



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Estabilización de subrasante usando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en Camino Huamilancha, Sayán, 2023

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores

Diland Sebastián Verde Sánchez
Andres Alejandro Samanamud Díaz

Asesor

Mg. Cristian Milton Mendoza Flores

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento – No Comercial – Sin Derivadas – Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN LICENCIADA

Facultad: Ingeniería Civil

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Verde Sanchez, Diland Sebastian	72813259	09/05/2024
Samanamud Diaz, Andres Alejandro	76344271	09/05/2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Mendoza Flores, Cristian Milton	16711622	0000-0002-2298-6224
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS-PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Bautista Loyola, Francisco	15744389	0000-0001-8064-6941
Bazan Bautista, Ronnel Edgar	18010195	0000-0003-0349-6462
Perez Retuerto, Rony Geancarlo	42212783	0009-0003-7870-2539

ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	18%	5%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	vsip.info Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%



PRESIDENTE

DR. BAUTISTA LOYOLA FRANCISCO



SECRETARIO

M(o). BAZAN BAUTISTA RONNEL EDGAR



VOCAL

M(o). PEREZ RETUERTO RONY GEANCARLO



ASESOR

M(o). MENDOZA FLORES CRISTIAN MILTON

DEDICATORIA

Este trabajo está dirigido a mis padres, Víctor y Elsa, quienes me respaldan sin reservas y me han transmitido principios esenciales, además de enseñarme sobre el valor de la vida, el esfuerzo y el compromiso.

Andrés Samanamud Díaz

Es mi deseo dedicar la presente investigación a las dos personas que han sido mi brújula durante toda mi vida, mis padres Rosario y Jorge. Sin su apoyo y confianza incondicional no sería la persona que soy en este momento.

Diland Verde Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestros padres, por guiarnos y proporcionar claridad en nuestro camino, por brindar un apoyo incondicional a lo largo de todo este arduo y desafiante trayecto, respaldándonos en cada paso del camino y siendo una fuente constante de fortaleza y aliento. A nuestros queridos amigos y compañeros, a quienes agradecemos por sus valiosos consejos, así como por los inolvidables momentos compartidos durante esta trascendental etapa de nuestra vida universitaria. De igual forma a los docentes que nos enseñaron conocimientos y brindaron consejos basados en su amplia experiencia, durante la carrera universitaria. Finalmente, agradecer a nuestro asesor por su constante apoyo durante todas las etapas que nos tomó realizar y culminar la presente de la investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE	vi
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1. Descripción de la realidad problemática	20
1.2. Formulación del problema	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problemas específicos	21
1.3. Objetivos de la investigación	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos	22
1.4. Justificación de la investigación	23
1.5. Delimitación de la investigación	25
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	26
2.1. Antecedentes de la investigación	26
2.1.1. Investigaciones internacionales	26
2.1.2. Investigaciones nacionales	29
2.2. Bases teóricas	31
2.3. Bases filosóficas	50
2.4. Definición de términos básicos	51
2.5. Hipótesis de Investigación	53
2.5.1. Hipótesis general	53

2.5.2. Hipótesis específicas	53
2.6. Operacionalización de las variables	54
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	55
3.1. Diseño metodológico	55
3.2. Población y muestra	57
3.2.1. Población	57
3.2.2. Muestra	57
3.3. Técnicas de recolección de datos	58
3.4. Técnicas para el procesamiento de información	59
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	60
4.1. Análisis de resultados	60
4.2. Contrastación de hipótesis	78
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	85
5.1. Discusión de resultados	85
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
6.1. Conclusiones	93
6.2. Recomendaciones	96
REFERENCIAS	98
7.1. Fuentes documentales	98
7.2. Fuentes bibliográficas	101
7.3. Fuentes hemerográficas	103
7.4. Fuentes electrónicas	103
ANEXOS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS. Tomado de MTC (2014)	32
Figura 2. Clasificación según AASHTO M 145. Tomado de MTC (2014)..	33
Figura 3. Agente estabilizador sugerido. Tomado de Estabilización de suelos, por Montejo et al., 2018. Ediciones de la U.	39
Figura 4. Diagrama de barras comparativo del IP, LL y LP de la subrasante adicionando AVR y PP	61
Figura 5. Polígono de frecuencia de la variación porcentual del índice de plasticidad al adicionar AVR y PP respecto del suelo de subrasante natural	63
Figura 6. Gráfica de ensayo de límite líquido con diferentes dosificaciones	64
Figura 7. Diagrama de barras comparativo de la MDS de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP	65
Figura 8. Polígono de frecuencia de la variación porcentual de la MDS al adicionar AVR y PP respecto a subrasante inalterada.....	66
Figura 9. Curvas de compactación del ensayo de Proctor modificado con diferentes dosificaciones.....	67
Figura 10. Diagrama de barras comparativo del OCH de suelo de subrasante adicionando AVR y PP	69
Figura 11. Polígono de frecuencia de la variación porcentual del óptimo contenido de humedad al adicionar AVR y PP respecto del suelo de subrasante natural.....	69
Figura 12. Diagrama de barras del CBR de suelo al 95% (0.1”) de la subrasante agregando AVR y PP	71
Figura 13. Polígono de frecuencia de la variación porcentual del CBR de suelo al 95% (0.1”) al adicionar AVR y PP respecto del suelo de subrasante natural.....	72
Figura 14. Diagrama de barras comparativo de la RCNC de subrasante adicionando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra.....	74
Figura 15. Gráfica esfuerzo-deformación obtenida durante el ensayo de RCNC de múltiples dosificaciones.....	74
Figura 16. Polígono de frecuencia de la variación porcentual del esfuerzo a la compresión no confinada al adicionar AVR y PP respecto de la subrasante natural ...	76
Figura 17. Diagrama de barras comparativo entre los resultados de ensayos al adicionar AVR y PP al suelo de subrasante natural.....	77
Figura 18. Diagrama de barras comparativo entre las variaciones porcentuales de los ensayos al adicionar AVR y PP al suelo de subrasante natural respecto del suelo en su estado natural	77
Figura 19. Índice de plasticidad obtenido para los materiales de diferentes autores. ...	86
Figura 20. Máxima densidad seca obtenido para los materiales de diferentes autores.	88
Figura 21. Óptimo contenido de humedad obtenido para los materiales de diferentes autores.....	89
Figura 22. CBR al 95% obtenido para los materiales de diferentes autores.....	91

Figura 23. Compresión no confinada obtenido para los materiales de diferentes autores	92
Figura 24. Ubicación del departamento de Lima y provincia de Huaral. Elaboración propia. Esta figura muestra la ubicación del departamento de Lima respecto del mapa del Perú. Asimismo, muestra las provincias que conforman el departamento de Lima, entre las que se encuentra la provincia de Huaura.....	106
Figura 25. Ubicación del distrito de Sayán. Tomado de INEI (2007).....	107
Figura 26. Ubicación de camino Huamilancha. Extraído de Google Earth (2023)....	107
Figura 27. Ubicación de calicatas C-1, C-2 y C-3. Extraído de Google Earth (2023)	109
Figura 28. Curva granulométrica del suelo de subrasante natural, calicata C-1, C-2 y C-3	112
Figura 29. Diagrama de barras comparativo de suelo de subrasante natural que pasa la malla N°200, calicatas C-1, C-2 y C-3	113
Figura 30. Diagrama de barras comparativo del IP, LP y LL de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3.....	114
Figura 31. Delimitación previa excavación de la calicata C-1	119
Figura 32. Final de Excavación de calicata C-1	119
Figura 33. Delimitación previa excavación de la calicata C-2	119
Figura 34. Final de Excavación de calicata C-2	119
Figura 35. Delimitación previa excavación de la calicata C-3	120
Figura 36. Final de Excavación de calicata C-3	120
Figura 37. Fachada de Lubricentro Zoilo, colaborador de aceite vehicular reciclado	120
Figura 38. Recolección de Aceite Vehicular Reciclado	120
Figura 39. Cantera proveedora de Piedra Caliza	120
Figura 40. Recolección de Piedra Caliza	120
Figura 41. Cantidad Final de Piedra Caliza Recolectada.....	121
Figura 42. Ensayo de Granulometría del suelo de subrasante natural, peso de muestra inicial	121
Figura 43. Ensayo de Granulometría del suelo de subrasante natural, introducción de muestra en la serie de tamices.....	121
Figura 44. Ensayo de Granulometría del suelo de subrasante natural, tamizado manual	121
Figura 45. Ensayo de CH del suelo de subrasante natural, introducción de muestra al horno a 110°C.....	121
Figura 46. Ensayo de CH del suelo de subrasante natural, retiro de muestra del horno	121
Figura 47. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, obtención de material pasante del tamiz N° 40.	122
Figura 48. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, mezcla de la muestra de suelo con agua.....	122

