9	4184,0	4186,0	4188,0
2,000	4210,4									

Ca. 4 Mz. I Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
metrologia@exactitudperu.com  
www.exactitudperu.com





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022

Página 7 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en lbf										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,020	120,2	124,9	129,7	134,5	139,2	144,0	148,8	153,5	158,3	163,1
0,040	215,5	220,3	225,1	229,8	234,6	239,4	244,1	248,9	253,7	258,4
0,060	310,8	315,6	320,4	325,1	329,9	334,7	339,4	344,2	348,9	353,7
0,080	406,1	410,8	415,6	420,4	425,1	429,9	434,6	439,4	444,2	448,9
0,100	501,3	506,0	510,8	515,6	520,3	525,1	529,8	534,6	539,3	544,1
0,120	596,4	601,2	605,9	610,7	615,4	620,2	624,9	629,7	634,5	639,2
0,140	691,5	696,2	701,0	705,8	710,5	715,3	720,0	724,8	729,5	734,3
0,160	786,5	791,3	796,0	800,8	805,5	810,3	815,0	819,8	824,5	829,3
0,180	881,5	886,2	891,0	895,7	900,5	905,2	910,0	914,7	919,5	924,2
0,200	976,4	981,1	985,9	990,6	995,4	1000,1	1004,9	1009,6	1014,3	1019,1
0,220	1071,2	1076,0	1080,7	1085,5	1090,2	1094,9	1099,7	1104,4	1109,2	1113,9
0,240	1166,0	1170,8	1175,5	1180,2	1185,0	1189,7	1194,5	1199,2	1203,9	1208,7
0,260	1260,8	1265,5	1270,2	1275,0	1279,7	1284,4	1289,2	1293,9	1298,6	1303,4
0,280	1355,4	1360,2	1364,9	1369,6	1374,4	1379,1	1383,8	1388,6	1393,3	1398,0
0,300	1450,1	1454,8	1459,5	1464,3	1469,0	1473,7	1478,4	1483,2	1487,9	1492,6
0,320	1544,6	1549,4	1554,1	1558,8	1563,5	1568,3	1573,0	1577,7	1582,4	1587,2
0,340	1639,1	1643,9	1648,6	1653,3	1658,0	1662,7	1667,5	1672,2	1676,9	1681,6
0,360	1733,6	1738,3	1743,0	1747,7	1752,5	1757,2	1761,9	1766,6	1771,3	1776,1
0,380	1828,0	1832,7	1837,4	1842,1	1846,8	1851,6	1856,3	1861,0	1865,7	1870,4
0,400	1922,3	1927,0	1931,7	1936,4	1941,2	1945,9	1950,6	1955,3	1960,0	1964,7
0,420	2016,6	2021,3	2026,0	2030,7	2035,4	2040,1	2044,8	2049,6	2054,3	2059,0
0,440	2110,8	2115,5	2120,2	2124,9	2129,6	2134,3	2139,0	2143,7	2148,4	2153,2
0,460	2204,9	2209,7	2214,4	2219,1	2223,8	2228,5	2233,2	2237,9	2242,6	2247,3
0,480	2299,0	2303,8	2308,5	2313,2	2317,9	2322,6	2327,3	2332,0	2336,7	2341,4
0,500	2393,1	2397,8	2402,5	2407,2	2411,9	2416,6	2421,3	2426,0	2430,7	2435,4
0,520	2487,1	2491,8	2496,5	2501,2	2505,9	2510,6	2515,3	2520,0	2524,7	2529,4
0,540	2581,0	2585,7	2590,4	2595,1	2599,8	2604,5	2609,2	2613,9	2618,6	2623,3
0,560	2674,9	2679,6	2684,3	2689,0	2693,6	2698,3	2703,0	2707,7	2712,4	2717,1
0,580	2768,7	2773,4	2778,1	2782,8	2787,4	2792,1	2796,8	2801,5	2806,2	2810,9
0,600	2862,4	2867,1	2871,8	2876,5	2881,2	2885,9	2890,6	2895,2	2899,9	2904,6
0,620	2956,1	2960,8	2965,5	2970,2	2974,9	2979,6	2984,2	2988,9	2993,6	2998,3
0,640	3049,8	3054,5	3059,1	3063,8	3068,5	3073,2	3077,9	3082,5	3087,2	3091,9
0,660	3143,4	3148,0	3152,7	3157,4	3162,1	3166,8	3171,4	3176,1	3180,8	3185,5
0,680	3236,9	3241,6	3246,2	3250,9	3255,6	3260,3	3264,9	3269,6	3274,3	3279,0
0,700	3330,4	3335,0	3339,7	3344,4	3349,1	3353,7	3358,4	3363,1	3367,7	3372,4
0,720	3423,8	3428,4	3433,1	3437,8	3442,5	3447,1	3451,8	3456,5	3461,1	3465,8
0,740	3517,1	3521,8	3526,5	3531,1	3535,8	3540,5	3545,1	3549,8	3554,5	3559,1
0,760	3610,4	3615,1	3619,8	3624,4	3629,1	3633,7	3638,4	3643,1	3647,7	3652,4
0,780	3703,7	3708,3	3713,0	3717,6	3722,3	3727,0	3731,6	3736,3	3740,9	3745,6
0,800	3796,8	3801,5	3806,2	3810,8	3815,5	3820,1	3824,8	3829,4	3834,1	3838,8
0,820	3890,0	3894,6	3899,3	3903,9	3908,6	3913,2	3917,9	3922,5	3927,2	3931,9
0,840	3983,0	3987,7	3992,3	3997,0	4001,6	4006,3	4010,9	4015,6	4020,2	4024,9
0,860	4076,0	4080,7	4085,3	4090,0	4094,6	4099,3	4103,9	4108,6	4113,2	4117,9
0,880	4169,0	4173,6	4178,3	4182,9	4187,6	4192,2	4196,9	4201,5	4206,2	4210,8
0,900	4261,9	4266,5	4271,2	4275,8	4280,5	4285,1	4289,7	4294,4	4299,0	4303,7
0,920	4354,7	4359,4	4364,0	4368,6	4373,3	4377,9	4382,6	4387,2	4391,8	4396,5
0,940	4447,5	4452,1	4456,8	4461,4	4466,0	4470,7	4475,3	4480,0	4484,6	4489,2
0,960	4540,2	4544,8	4549,5	4554,1	4558,8	4563,4	4568,0	4572,7	4577,3	4581,9
0,980	4632,9	4637,5	4642,1	4646,8	4651,4	4656,0	4660,7	4665,3	4669,9	4674,6
1,000	4725,5	4730,1	4734,7	4739,4	4744,0	4748,6	4753,3	4757,9	4762,5	4767,1