Figura 49. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, uso del acanalador para dividir la muestra en la copa de Casagrande.....	122
Figura 50. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, conteo de número de golpes en la copa de Casagrande.....	122
Figura 51. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, pesaje de la muestra húmeda luego de realizado el ensayo	122
Figura 52. Ensayo de LP del suelo de subrasante natural, obtención de varillas de 3.2 mm de diámetro	122
Figura 53. Ensayo de LP del suelo de subrasante natural, recolección de varillas fisuradas	123
Figura 54. Ensayo de LL y LP del suelo de subrasante natural, secado de las muestras en horno a 110°C	123
Figura 55. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante inalterada, pesaje de la muestra.....	123
Figura 56. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante inalterada, pesaje del agua agregada	123
Figura 57. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante inalterada, pesaje de la probeta.....	123
Figura 58. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante inalterada, vertido de la segunda capa de muestra en el interior de la probeta.....	123
Figura 59. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante natural, compactación de la muestra mediante pisón.....	124
Figura 60. Ensayo de CBR del suelo de subrasante natural, moldes para ensayos de CBR	124
Figura 61. Ensayo de CBR del suelo de subrasante natural, apisonado de muestra M-01 dentro del molde para ensayos de CBR.	124
Figura 62. Ensayo de CBR de la subrasante inalterada, molde con la muestra M-01 preparado para ingresar a la máquina para ensayos de CBR	124
Figura 63. Ensayo de CBR del suelo de subrasante natural, máquina manual para ensayos de CBR con la muestra M-01 en su interior.....	124
Figura 64. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, vertido de agua según óptimo contenido de humedad.	124
Figura 65. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, peso del espécimen compactado	125
Figura 66. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, colocación de espécimen dentro de la máquina de compresión.	125
Figura 67. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, aplicación de carga manual.....	125
Figura 68. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, espécimen luego de fallar al llegar a su valor de esfuerzo a la compresión no confinada.....	125
Figura 69. Ensayo de Abrasión al Desgaste, pesaje de muestra inicial de piedra	125

Figura 70. Ensayo de Abrasión al Desgaste, tamizaje de muestra según la gradación A en agregados gruesos de tamaños menores.....	125
Figura 71. Ensayo de Abrasión al Desgaste, muestra antes de su ingreso a la máquina de Los Ángeles.....	126
Figura 72. Ensayo de Abrasión al Desgaste, muestra luego de terminada la abrasión	126
Figura 73. Ensayo de Abrasión al Desgaste, separación de muestra según el tamiz N°10	126
Figura 74. Obtención de polvo de piedra por tamizado, colocación de muestra resultante luego de pasar por la máquina de Los Ángeles dentro del tamiz N°40	126
Figura 75. Obtención de polvo de piedra por tamizado, tamizado manual a través de la malla N°40	126
Figura 76. Obtención de polvo de piedra por tamizado, polvo de piedra resultante ..	126
Figura 77. Ensayo de viscosidad del aceite vehicular reciclado	127
Figura 78. Ensayo de viscosidad del aceite vehicular reciclado	127
Figura 79. Entrega de polvo de piedra al Laboratorio Labicer, ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería, para la realización del ensayo de fluorescencia de rayos X.....	127
Figura 80. Espectrómetro de fluorescencia de	127
Figura 81. Ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, pesaje de agregados necesarios para el ensayo	127
Figura 82. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, mezclado de agregados y suelo	127
Figura 83. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, conteo de número de golpes en la copa de Casagrande.....	128
Figura 84. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, almacenamiento de muestra húmeda para el horno.....	128
Figura 85. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, elaboración de cilindros para ensayo de límite líquido	128
Figura 86. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, colocado de muestras en el horno a 110°C.....	128
Figura 87. Entrega de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra a laboratorio JJ Geotecnia	128
Figura 88. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, mezclado de suelo con los agentes estabilizadores para obtener la muestra M-02.....	128
Figura 89. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, compactación de la muestra M-02 mediante pisón.....	129

Figura 90. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, pesaje de aceite vehicular reciclado necesario para obtener la muestra M-03	129
Figura 91. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, pesaje de polvo de piedra necesario para obtener la muestra M-03.....	129
Figura 92. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, compactación de la muestra M-03 mediante pisón.....	129
Figura 93. Ensayo de CBR de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, mezclado de suelo con los agentes estabilizadores para obtener la muestra M-05	129
Figura 94. Ensayo de CBR de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, compactación de muestra M-05 dentro del molde de ensayo CBR mediante apisonamiento	129
Figura 95. Ensayo de CBR de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, molde con la muestra M-05 preparado para ingresar a la máquina para ensayos de CBR	130
Figura 96. Ensayo de CBR de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, máquina manual para ensayos de CBR con la muestra M-05 en su interior	130
Figura 97. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, componentes de acuerdo a la dosificación establecida previo a su mezclado	130
Figura 98. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, mezclado del suelo con el polvo de piedra	130
Figura 99. Ensayo de c RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, vertido de aceite vehicular reciclado a la mezcla de suelo-polvo de piedra	130
Figura 100. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, pesaje de espécimen compactado M-02 (con adición de 6% AVR + 10% PP).....	130
Figura 101. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, medición de altura y diámetro de espécimen M-02.....	131
Figura 102. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, colocación de espécimen M-02 dentro de la máquina de compresión	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del suelo de acuerdo a su IP	46
Tabla 2. Subrasante en relación al valor de CBR	49
Tabla 3. Categoría de subrasante en relación al valor de RCNC.....	50
Tabla 4. Técnicas e instrumentos utilizados	58
Tabla 5. LL, LP e IP de suelo de subrasante adicionando AVR y PP	60
Tabla 6. Propiedades de suelos en relación al IP al adicionar AVR y PP a la subrasante inalterada.....	62
Tabla 7. MDS de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP	65
Tabla 8. OCH de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP	68
Tabla 9. CBR de suelo de subrasante adicionando AVR y PP	70
Tabla 10. Categoría de subrasante en relación al CBR del suelo de subrasante adicionando AVR y PP	72
Tabla 11. RCNC de subrasante adicionando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra	73
Tabla 12. Consistencia en relación a la RCNC del suelo de subrasante adicionando AVR y PP.....	75
Tabla 13. Resultados de ensayos al adicionar AVR y PP al suelo de subrasante natural	76
Tabla 14. Modelo lineal para índice de plasticidad.	78
Tabla 15. Análisis de varianza para índice de plasticidad.	78
Tabla 16. Modelo lineal para MDS.	79
Tabla 17. Análisis de varianza para MDS.	80
Tabla 18. Modelo lineal para OCH.....	81
Tabla 19. Análisis de varianza para OCH.....	81
Tabla 20. Modelo lineal para la resistencia a la penetración	82
Tabla 21. Análisis de varianza para resistencia a la penetración	82
Tabla 22. Modelo lineal para RCNC	83
Tabla 23. Análisis de varianza para resistencia a la compresión no confinada	84
Tabla 24. Número de calicatas de acuerdo a la longitud y tipo de carretera	108
Tabla 25. Ubicación de calicatas C-1, C-2 y C-3	109
Tabla 26. Número de calicatas y dosificaciones de la investigación.....	110
Tabla 27. Granulometría de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3 ...	111
Tabla 28. Porcentaje de suelo de subrasante natural que pasa la malla N°200, calicatas C-1, C-2 y C-3	112
Tabla 29. IP, LP y LL de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3.....	113
Tabla 30. Clasificación SUCS y AASHTO de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3	115
Tabla 31. Porcentaje de desgaste a la abrasión de piedra natural	116
Tabla 32. Viscosidad del aceite vehicular reciclado.....	118

RESUMEN

En el distrito de Sayán, la mayoría de vías que enlazan los núcleos poblacionales y terrenos agrícolas circundantes son caminos rurales en mal estado. El propósito de la investigación es determinar el comportamiento que ocasionará la adición de Aceite Vehicular Reciclado (AVR) y Polvo de Piedra (PP) en la estabilización de subrasante del camino Huamilancha. Se empleó una metodología de tipo aplicada, diseño cuasiexperimental y enfoque cuantitativo. Su población y muestra fue una longitud de 1.722 km.

Los resultados indican que el suelo en condición natural es un A-6, es decir arcilloso de baja plasticidad, presenta una máxima densidad seca de 1.977 g/cm³, asimismo un óptimo contenido de humedad de 10.30%, también resistencia a la compresión no confinada de 2.71 kg/cm² y Californian Bearing Ratio (CBR) de 12.20% ubicándose como subrasante buena. La adición de 6% de AVR y 15% de PP mostró los mejores resultados incrementando la MDS a 2.047 g/cm³, el OCH se disminuye a 4.90%, la resistencia a la compresión no confinada obtuvo un valor de 1.02 kg/cm² y el CBR al 95% aumentó a 25.50%, ubicándose como subrasante muy buena. Se concluye que el suelo con la adición de AVR Y PP, mejora sus propiedades físicas y mecánicas.

Palabras clave: Subrasante, estabilización, aceite reciclar vehicular, polvo de piedra, carretera.

ABSTRACT

In the Sayán District, most of the roads that link population centers and surrounding agricultural lands are rural roads that are in poor condition. The purpose of the research is to determine the behavior that the addition of Recycled Vehicle Oil (RVO) and Stone Powder (SP) will cause in the subgrade stabilization of the Huamilancha road. An applied methodology, quasi-experimental design, and quantitative approach were employed. Its population and sample had a length of 1,722 km.

The results indicate that the soil in its natural state is classified as A-6, meaning it is low-plasticity clay, with a maximum dry density of 1,977 g/cm³ and an optimum moisture content of 10.30%, also resistance to unconfined compressive strength of 2.71 kg/cm² and a California Bearing Ratio (CBR) of 12.20%, classifying it as a good subgrade. The addition of 6% RVO and 15% SP yielded the best results, increasing the Maximum Dry Density (MDD) to 2,047 g/cm³, reducing the Optimum Moisture Content (OMC) to 4.90%, achieving an unconfined compressive strength of 1.02 kg/cm², and raising the CBR to 25.50% at 95%, classifying it as a very good subgrade. It is concluded that the soil, with the addition of RVO and SP, improves its physical and mechanical properties.

Keywords: Subgrade, stabilization, vehicle recycling oil, stone powder, road.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del país, la construcción de carreteras es un sector altamente solicitado pues muchas ciudades emergentes o zonas de comercio de productos requieren de vías de transporte adecuadas para realizar las actividades concernientes a su rubro. El proceso constructivo de estas presenta un nivel de complejidad variado de acuerdo a la ubicación y el nivel de tráfico de la vía en la que se quiere trabajar, pues algunas de estas presentarán subrasantes de mejores o peores características que otras. Sin embargo, existe un método de mejoramiento de subrasantes, denominado estabilización, que permite que estas lleguen a propiedades óptimas para la futura construcción de una carretera a lo largo de esta.

La estabilización de suelos se basa en que, agregando cierto porcentaje de material ajeno a la subrasante (ya sea cemento, cal, químicos, etc.), la subrasante obtendrá una mejora en sus características respecto a su funcionamiento en soledad. Es por este motivo que, para la presente investigación se presentan como agentes estabilizadores al aceite vehicular reciclado (6% y 8%) y al polvo de piedra (10% y 15%), los cuales serán incorporados en conjunto en diferentes combinaciones de porcentajes a la subrasante del camino Huamilancha, ubicado en el distrito de Sayán, provincia de Huaura, departamento de Lima.

Este trabajo está estructurado en seis capítulos de manera secuencial y ordenada; el primero nos expone la problemática planteada, describiendo su contexto. y planteándonos el problema general del trabajo: ¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la estabilización de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán? Asimismo, son trazados los objetivos, justificación y demás puntos claves.

El capítulo consecutivo se titula marco teórico y nos presenta los resultados de investigaciones que han tratado de manera similar la realidad problemática que se presenta en nuestra investigación, bases teóricas y términos básicos necesarios para el entendimiento de la presenta y finalmente se formula la hipótesis general: El uso de

aceite vehicular reciclado y polvo de piedra genera una optimización en la estabilización de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán.

En el tercer capítulo, metodología de la investigación, se dictamina el diseño que seguirá la investigación. De igual forma se expone la población y muestra seleccionada, y las técnicas de recolección, como también el procesamiento de información que usaremos durante el estudio.

El cuarto capítulo presenta los resultados que se obtuvieron luego de realizados los ensayos correspondientes a la muestra inalterada (sin ningún agente estabilizador) y a las 4 dosificaciones de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra añadidas a la subrasante. Los resultados obtenidos de los ensayos de límites de consistencia, compresión no confinada, Proctor modificado y CBR son comparados mediante tablas y gráficas.

El penúltimo capítulo, el quinto, es titulado discusión pues nos centraremos en comparar nuestros resultados con los de las investigaciones previamente presentadas en el capítulo dos. Esto se realiza con el fin de verificar los valores obtenidos y generar un debate científico con investigadores que presentaron hipótesis distintas a la nuestra.

Finalmente, el sexto capítulo, conclusiones y recomendaciones, concluye si las hipótesis planteadas durante el inicio de la investigación fueron verídicas o falsas. De ser verificada la hipótesis se estipula en qué dosificación existen mejores resultados para que puedan ser tomados en cuenta como una solución y variación a los agentes estabilizadores tradicionales; y de ser desmentida se recomienda la investigación sea tenida en cuenta por si en un futuro se desea realizar un estudio similar, de manera que no se repita la misma hipótesis.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Internacionalmente, las autoridades de cada nación encargadas de las infraestructuras de transporte y comunicaciones destinan grandes cantidades de dinero en el mantenimiento y/o reemplazo de pavimentos construidos anteriormente (Butt, Gupta, y Jha, 2016). Colombia, considerado uno de los grandes países en estado de desarrollo dentro de la región de Sudamérica, se enfrenta a la necesidad de incrementar la construcción de vías de transporte. Esto resulta en la necesidad de obtener materiales aptos para su construcción, los cuales presentan una dificultad mayor para ser obtenidos. Por ello nacen las alternativas constructivas, entre las cuales está la adición de agentes estabilizantes (cal, aceites, cemento, etc.) para lograr estabilizar los suelos. Este último tiene como fin que el suelo estabilizado cumpla los requerimientos establecidos para su uso en cada una de las capas del pavimento (Alarcon et al., 2020).

En el caso del Perú, si bien existen suelos sin ningún tipo de alteración que cumplen con las propiedades requeridas para proyectos de pavimentos; estos son encontrados en un menor porcentaje respecto de los suelos que no reaccionan correctamente de acuerdo a lo estipulado en el reglamento vigente, ya sea por desfavorables condiciones climáticas, meteorológicas y/o tráfico de gran magnitud. Es por este motivo que se da el reemplazo de suelos de pobres propiedades por uno de óptimas, teniendo en cuenta que la obtención de uno nuevo puede ser más complicado de lo uno puede pensar (Villanueva, 2021).

El distrito de Sayán, perteneciente al Valle Huaura-Sayán, dispone de una diversidad de suelos a variedad de tipos de suelos que albergan un considerable potencial agrícola. No obstante, desde hace mucho tiempo se enfrenta a desafíos considerables en lo que respecta a la planificación, ejecución y conservación de carreteras de calidad que conecten los terrenos circuncidantes con el centro del distrito. Prueba de lo antes mencionado es el hecho de que no es difícil encontrar

calles y vías en mal estado dentro del distrito de Sayán. Esto es principalmente producto de la mala ejecución de estas obras viales pues al no realizar un tratamiento correcto en la subrasante, suelo en el que reposará la carpeta asfáltica, resulta esto en desgastes y fisuras en el pavimento. Lamentablemente, si se siguen ejecutando carreteras, ignorando las deficientes propiedades del suelo de subrasante de esta zona y sin tomar acciones para su mejoramiento, los nuevos proyectos de carreteras estarán destinados a presentar fallos al poco tiempo de su construcción, concluyendo en gastos de mantenimiento o sustitución de estos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la estabilización de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

1.2.2. Problemas específicos

¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en los valores de índice de plasticidad de la subrasante Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la máxima densidad seca de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en el óptimo contenido de humedad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la resistencia a la penetración de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la resistencia a la compresión no confinada de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la estabilización de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en el índice de plasticidad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la máxima densidad seca de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en el óptimo contenido de humedad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la resistencia a la penetración de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la resistencia a la compresión no confinada de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación teórica

Por la mediante, se propone una nueva teoría dentro de la amplia asignatura de la estabilización de suelos, por medio de incorporación de materiales que permitan un mejor comportamiento. Esta nueva teoría se basa en realizar la estabilización al adicionar aceite vehicular reciclado y polvo de piedra, por lo que también será necesario adquirir nuevos conocimientos acerca de ambos materiales.