Ca. 4 Mz. | Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
metrologia@exactitudperu.com  
www.exactitudperu.com





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-001-2022**

Página 8 de 8

TABLA DE CALIBRACIÓN										
Carga en lbf										
UNIDADES	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
1,020	4818,0	4822,7	4827,3	4831,9	4836,5	4841,2	4845,8	4850,4	4855,0	4859,7
1,040	4910,5	4915,1	4919,8	4924,4	4929,0	4933,6	4938,3	4942,9	4947,5	4952,1
1,060	5003,0	5007,6	5012,2	5016,8	5021,4	5026,1	5030,7	5035,3	5039,9	5044,5
1,080	5095,3	5099,9	5104,6	5109,2	5113,8	5118,4	5123,0	5127,6	5132,3	5136,9
1,100	5187,6	5192,3	5196,9	5201,5	5206,1	5210,7	5215,3	5219,9	5224,6	5229,2
1,120	5279,9	5284,5	5289,1	5293,7	5298,4	5303,0	5307,6	5312,2	5316,8	5321,4
1,140	5372,1	5376,7	5381,3	5385,9	5390,5	5395,1	5399,8	5404,4	5409,0	5413,6
1,160	5464,3	5468,9	5473,5	5478,1	5482,7	5487,3	5491,9	5496,5	5501,1	5505,7
1,180	5556,3	5560,9	5565,5	5570,1	5574,7	5579,4	5584,0	5588,6	5593,2	5597,8
1,200	5648,4	5653,0	5657,6	5662,2	5666,8	5671,4	5676,0	5680,6	5685,2	5689,8
1,220	5740,3	5744,9	5749,5	5754,1	5758,7	5763,3	5767,9	5772,5	5777,1	5781,7
1,240	5832,3	5836,8	5841,4	5846,0	5850,6	5855,2	5859,8	5864,4	5869,0	5873,6
1,260	5924,1	5928,7	5933,3	5937,9	5942,5	5947,1	5951,7	5956,2	5960,8	5965,4
1,280	6015,9	6020,5	6025,1	6029,7	6034,3	6038,9	6043,4	6048,0	6052,6	6057,2
1,300	6107,7	6112,2	6116,8	6121,4	6126,0	6130,6	6135,2	6139,7	6144,3	6148,9
1,320	6199,3	6203,9	6208,5	6213,1	6217,7	6222,2	6226,8	6231,4	6236,0	6240,6
1,340	6291,0	6295,5	6300,1	6304,7	6309,3	6313,9	6318,4	6323,0	6327,6	6332,2
1,360	6382,5	6387,1	6391,7	6396,3	6400,8	6405,4	6410,0	6414,6	6419,1	6423,7
1,380	6474,0	6478,6	6483,2	6487,8	6492,3	6496,9	6501,5	6506,1	6510,6	6515,2
1,400	6565,5	6570,1	6574,6	6579,2	6583,8	6588,4	6592,9	6597,5	6602,1	6606,6
1,420	6656,9	6661,5	6666,0	6670,6	6675,2	6679,7	6684,3	6688,9	6693,4	6698,0
1,440	6748,2	6752,8	6757,4	6761,9	6766,5	6771,1	6775,6	6780,2	6784,8	6789,3
1,460	6839,5	6844,1	6848,6	6853,2	6857,8	6862,3	6866,9	6871,5	6876,0	6880,6