1.4.2. Justificación metodológica

A partir de este estudio se pretende aportar antecedentes de Ingeniería Civil, relacionados a la estabilización a través de ensayos de laboratorio combinando el aceite residual proveniente de vehículos y partículas de polvo de piedra con el suelo que constituye la subrasante, durante este proceso se emplearán técnicas de recolección de datos, utilizando instrumentos especializados, se realizarán ensayos señalados en el Manual de Carreteras, los resultados de estos serán expuestos en la presente y podrán ser aprovechados en próximas investigaciones relacionadas.

1.4.3. Justificación técnica

En este estudio se pretende incorporar el aceite vehicular reciclado y el polvo de piedra en la subrasante que será objeto de evaluación con la finalidad de perfeccionar sus características, utilizando los principios, poniendo en práctica los conceptos y procesos del Manual de carreteras correspondiente a estabilización de subrasante con ciertos materiales estabilizadores.

1.4.4. Justificación social

La comunidad en los alrededores del lugar de estudio, camino Huamilancha, requiere que la vía de transporte esté en óptimas condiciones, sean de calidad y que cumplan con el tiempo de vida planificado, en especial para poder realizar las labores de transporte de productos agrícolas de forma óptima. De este modo la población podrá tener un estilo de vida de mayor calidad debido a la simplificación y efectividad al momento de realizar sus labores cotidianas.

1.4.5. Justificación ambiental

La investigación propone al aceite vehicular reciclado como componente a adicionar al suelo, por lo que se lograría una disminución en la contaminación a través de este material pues generalmente estos residuos son desechados y no tienen ningún propósito. Asimismo, al tener al polvo de piedra como segundo aditivo se estaría dando una reutilización a este material que suele ser considerado como residuo luego del proceso de trituración de piedras dentro de las canteras.

1.4.6. Justificación económica

La creación de carreteras competentes facilita la realización de diversas actividades económicas y sociales en las zonas cercanas a estas vías. En este caso, la realización de una nueva carretera en el Camino Huamilancha significaría que los productos cultivados en la zona tendrían un transporte más rápido y eficaz, aumentando de esta forma su flujo comercial.

1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Delimitación espacial

La presente evaluó uno de los anexos del distrito de Sayán, llamado camino Huamilancha, localizado en la provincia de Huaura, perteneciente a la región Lima.

1.5.2. Delimitación temporal

Se efectuó en el rango de los meses de agosto y diciembre de 2023, periodo durante el cual se llevaron a cabo todos los ensayos descritos en este estudio, mediante los cuales se procedió a estabilizar el suelo al adicionar aceite vehicular reciclado y polvo de piedra.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales

Iqbal et al (2020), realizaron una investigación denominada: Effect of Used Motor Oil and Bitumen as Additive on the Permeability and Mechanical Properties of Low Plastic Soil, la cual tuvo como propósito el análisis del efecto del betún y aceite utilizado, ambos provenientes del petróleo, sobre las propiedades geotécnicas y químico-internas espectroscópicas en un suelo de escasa plasticidad, con el fin de su estabilización. Los elementos adicionados al suelo fueron analizados de manera individual, sin mezclarse, en porcentajes de 0%, 4%, 8%, 12%, 16% y 20%. Los datos recolectados nos señalan que el aceite aumenta el ángulo de fricción interna; además, si se utiliza en un 4%, el límite plástico y máxima densidad seca incrementan (con un mayor porcentaje decrecen). Mientras que, disminuye el OCH, CBR, cohesión, límite líquido, coeficiente de permeabilidad e índice de plasticidad. Finalmente, la investigación concluyó que se obtiene una estabilización efectiva usando un 4% de aceite, con valores de 45.9% de LL, 29.1% de LP, 16.8% de IP, 2.10 g/cm³ de MDS, 12.10% de OCH, 10% de CBR, 33.0 KPa de cohesión, 18° de ángulo de fricción interna y 5.202×10^{-6} de coeficiente de permeabilidad. Cabe resaltar que resulta contraproducente usar mayores porcentajes de aceite de motor usado como agente estabilizador. Por otro lado, se puede afirmar que el uso de betún (siendo el porcentaje óptimo al 20%) es más efectivo que el uso de aceite.

Del Castillo y Orobio (2020), presentaron un estudio denominado: Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante. La finalidad de este estudio fue analizar las características geotécnicas de una subrasante mayoritariamente de material fino al adicionarle aceite utilizado de motor en diferentes cantidades. Los resultados de los ensayos correspondientes realizados nos muestran que incorporando el material antes mencionado aumenta la máxima densidad seca y disminuye el límite líquido, límite plástico y OCH. Por otro lado, la resistencia a la compresión inconfiada presenta resultados invariables (hasta el 8%) y la permeabilidad.

Gadouri y Meziani (2023), realizaron una investigación denominada *Evaluating The Impact Of Motor Oil, CaSO₄·2H₂O And NaCl On The Behavior Of Lime-Stabilized High-Plasticity Grey Clayey Soil*. La investigación tuvo objetivo efecto del aceite de motor, CaSO₄·2H₂O y NaCl en el desempeño de un suelo conformado en su mayoría de arcilla gris de alta plasticidad y estabilizado con cal. El aceite de motor, CaSO₄·2H₂O y NaCl fueron analizados en primer lugar de manera individual, sin mezclarse, en porcentajes de 0%, 2% y 4%; posteriormente, cada uno de los tres elementos mencionados fueron mezclados con cal en porcentajes de 0%, 4% y 8%. Los resultados obtenidos nos muestran que mediante la incorporación de aceite se obtiene una descenso en el índice de plasticidad y CBR; sin embargo, el CBR incrementa levemente al agregarse cal a la mezcla suelo-aceite de motor.

Salih (2022), realizó una investigación denominada: *An Experimental Study of Compaction and Strength of Stabilized Cohesive Soil by Stone*

Powder. La intención del autor fue mejorar las propiedades de fuerza y compactación en suelos cohesivos mediante la inclusión de polvo de piedra natural en diferentes porcentajes (4%, 8%, 12% y 16%). Los resultados obtenidos luego de ser considerados 60 días de curado nos demuestran que la incorporación del polvo incrementa la MDS, ángulo de fricción, límite plástico, cohesión, esfuerzo cortante y capacidad de carga; sin embargo, disminuye el óptimo contenido de humedad, el índice de plasticidad, límite líquido y cantidad de arcilla. Finalmente, el valor óptimo de adición del agente estabilizador es de 16%.

Basack et al. (2021), llevaron a cabo un estudio denominado: A Comparative Study on Soil Stabilization Relevant to Transport Infrastructure using Bagasse Ash and Stone Dust and Cost Effectiveness. El objetivo fue investigar la idoneidad de la ceniza de bagazo y el polvo de piedra, por separado, como aditivos para estabilizar arcilla blanda, en términos de características de compactación y penetración. Cabe destacar que ambos materiales son adicionados y analizados de manera individual, en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8%, y 10%. Como resultados a los ensayos realizados respecto únicamente a la adición de polvo de piedra tenemos que la dosificación idónea del material estabilizante es 10%, generando una disminución de la MDS hasta un 7%; mientras que, aumenta OCH hasta un 61% y el CBR llegó a incrementarse en 170%.

2.1.2. Investigaciones nacionales

Huamán y Camacho (2022), realizaron una investigación llamada: Uso del Aceite Residual de Motor Diésel para Mejorar las Propiedades Mecánicas de la subrasante de un Pavimento, tuvieron el propósito de escrudñar el impacto del aceite reciclado de motor diésel en las características mecánicas de una subrasante. Según los resultados obtenidos después de llevar a cabo los ensayos durante la investigación, tenemos que la adición de aceite en diferentes cantidades (2%, 4%, 8%, 12%) reduce el LL, IP y humedad óptima; mientras que, aumenta el LP, MDS y el CBR. Finalmente, se resuelve que al adicionar 8% de aceite se generan desempeños óptimos respecto a la estabilización del suelo tratado, presentando IP de 27.635% y un CBR de 8.68%.