1,480	6930,7	6935,3	6939,9	6944,4	6949,0	6953,5	6958,1	6962,7	6967,2	6971,8
1,500	7021,9	7026,5	7031,0	7035,6	7040,1	7044,7	7049,2	7053,8	7058,4	7062,9
1,520	7113,0	7117,6	7122,1	7126,7	7131,2	7135,8	7140,3	7144,9	7149,4	7154,0
1,540	7204,1	7208,6	7213,2	7217,7	7222,3	7226,8	7231,4	7235,9	7240,5	7245,0
1,560	7295,1	7299,6	7304,2	7308,7	7313,3	7317,8	7322,3	7326,9	7331,4	7336,0
1,580	7386,0	7390,5	7395,1	7399,6	7404,2	7408,7	7413,3	7417,8	7422,4	7426,9
1,600	7476,9	7481,4	7486,0	7490,5	7495,0	7499,6	7504,1	7508,7	7513,2	7517,8
1,620	7567,7	7572,2	7576,8	7581,3	7585,9	7590,4	7594,9	7599,5	7604,0	7608,5
1,640	7658,5	7663,0	7667,5	7672,1	7676,6	7681,1	7685,7	7690,2	7694,7	7699,3
1,660	7749,2	7753,7	7758,2	7762,8	7767,3	7771,8	7776,4	7780,9	7785,4	7790,0
1,680	7839,8	7844,3	7848,9	7853,4	7857,9	7862,5	7867,0	7871,5	7876,1	7880,6
1,700	7930,4	7934,9	7939,5	7944,0	7948,5	7953,0	7957,6	7962,1	7966,6	7971,2
1,720	8020,9	8025,5	8030,0	8034,5	8039,0	8043,6	8048,1	8052,6	8057,1	8061,7
1,740	8111,4	8115,9	8120,5	8125,0	8129,5	8134,0	8138,5	8143,1	8147,6	8152,1
1,760	8201,8	8206,4	8210,9	8215,4	8219,9	8224,4	8228,9	8233,5	8238,0	8242,5
1,780	8292,2	8296,7	8301,2	8305,7	8310,3	8314,8	8319,3	8323,8	8328,3	8332,8
1,800	8382,5	8387,0	8391,5	8396,0	8400,5	8405,1	8409,6	8414,1	8418,6	8423,1
1,820	8472,7	8477,3	8481,8	8486,3	8490,8	8495,3	8499,8	8504,3	8508,8	8513,3
1,840	8562,9	8567,4	8571,9	8576,5	8581,0	8585,5	8590,0	8594,5	8599,0	8603,5
1,860	8653,1	8657,6	8662,1	8666,6	8671,1	8675,6	8680,1	8684,6	8689,1	8693,6
1,880	8743,1	8747,6	8752,1	8756,6	8761,1	8765,6	8770,1	8774,6	8779,1	8783,6
1,900	8833,1	8837,6	8842,1	8846,6	8851,1	8855,6	8860,1	8864,6	8869,1	8873,6
1,920	8923,1	8927,6	8932,1	8936,6	8941,1	8945,6	8950,1	8954,6	8959,1	8963,6
1,940	9013,0	9017,5	9022,0	9026,5	9031,0	9035,5	9040,0	9044,5	9048,9	9053,4
1,960	9102,8	9107,3	9111,8	9116,3	9120,8	9125,3	9129,8	9134,3	9138,8	9143,3
1,980	9192,6	9197,1	9201,6	9206,1	9210,6	9215,1	9219,6	9224,0	9228,5	9233,0
2,000	9282,4									