Huarsaya (2022), con el fin de obtener la titulación de Ingeniero Civil, presentó la siguiente tesis: Estabilización de suelo cohesivo de subrasante con aceite residual para la pavimentación de la Av. Santiago Geraldo, Juliaca, Puno, 2022, tuvo como propósito evaluar el impacto que tiene añadir aceite residual al estabilizar suelos de alta cohesión en la capa de subrasante con el fin de pavimentar carreteras. Los resultados obtenidos al añadir 2.5%, 5% y 7% de aceite residual nos dicen que disminuye el OCH, y aumenta el IP, MDS y CBR. La tesis presentada concluyó que la adición de 7.5% presentará los resultados más favorables, con valores máximos de un 12.50% de índice de plasticidad, 8.01% de contenido óptimo de humedad, 1.889 g/cm³ de MDS y 15.5% de CBR al 95%.

Jalanoca (2021), en la tesis presentada para obtener su titulación: Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021, se trazó la meta de medir el efecto generado en las características de la subrasante en la vía Platería Perka al adicionarle aceite residual. Los hallazgos obtenidos indican que la adición de aceite en variadas cantidades (1.5, 2.5, 3.5 y 4.5%) disminuye el OCH; mientras que, aumenta la MDS y el CBR al 95% y 100%, en ambos casos solo aumenta hasta alcanzar una dosificación de 3.5% (luego disminuye). La tesis presentada concluyó que la adición de 3.5% presentará los resultados más favorables, con valores máximos de 8.13% de contenido óptimo de humedad, 2.086 g/cm³ de máxima densidad seca, 63.50% de CBR al 95% y 83.50% de CBR al 100%.

Ruiz (2022), con el objetivo de adquirir el título de ingeniero civil, realizó la tesis: Evaluación de la incorporación de polvo de piedra chancada en la subrasante deteriorada por deformación, carretera Chota – Shitacucho. Durante la investigación se obtuvieron como resultados de los ensayos realizados que al incorporar polvo de piedra chancada en varias proporciones (0%, 2%, 4%, 6%, 10%) disminuye el IP, el OCH y el porcentaje de expansión; mientras que, aumenta la MDS, y el CBR al 95% y 100%. Finalmente, la tesis presentada llegó a la conclusión de que la inclusión de un 10% de polvo de piedra chancada presentará los resultados más favorables, con valores promedio de 4.61% de expansión, 8.53% de índice de plasticidad, 7.53% de óptimo contenido de humedad, 1.975 g/cm³ de máxima densidad seca, 12.37% de CBR al 95% y 13.60% de CBR al 100%.

Pino (2022), para lograr la obtención del título de ingeniero civil, desarrolló la siguiente tesis: Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022. Esta expone que, según los hallazgos de los ensayos efectuados, la adición de polvo en diferentes cantidades (5%, 10% y 20%) disminuye el límite líquido, IP, OCH; mientras que, incrementa los valores de límite plástico, la MDS y el índice de Soporte de California (CBR) al 95% y 100%. La tesis presentada concluyó que incorporar 20% de polvo presentará los resultados más favorables, con valores promedio de 29.38% de límite líquido, 22.78% de límite plástico, 6.60% de índice de plasticidad, 12.10% de óptimo contenido de humedad, 2.214 g/cm³ de máxima densidad seca, 9.50% de CBR al 95% y 19.60% de CBR al 100%.

2.2. Bases teóricas

Suelo

Es una capa delgada de material suelto y no consolidado que está presente en la superficie terrestre, se forma como resultado de la degradación y modificación física, biológica y química de las rocas. Este material puede asentarse o ser transportado y se ve influenciado por las actividades humanas (Ruiz, 2022).

Clasificación de suelos

La clasificación SUCS contempla suelos finos y gruesos, distinguiéndolos al separarlos mediante la malla de apertura 200, pues las partículas gruesas son aquellas que tienen un tamaño superior al de esta malla, mientras que las partículas finas son más pequeñas que esta. Así, podemos categorizar un suelo como fino o grueso

cuando la mayoría de sus partículas, en cuanto a su peso y tamaño, pertenecen a una u otra categoría (Juarez y Rico, 2005).

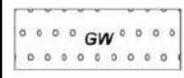
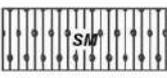
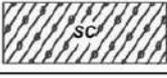
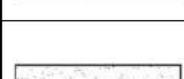
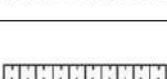
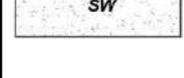
	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Figura 1. Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS. Tomado de MTC (2014)

Por otro lado, el sistema AASHTO M 145 se realiza utilizando la información de la fracción de la muestra de ensayo que atraviesa un tamiz de tamaño 200, así como el LL e IP de una fracción de elemento que atraviesa el tamiz número 40. Finalmente, se categoriza la muestra de suelo en el grupo idóneo, siguiendo las indicaciones de la tabla proporcionada (ASTM, 2015).

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 ^(a)	mín. 11 ^(b)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-18:182-6 (3), A-4(5), A-7-5 (17), etc
 $IG = (F-35) [0.2+0.005 ((LL-40))] +0.01 (F-15) (IP-10)$.

Figura 2. Clasificación según AASHTO M 145. Tomado de MTC (2014).

Propiedades de los suelos

El ingeniero busca propiedades clave en los suelos, como la estabilidad de volumen, fuerza mecánica, permeabilidad, resistencia a la degradación y capacidad de compresión. Estas propiedades son fundamentales para garantizar la integridad de las estructuras como pavimentos, postes, tuberías y muros, ya que los cambios en la humedad pueden causar daños. La presencia de arcillas sensitivas y la permeabilidad también son factores importantes a considerar. Además, la durabilidad es esencial para asegurar la vida útil del suelo frente a la abrasión, al desgaste por la intemperie y la erosión. Por último, la compresibilidad puede afectar la capacidad del suelo para facilitar el paso de líquidos y/o gases mediante él, y de resistir esfuerzos cortantes, lo que puede desencadenar desplazamientos. Estas propiedades pueden modificarse mediante métodos mecánicos, sistemas de drenaje, variaciones de temperatura o la inclusión de estabilizadores (Duque y Escobar, 2016).

Tipos de suelos

Los suelos se clasifican en diferentes tipos según sus características. Las gravas son fragmentos sueltos de rocas con diámetro superior a dos milímetros, que se desgastan y redondean cuando son transportadas por el agua. La arena está compuesta por elementos de partículas finas derivados de la erosión de rocas o la reducción artificial mediante trituración, con elementos con diámetros que oscilan entre los 2 mm y 0.05 mm. Son materiales no plásticos, que no experimentan contracción al secarse y tienen una compresibilidad menor que la de las arcillas. Los limos se definen como materiales finos con mermada permeabilidad y alta compresibilidad, con partículas que tienen un diámetro entre 0.05 mm - 0.005 mm. Por último, la arcilla se compone de elementos sólidos cuyo tamaño de diámetro es menor a 0.005 mm que adquieren plasticidad al mezclarse con agua (Crespo, 2004).

Suelos cohesivos

Se distinguen por presentar una permeabilidad reducida, esto dificulta el flujo del agua, por medio de sus diminutos espacios porosos, y por su alta capacidad de compresión. Esto significa que los suelos compuestos por arcilla, limo y arena son propensos a colapsar si aumenta su contenido de humedad (Bañón y Beviá, 2017).

Suelos no cohesivos

Se consideran así a los que no presentan la característica de una alta atracción intermolecular. Ejemplo de estos son aquellos integrados por elementos de roca con nula cementación, como es el caso de la arena y grava (Crespo, 2004).

Suelos arcillosos

Las arcillas son conjuntos de partículas extremadamente pequeñas que se originan a través de la reacción química de descomposición de los elementos constituyente de las rocas. Este tipo de suelo se distingue por tener una amplia gama de contenido de humedad, lo que le confiere propiedades plásticas. Además, en su estado natural, las arcillas se caracterizan por ser altamente rígidas (Terzagui et al., 1996). Un aspecto adicional que debe considerarse en relación a los suelos arcillosos es su tendencia a ser inestables con el paso del tiempo. Tanto las alteraciones naturales como las causadas por actividades humanas tienen la capacidad de ocasionar transformaciones sustanciales en la estructura y constitución de las arcillas, lo cual afecta su resistencia, deformabilidad y capacidad de expansión, entre otras características (Gonzales et al., 2002).

Suelo limoso

Los elementos limosos suelen tener una forma irregular y poco comunes, rara vez presentan superficies lisas o pulidas. Mayormente son partículas extremadamente pequeñas, y su componente mineral principal es el cuarzo, lo que generalmente las hace químicamente inertes. La porción limosa exhibe cierta capacidad para adquirir plasticidad, cohesión y capacidad de adsorción, gracias a una fina capa de arcilla que envuelve las partículas de esta fracción. No obstante, esta capacidad es significativamente menor en comparación con la parte de sedimento de arcilla propiamente dicha (Rucks et al. 2004).

Carreteras

La infraestructura de transporte terrestre técnicamente acondicionada para la circulación de motorizados al menos dos ejes, cuyas características geométricas, deben cumplir con las regulaciones técnicas actuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014).

Pavimentos

Es la estructura conformada por múltiples capas que descansa completamente sobre un terreno debidamente preparado, con el propósito de resistir y soportar cargas a lo largo de un intervalo temporal determinado denominado período de diseño, y en un margen de funcionamiento definido. Esta descripción engloba diferentes clases de superficies, como pistas, áreas de estacionamiento, aceras, pasos para peatones y ciclovías (Norma Técnica E.010, 2010).

Diseños de pavimentos

El proceso de diseño de pavimentos implica determinar los espesores individuales de las partes que componen el pavimento, con la finalidad de asegurar su facultad para soportar las cargas a lo largo de un período de tiempo definido. El diseño del pavimento debe garantizar que las cargas causadas por acción vehicular no provoquen alteraciones permanentes de gran magnitud (Rondón y Reyes, 2007).

Tipos de pavimentos

La clasificación de los pavimentos como flexibles o rígidos se define de acuerdo a cómo transmiten cargas y deformaciones a las capas subyacentes, esto está determinado por la relación de resistencias relativas entre esas capas. El pavimento

flexible transfiere los esfuerzos focalizados en un área limitada, mientras que un pavimento rígido dispersa las cargas en un área más extensa (Menéndez, 2012).

Deterioro de vías

Los fallos se generan a raíz de acciones complejas compartidas entre elementos de diseño, construcción, tráfico y entorno ambiental. La combinación de estos elementos es lo que origina un gasto constante y gradual del pavimento, un problema que empeora cuando no se brinda un mantenimiento respectivo a la vía (Suárez, 2019).

Subrasante

La subrasante se refiere a la capa superior del suelo natural. Para ser considerada una subrasante adecuada, debe ser competente a una profundidad de al menos 0.60 m y tener un índice de Soporte California (CBR) igual o superior al 6%. Si ocurre que el valor CBR perteneciente a la subrasante sea menor al 6%, se considera deficiente o no competente, lo que requeriría estabilizar el suelo utilizando las opciones más óptimas según las necesidades del proyecto (MTC, 2014).

Estabilización de subrasante

Es un proceso utilizado con la intención de mejorar los atributos y características de la capa de suelo en mención. Este procedimiento implica la implementación de diversos procesos físicos, químicos y mecánicos que tienen como objetivo lograr características óptimas para utilizar el suelo como como fundamento de apoyo para la conformación del pavimento. Estos procesos pueden incluir la compactación del suelo, la adición de agentes químicos para mejorar su resistencia,

para fortalecer su capacidad de carga. Al recurrir a la técnica de estabilización de la subrasante, se persigue alcanzar un suelo con propiedades adecuadas que contribuyan a la durabilidad y funcionalidad del pavimento en términos de resistencia, capacidad de soporte y resistencia al deterioro causado por el tráfico y las condiciones climáticas (Rivera et. al, 2020).

Principales agentes estabilizadores

Puede haber varios estabilizadores aplicables a diferentes tipos de suelo, pero existen pautas generales para seleccionar los más adecuados según la textura y propiedades del suelo. Por ejemplo, el cemento Portland se utiliza con diversos tipos de suelo, pero debe mezclarse íntimamente con partículas finas para evitar su uso en suelos plásticos, es por este motivo que los materiales granulares bien graduados son ideales para estabilización con este material. Por otro lado, la cal se usa para reducir la plasticidad de suelos con alta plasticidad y mejorar su resistencia, las cenizas volantes se combinan con la cal para suelos con pocos materiales finos plásticos, y la combinación de cal, cemento y cenizas volantes se usa con éxito en capas de base. Asimismo, los materiales asfálticos o bituminosos se usan para impermeabilizar y fortalecer suelos granulares, y la adición de fibras pueden mejorar la resistencia, pero afectan la trabajabilidad (United States Department of Defense, 2020).

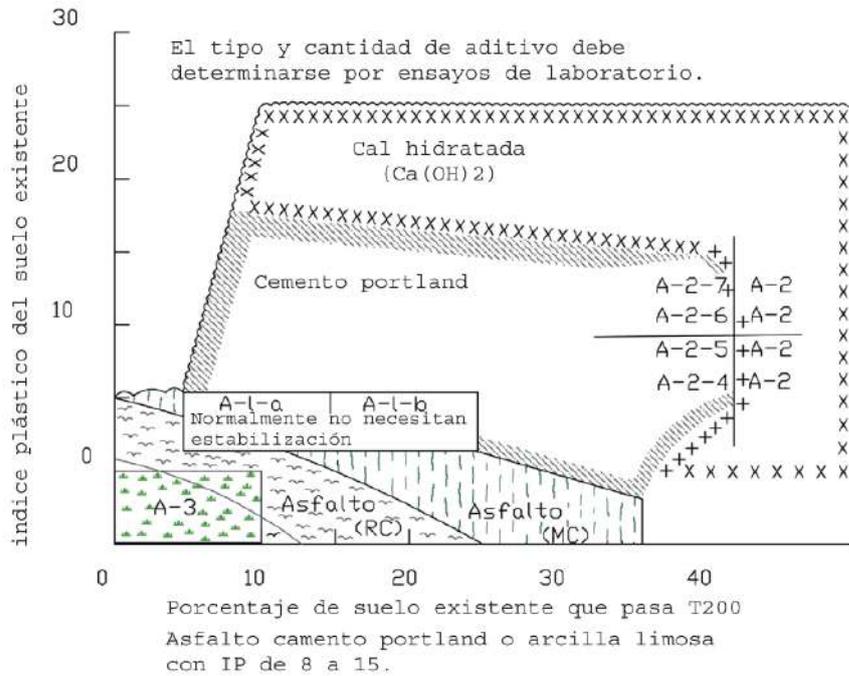


Figura 3. Agente estabilizador sugerido. Tomado de Estabilización de suelos, por Montejó et al., 2018. Ediciones de la U.

Base

Se refiere a la capa que está colocada justo encima de la sub-base, se coloca inmediatamente sobre el terraplén si no se utiliza una sub-base. Por lo general, la base está compuesta por elementos granulares como piedra, ya sea triturada o no, y también arena. En lo que respecta a las condiciones establecidas para los materiales utilizados en la capa de base, suelen existir normativas más rigurosas en comparación con los materiales de la sub-base, sobre todo en lo que respecta a la característica de plasticidad, granulometría y resistencia. En caso de que los materiales no cumplan con estas propiedades, es posible utilizarlos como materiales de base siempre y cuando se estabilicen adecuadamente empleando cemento Portland, asfalto o cal (Garber y Hoel, 2005).

Capa de rodadura

Es la lámina más alta del pavimento, también conocida como carpeta o revestimiento, esta es superficial y se sitúa directamente sobre de base. Se argumenta el objetivo primordial de esta, es salvaguardar la base al conferirle impermeabilidad a la superficie y prevenir la infiltración de agua de lluvia. Además, esta capa funciona como una barrera contra el desgaste causado por la fricción de las ruedas de los vehículos, previniendo el deterioro o desintegración. Por lo general, el grosor de esta capa varía entre 1/2 pulgada y 2 pulgadas. Sin embargo, si supera las 3 pulgadas, contribuye a mejorar la solidez del pavimento. Se utilizan diferentes variedades de mezclas asfálticas para la creación de esta capa, también referida como capa superficial o de desgaste (Olivera, 2009).