Ca. 4 Mz. / Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
 Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
 Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
 metrologia@exactitudperu.com  
 www.exactitudperu.com



**PINZUAR** LTDA  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN 992

Solicitante: NASHLY LUZ RIVEROS SUMALABE

Dirección: PSJ GRAU N° 211 CHILCA ( REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV LEONCIO PRADO)

MOLDE PARA COMPACTACIÓN CBR


Norma: ASTM D 1883 / INV E 148

Referencia: P523

CANTIDAD: 9 UNIDADES

Diámetro interior mm	Altura mm	Altura del Collar mm	Espesor de base mm	Número de Perforaciones und
151,96	177,56	50,78	10,58	28

Fecha: 2021-08-25

Firma:   
Henry José Leon Vargas  
Metrologo Laboratorio Metrologia

AC-P-01-F-14/Rev 01 Válido desde 2017-11-15



Calle Ricardo Palma N° 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Callao.  
Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO





**PINZUAR** LTDA  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN 993

Solicitante: NASHLY LUZ RIVEROS SUMALABE

Dirección: PSJ GRAU N° 211 CHILCA ( REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV LEONCIO PRADO)

### PESAS ABIERTAS PARA CBR

Norma: ASTM D 1883 / INV E 148

Referencia: PG161

CANTIDAD : 9 UNIDADES

Peso de la Pesa g	Diametro Exterior mm	Diametro Interno mm
2269,74	150,48	53,76

Fecha: 2021-08-25

Firma:

  
Henry Julio León Masgo  
Metrólogo Laboratorio Metrología

AC-P-01-F-14/Rev 01/ Válido desde 2017-11-15



Calle Ricardo Palma N° 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Calleo.  
Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO



**PINZUAR** LTDA  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 994

Solicitante: NASHLY LUZ RIVEROS SUMALABE

Dirección: PSJ GRAU N° 211 CHILCA ( REF. A UNA CUADRA FRENTE AL  
PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV LEONCIO  
PRADO)

### PESAS CERRADAS PARA CBR

Norma: ASTM D 1883

Referencia: PG162

CANTIDAD : 9 UNIDADES

Peso de la Pesa g	Diametro Exterior mm	Diametro Interno mm
2275,65	150,04	54,11

Fecha: 2021-08-25

Firma:

  
Henry Julio León Masgo  
Metrólogo Laboratorio Metrología

AC-P-01-F-14/Rev 01/ Válido desde 2017-11-15



Calle Ricardo Palma N° 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Callao.  
Teléfonos 51(1) 9621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO



**PINZUAR** LTDA  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 995

Solicitante: NASHLY LUZ RIVEROS SUMALABE

Dirección: PSJ GRAU N° 211 CHILCA ( REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO  
AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV LEONCIO PRADO)

### PLACA DE EXPANSIÓN EN BRONCE PARA CBR

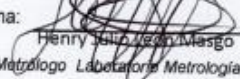
Norma: ASTM D 1883 / INV E 148

Referencia: PS20

CANTIDAD : 9 UNIDADES

Diámetro Exterior mm	Perforaciones und	Diámetro de Perforaciones mm	Espesor mm
150,42	42	1,67	6,32

Fecha: 2021-08-25

Firma:   
Henry Julio Leon Masgo  
Metrologo Laboratorio Metrología

AC-P-01-F-14/Rev 0/ Válido desde 2017-11-15



Calle Ricardo Palma N° 998 Urbanización San Joaquín Bellavista - Calleo.  
Teléfonos 51(1) 5621263 - 4641686 | RPC 986654547 - RPM 943827118 | labmetrologia@pinzuar.com.co

WWW.PINZUAR.COM.CO





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LF-002-2022**

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : PRENSA MARSHALL

MARCA : UTEST

MODELO : UTAS-0056

NÚMERO DE SERIE : 17-002240

ALCANCE DE INDICACIÓN : 50 kN

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,001 kN

CLASE DE EXACTITUD : NO INDICA

PROCEDENCIA : TURQUIA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

FECHA DE CALIBRACION : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-002-2022

Página 2 de 2

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,7 °C
Humedad Relativa	62 %HR	62 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Celda de carga calibrado a 50 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	INF-LE 003-22 B

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".
- El equipo tiene una celda de carga de 5t, Marca: KELI, Modelo: LFSC-A y Serie: 5W30576