Aceite residual automotriz

Es definido como el resultado de utilizar aceites para el proceso de lubricación y enfriamiento de automóviles. Estos aceites presentan en su composición una combinación compleja de hidrocarburos alifáticos y aromáticos. Según los conceptos y opciones propuestas por los autores mencionados, se considera como alternativa la reutilización del aceite residual quemado como estabilizador de suelos (Pasaye et al., 2020).

Los aceites usados de los motores constituyen un elemento altamente polucionante que demanda un manejo adecuado y responsable. Su vertido en la superficie o en cuerpos de agua, considerando las alcantarillas, es capaz de ocasionar daños al medioambiente. Esto tiene el potencial de ocasionar la degradación de las aguas ubicadas debajo del suelo y este mismo (Fong et al., 2017).

Componentes del aceite residual

El aceite de lubricación empleado posee una variedad de sustancias químicas, como cromo, arsénico, entre otros, y compuestos de varios anillos de carbono, benceno y, en algunas situaciones, disolventes con cloro, entre diversas sustancias. Estas sustancias químicas impactan en la salubridad social, además varios de estos elementos pueden ser causantes de cáncer (Fong et al., 2017).

Viscosidad

Es la característica de un fluido en movimiento de oponerse a las fuerzas de corte. Se puede describir igual que la interacción entre el esfuerzo cortante aplicado y el cambio en la velocidad a través del fluido. Esta propiedad es análoga a la fricción presente en materiales sólidos. Está influenciada por diversos factores, como el grado de cohesión entre las partículas del fluido, y la temperatura (Masoliver et al., 2017).

Polvo de piedra

Corresponde a la acumulación de fragmentos minúsculos generados durante el proceso de trituración de piedra con propósitos específicos. La composición principal es sílice reactiva (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3), óxido de hierro (Fe_2O_3) y diversos componentes similares. Estos componentes adicionales pueden variar y pueden contener una gama de minerales y elementos presentes en la piedra original que se trituró. Estos pueden tener diferentes efectos y características, lo que contribuye a la composición y propiedades generales del polvo de piedra triturada (Sanjuán y Chinchón, 2018).

Fluorescencia de rayos X

Es una técnica espectroscópica que facilita identificar los elementos presentes en un espécimen al analizar los rayos X secundarios o fluorescentes que se emiten cuando se expone la muestra a rayos X primarios. Debido a que cada elemento posee niveles de energía únicos, su emisión de rayos X es también distintiva, lo que posibilita la determinación de la composición elemental de una muestra sin necesidad de dañarla (De la Cruz, 2018).

Resistencia al desgaste por medio de abrasión

La capacidad de resistencia al desgaste o dureza de un agregado está directamente influenciada por las características inherentes de la roca original. Este aspecto adquiere relevancia cuando las partículas experimentan fricción constante, como en el caso de pisos y pavimentos, requiriendo que los agregados utilizados posean una sólida resistencia para garantizar su durabilidad (Apaza, 2017). Esta es medida a través del ensayo por abrasión en la máquina de Los Ángeles que según el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2014), mediante la NTP 400.019 y NTP 400.020, se realiza en un cilindro metálico giratorio que alberga una cantidad dependiente de bolas de acero. Al girarlo, tanto la muestra como las esferas son recogidas y arrojadas a su parte contraria, lo que provoca una trituración por colisión o choque. Esto se repite durante la rotación del tambor, y tras una cantidad predeterminado de revoluciones, se realiza el tamizado del agregado con el fin de determinar su degradación, expresada en porcentaje de pérdida.

Granulometría

Este hace referencia a la manera que se distribuye cuantitativamente los diferentes tamaños de partículas en su forma granular. Esta distribución se evalúa mediante el paso de las partículas a través de tamices con aberturas de diferentes tamaños estándar (Castañeda, 2017).

Análisis granulométrico

Es el procedimiento que involucra el paso de una muestra de agregado por medio de sucesión de cribas o mallas con orificios que disminuyen gradualmente. La numeración del tamiz se basa en el tamaño de sus aberturas, y tanto las dimensiones de los tamices como la cantidad de agregado a analizar están establecidos según normas específicas. Se mide el peso del material atrapado en cada tamiz con el fin de crear una curva granulométrica, en la que se representa el diámetro del material en la abscisa y la proporción de material más fino en la ordenada (en otras palabras, la proporción de muestra que presenta un tamaño inferior al de la abertura de la malla correspondiente) (Romero, 2018).

Acorde a las regulaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) en la norma MTC E107, el análisis granulométrico se realiza dividiendo la muestra en la fracción retenida y pasante del tamiz N°4 para luego, de acuerdo a la información visual y palpable de la muestra, iniciar el tamizado manual de ambas fracciones. El movimiento durante el ensayo debe darse de manera tal que la muestra se mantenga en constante movimiento a través de los diferentes tamices. Una vez corroborado que el tamizado puede darse por culminado, se debe tomar nota de la

cantidad de masa que permanece atrapada en cada uno de los tamices para de esta manera obtener el porcentaje de estos respecto al peso de la muestra inicial.

Límites de Atterberg

Una muestra de suelo se encuentra en condición líquida en el momento que actúa como un fluido de alta viscosidad, alterándose bajo su carga propia y con una resistencia a la cizalladura prácticamente inexistente. A medida que el suelo pierde agua, disminuye la fluidez, pero se mantiene deformándose de manera plástica sin fisurarse. En caso de seguir el proceso de desecación, el suelo alcanza el estado semisólido, desmoronándose al intentar remodelarlo. A medida que se extrae más agua y el volumen del suelo deja de disminuir, y su color se aclara, es sólido el estado del suelo. La fase plástica se encuentra en un margen angosto de humedad entre los límites líquido (LL) y plástico (LP), definidos por medio del IP. Por consiguiente, estos son referidos a los niveles de humedad, específicamente para suelos finos (Duque y Escobar, 2016).

Límite Líquido (L.L.)

Porcentaje de humedad cuando el suelo alcanza el punto en que pasa de su fase líquida a su fase plástica. Para determinar este límite, se utiliza un método arbitrario que consiste en observar cuándo un surco separador trazado en una muestra se va sellando en todo el trayecto de su fondo en una extensión de 13 mm. Este cierre ocurre en el momento en que se suelta una copa llena de suelo en 25 ocasiones desde 1cm de altitud, a una velocidad de 2 caídas/segundo (INACAL, 2019).

Cabe destacar que existen dos métodos para obtener el límite líquido: el método multipunto y de un solo punto. Mediante el primero se busca obtener el cierre de la ranura dentro del equipo de Casagrande a través de tres ensayos distintos, con diferentes números de golpes en cada uno (15 a 25, 20 a 30 y 25 a 35 golpes). Luego de obtener los valores de CH de las tres pruebas, se realiza una gráfica semilogarítmica entre este y el número de golpes respectivo para de esta manera obtener una línea que atraviese las 3 intersecciones obtenidas. Finalmente, trazar una línea que nazca en el valor de 25 golpes y obtener el valor de contenido de humedad resultante del encuentro de esta con la línea inicialmente trazada, este valor será el límite líquido. Por otro lado, el método de un solo punto simplifica el procedimiento al obtener un solo valor de CH a los 25 golpes. La ecuación 1 presenta los cálculos necesarios para la obtención del LL mediante este método (MTC, 2016).

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} = kW^n \quad (1)$$

N son los golpes necesarios para obstruir el espacio del grado de humedad (Wn). Finalmente, K es el factor establecido de acuerdo al número de golpes.

Límite Plástico (L.P.)

Nivel de humedad mediante el cual un material cohesivo transita de su estado plástico a semisólido. En un entorno de laboratorio, este se resuelve al observar la medida de agua en el cual un hilo de suelo se desmorona fácilmente al enrollarlo hasta alcanzar un diámetro de 1/8 de pulgada (3,18 mm). (Braja, M., 2002). El proceso de desmoronamiento puede presentarse de manera diferente según el tipo de suelo. En aquellos altamente plásticos, el sólido se divide en fragmentos de una extensión aproximada de 6 mm, aun cuando en suelos plásticos los fragmentos son de menor tamaño (MTC, 2016).

$$LP = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \quad (2)$$

Índice de Plasticidad (I.P.)

Este proporciona información sobre el intervalo de humedad cuando un suelo muestra consistencia plástica, lo que simplifica su clasificación. Un índice de plasticidad elevado indica un suelo con alto contenido de arcilla, mientras que uno bajo sugiere un suelo con una proporción reducida de arcilla. Es importante tener en cuenta que la existencia de arcilla en un suelo puede conllevar un peligro, especialmente en la subrasante y la estructura del pavimento, debido a su notable vulnerabilidad al agua (MTC, 2014).