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				Exactitud	Incertidumbre U (k=2)	
	%	$F_1$ (kN)	$F_2$ (kN)	$F_3$ (kN)			q (%)
10		5,000	5,00	5,00	5,00	0,00	0,01
20		10,000	10,00	10,00	10,01	-0,03	0,07
30		15,000	15,00	14,99	15,00	0,02	0,04
40		20,000	20,00	20,01	20,00	-0,02	0,03
50		25,000	25,01	25,01	25,01	-0,04	0,01
60		30,000	30,01	30,01	29,99	-0,01	0,04
70		35,000	35,01	35,01	35,00	-0,02	0,02
80		40,000	40,00	40,01	40,00	-0,01	0,02
90		45,000	45,01	45,01	45,00	-0,01	0,02
100		50,000	50,06	50,05	50,05	-0,11	0,01
Retorno a Cero			0,0	0,0	0,0		

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0,00 %
---	--------

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Ca. 4 Mz. | Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
metrologia@exactitudperu.com  
www.exactitudperu.com





**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LM-015-2022**

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

**MARCA** : OHAUS  
**MODELO** : NV822  
**NÚMERO DE SERIE** : 8340088798  
**ALCANCE DE INDICACIÓN** : 620 g  
**DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN** : 0,01 g  
**DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e )** : 0,1 g  
**CLASE DE EXACTITUD** : III  
**PROCEDENCIA** : CHINA  
**IDENTIFICACIÓN** : NO INDICA  
**TIPO** : ELECTRÓNICA  
**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
**FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664



# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-015-2022

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,3 °C
Humedad Relativa	61 %HR	62 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0806-001-21

### 7. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 300,000 g			Carga L2 = 600,000 g		
	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)
1	300,00	5	0	600,00	5	0
2	300,00	5	0	600,00	5	0
3	300,00	5	0	600,00	5	0
4	300,00	5	0	600,00	5	0
5	300,00	5	0	600,00	5	0
6	300,00	5	0	600,00	5	0
7	300,00	5	0	600,00	5	0
8	300,00	5	0	600,00	5	0
9	300,00	5	0	600,01	6	9
10	300,00	5	0	600,01	6	9
Diferencia Máxima			0			9
Error máximo permitido		± 300 mg			± 300 mg	



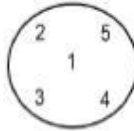


# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-015-2022

Página 3 de 3



### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal		Temp. (°C)			Inicial	Final				
		18,6			18,6					
Posición de la Carga	Carga mínima*	Determinación de E <sub>0</sub>			Determinación del Error corregido					
		I (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
1	0,100 g	0,10	5	0	200,000	200,00	5	0	0	
2		0,10	5	0		200,01	6	9	9	
3		0,10	5	0		200,01	6	9	9	
4		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9	
5		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9	
(*) valor entre 0 y 10 e					Error máximo permitido : ± 200 mg					

### ENSAYO DE PESAJE

		Temp. (°C)			Inicial	Final					
		18,3			18,3						
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p.** (mg)		
	I (g)	ΔL(mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)			
0,100	0,10	5	0								
0,200	0,20	5	0	0	0,20	5	0	0	100		
2,000	2,00	5	0	0	2,00	5	0	0	100		
5,000	5,00	5	0	0	5,00	5	0	0	100		
50,000	50,00	5	0	0	50,00	5	0	0	100		
100,000	100,00	5	0	0	100,00	5	0	0	200		
200,000	200,00	5	0	0	200,00	5	0	0	200		
300,000	299,99	4	-9	-9	300,00	5	0	0	300		
400,000	399,99	4	-9	-9	399,99	4	-9	-9	300		
500,000	499,99	4	-9	-9	499,99	4	-9	-9	300		
620,000	619,99	4	-9	-9	619,99	4	-9	-9	300		

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).  
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de Indicación.  
E<sub>0</sub> : Error en cero.

E<sub>c</sub> : Error corregido.  
ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R + 1,71 \times 10^{-5} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,78 \times 10^{-9} \text{ g}^2 + 2,43 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Ca. 4 Mz. I Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
metrologia@exactitudperu.com  
www.exactitudperu.com



**Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**LM-017-2022**

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-02-22  
EXPEDIENTE : 023-2022

**1. SOLICITANTE** : GEO TEST V S.A.C.

**DIRECCIÓN** : Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

MARCA : OHAUS  
MODELO : R31P30  
NÚMERO DE SERIE : NO INDICA  
ALCANCE DE INDICACIÓN : 30 000 g  
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 g  
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 10 g  
CLASE DE EXACTITUD : III  
PROCEDENCIA : CHINA  
IDENTIFICACIÓN : BAL-02 (\*)  
TIPO : ELECTRÓNICA  
UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-02-21

Q&M EXACTITUD PERU S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado sólo puede ser difundido o reproducido en su totalidad, para los extractos o modificaciones se requiere de la autorización de Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El presente certificado de calibración no tiene validez sin la firma electrónica del responsable del laboratorio de calibración de Q&M EXACTITUD PERU S.A.C.

La Ley N° 27269 tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una firma manuscrita u otra análoga que conlleve manifestación de voluntad.

**3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

  
Juan C. Quispe Morales  
Licenciado en Física  
CFP N° 0664





# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-017-2022

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,3 °C
Humedad Relativa	61 %HR	62 %HR

### 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS 1 mg a 2 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-0808-001-21
PESAS 1 g a 2 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0598-2021
PESAS 5 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0597-2021
PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0598-2021
PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-0599-2021

### 7. OBSERVACIONES

- (\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL(g)	E (g)	I (g)	ΔL(g)	E (g)
1	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
2	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
3	15 000	0,5	0,0	29 999	0,4	-0,9
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
5	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
7	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
9	14 999	0,4	-0,9	30 000	0,5	0,0
10	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
Diferencia Máxima			0,9	0,9		
Error máximo permitido			± 20,0 g	± 30,0 g		

Ca. 4 Mz. / Lt. 19 Asc. de Vivienda Tres Horizontes, San Martín de Porres - Lima - LIMA  
Cel.: 991 288 361 / 912 584 336  
Telf.: 01-3770766

ventas@exactitudperu.com  
metrologia@exactitudperu.com  
www.exactitudperu.com

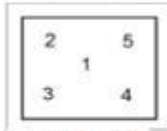


# Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-017-2022

Página 3 de 3



### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Carga mínima*	Determinación de E <sub>p</sub>			Determinación del Error corregido					
		I (g)	ΔL (g)	E <sub>o</sub> (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
Vista Frontal		Temp. (°C)		Inicial	Final					
				18,6	18,6					
1	10,0 g	10	0,5	0,0	10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,0	
2		10	0,5	0,0		9 999	0,4	-0,9	-0,9	
3		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0	
4		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9	
5		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0	
						Error máximo permitido : ± 20,0 g				

(\*): valor entre 0 y 10 e

### ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p. <sup>(**)</sup> (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
10,0	10	0,5	0,0						
20,0	20	0,5	0,0	0,0	20	0,5	0,0	0,0	10,0
500,0	500	0,5	0,0	0,0	500	0,5	0,0	0,0	10,0
1 000,0	1 000	0,5	0,0	0,0	1 000	0,5	0,0	0,0	10,0
2 000,0	2 000	0,5	0,0	0,0	2 000	0,5	0,0	0,0	10,0
5 000,0	5 000	0,5	0,0	0,0	5 000	0,5	0,0	0,0	10,0
10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,0	10 000	0,5	0,0	0,0	20,0
15 000,0	15 000	0,5	0,0	0,0	15 000	0,5	0,0	0,0	20,0
20 000,8	20 001	0,6	0,1	0,1	20 001	0,6	0,1	0,1	20,0
25 000,8	25 001	0,6	0,1	0,1	25 001	0,6	0,1	0,1	30,0
30 000,8	30 001	0,6	0,1	0,1	30 001	0,6	0,1	0,1	30,0

(\*\*) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).  
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación.  
E<sub>o</sub> : Error en cero.

E<sub>c</sub> : Error corregido.  
ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R - 5,56 \times 10^{-7} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,56 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 1,03 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en g

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.





**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV - 170 - 2021**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

**6. Método de Verificación**

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

**7. Lugar de Verificación**

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,6 °C	21,6 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla de acero Clase I INACAL DM/LLA-256-2017	Regla de acero de 1000 mm con incertidumbre de 0,1 mm	INACAL DM LLA-052-2018
Magnificador óptico con retícula de medición. INACAL DM/LLA-043-2017		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.



Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

**INFORME DE VERIFICACIÓN  
MT - IV - 170 - 2021**

Página 3 de 3

**11. Resultados**

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

**DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA**

Altura (mm)	Profundidad (mm)	Ancho (mm)
50,88	150,16	125,05

**DIMENSIONES DE LA COPA**

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
53,57	2,01	47,41

---

Fin del Documento

---