Tabla 1

Características del suelo de acuerdo a su IP

IP	Cantidad de arcilla en el suelo	Plasticidad
IP = 0%	Sin contenido de arcilla	No plástico
0% < IP < 7%	Poca arcilla	Baja
7% < IP < 20%	Suelo arcilloso	Media
20% < IP	Muy arcilloso	Alta

Tomado de Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos

Proctor modificado

Empleado con el fin de establecer la correspondencia entre el contenido de humedad y la masa por unidad de volumen seco de los estratos que fueron compactados en matrices o moldes en capas con dimensiones determinadas. Se realiza empleando un pisón se suelta desde una distancia elevada de 45.7 cm, lo cual

origina una fuerza de compactación. Mediante el Proctor, es factible calcular la MDS de un suelo en función a el nivel de humedad, siendo la influenciada por una energía de compactación (MTC, 2014).

Contenido de humedad

Se describe como la medida de agua contenida en un espécimen (como suelos, rocas, madera, etc.), determinada mediante métodos de análisis volumétrico o gravimétrico. En esta definición, se trata de la correspondencia entre la masa de agua y la del material en cuestión (Terzaghi, 1943).

Los suelos albergan una cierta cantidad de agua en sus partículas, aunque diferentes categorizaciones revelan variaciones en el nivel de contenido. Por ejemplo, los suelos orgánicos muestran un contenido de humedad más elevado. Actualmente, los porcentajes pueden ser calculados mediante análisis de laboratorio a partir de muestras tal como se encuentran en la naturaleza. Sin embargo, si el material es recolectado desde una ubicación distante hasta el laboratorio, se deben tomar precauciones para preservar su contenido de humedad y evitar que sea alterado en el proceso (Braja, 2016).

Densidad máxima

En el ámbito de la mecánica de suelos representa el nivel más alto de compactación que un suelo puede lograr mediante procesos de compactación específicos. Se puede definir a través de dos enfoques: la densidad máxima compactada seca, que señala la máxima densidad alcanzada cuando el suelo es compactado a la humedad ideal, y la densidad máxima obtenida en ensayo normal,

que se logra al compactar el suelo en un molde estandarizado en condiciones secas o húmedas. Por otro lado, la densidad mínima se refiere a la forma más suelta del suelo, donde las partículas están más separadas. La densidad relativa es un indicador que compara la compacidad real del suelo con su máxima densidad alcanzable en ensayos de laboratorio (Cardenas y Donoso, 2008).

Ensayo CBR

California Bearing Ratio, desempeña un papel esencial durante la etapa de diseño de carreteras de superficie flexible, especialmente cuando se sigue el método AASHTO. Esta relación hace referencia a la competencia de un suelo o capa de suelo para resistir cargas. Comúnmente, se utiliza la prueba de Índice de Soporte California (CBR, por sus siglas en inglés) para evaluar esta capacidad. En esta prueba, se mide la penetración de un pistón estándar de 3 pulgadas cuadradas (19.38 cm²) en una muestra preparada. La relación entre la carga necesaria para producir una penetración equivalente en una muestra de roca triturada de primera categoría (CBR = 100) es identificado como CBR del material evaluado (William, 1983).

Asimismo, el ensayo CBR permite clasificar al suelo de acuerdo a los valores resultantes luego de realizado el ensayo. La clasificación en relación al CBR es expuesta en la siguiente tabla.

Tabla 2

Subrasante en relación al valor de CBR

Código	Categoría de subrasante	CBR (0.1") al 95% (%)
S0	Inadecuada	$0 < \text{CBR} \leq 3\%$
S1	Insuficiente	$3 \leq \text{CBR} < 6\%$
S2	Regular	$6 \leq \text{CBR} < 10\%$
S3	Buena	$10 \leq \text{CBR} < 20\%$
S4	Muy buena	$20 \leq \text{CBR} < 30\%$
S5	Excelente	$30\% \leq \text{CBR}$

Tomado de Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Resistencia a la compresión no confinada (RCNC)

Tensión en la que un cilindro de material perteneciente a un suelo inalterado sin restricciones de aislamiento colapsa en un ensayo de compresión simple. Durante el ensayo, se mide ya sea la carga máxima por unidad de área o la carga al alcanzar una deformación axial del 15%, lo que ocurra primero. (ASTM, 2010).

Gracias al valor del esfuerzo o resistencia a la compresión no confinada obtenido durante el ensayo se puede hallar la consistencia del suelo, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 3

Categoría de subrasante en relación al valor de RCNC

Consistencia del suelo	Resistencia a la compresión no confinada
Dura	$\sigma < 0.25 \text{ kg/cm}^2$
Muy firme	$0.25 \text{ kg/cm}^2 < \sigma < 0.50 \text{ kg/cm}^2$
Firme	$0.50 \text{ kg/cm}^2 < \sigma < 1.00 \text{ kg/cm}^2$
Mediana	$1.00 \text{ kg/cm}^2 < \sigma < 2.00 \text{ kg/cm}^2$
Blanda	$2.00 \text{ kg/cm}^2 < \sigma < 4.00 \text{ kg/cm}^2$
Muy blanda	$4.00 \text{ kg/cm}^2 < \sigma$

Tomado de MTC (2016), Manual de Ensayo de Materiales.

2.3. Bases filosóficas

Hombre

Ente social con rasgos distintivos respecto a los animales por su conciencia, lenguaje articulado y capacidad de pensamiento, sentimientos y voluntad. Su conducta está determinada por el conocimiento de las legislaciones existentes, las cuales imperan en el ámbito natural y la social, del mismo modo que por el autoconocimiento. Mientras que los idealistas atribuyen un valor absoluto a la razón y la conciencia humana, la diferencia fundamental radica en que el hombre produce herramientas para transformar la naturaleza, adaptándose a sí mismo en lugar de simplemente adaptarse a las condiciones naturales (Rosental y Iudin, 1939).

Movimiento

En la filosofía griega, el problema fundamental era explicar cómo se producía el cambio o movimiento en la realidad. Por ejemplo, ¿cómo una semilla puede convertirse en un árbol? Parménides y sus seguidores planteaban que solo considerarían el ser como algo ya existente, lo cual generaba la pregunta de cómo algo puede surgir de la no existencia. Sin embargo, Aristóteles abordó este problema introduciendo la idea de la posibilidad de ser, es decir, el ser en potencia. Definió el movimiento como la transición de lo potencial a lo actual, involucrando la materia, la forma (Gonzalez, 2000).

Alteración

La filosofía aristotélica emplea el término "alteración" para describir una transformación cualitativa en el estado, la disposición o las propiedades de un objeto perceptible, ya sea mediante la pérdida o la adquisición. Teniendo en cuenta el enfoque de la física, una alteración ocurre cuando un objeto se calienta, se pule, se condensa, se seca o se blanquea, tanto en organismos vivos como inertes (Guintas, 2002)

2.4. Definición de términos básicos

Suelo: Soporte físico que permite la realización de proyectos viales, trabajos civiles, arquitectónicos, etc. Su comportamiento está determinado por parámetros de identificación, estado y geo mecánicos (Braja, 2001)

Carretera: Es la infraestructura de transporte terrestre está ubicada en una franja de tierra conocida como derecho de vía y tiene como propósito permitir el flujo continuo y seguro de vehículos, garantizando comodidad y seguridad. (MTC, 2014)

Arcilla: Son partículas de tamaño submicroscópico, con dimensiones inferiores a 0.002 mm, que se hallan en diversas formas, como minerales arcillosos, láminas de mica y otros minerales (Braja, 2001).

Aceite residual vehicular: Es el resultado de la utilización de aceites en los procesos de lubricación y enfriamiento de vehículos. Estos aceites presentan en su composición una combinación compleja de hidrocarburos alifáticos y aromáticos (Pasaye et al., 2020).

Polvo de piedra: El polvo de piedra se forma mediante el proceso de trituración de piedra con propósitos específicos, resultando en la acumulación de partículas finas, las variaciones en su composición contribuyen en sus propiedades (Sanjuán y Chinchón, 2018).

Estabilización de suelos: Es una técnica que implica una modificación y perfección de valores de las propiedades de un suelo, con la finalidad de incrementar estas mismas propiedades teniendo, resistencia, durabilidad y otros aspectos para cumplir con las demandas de ingeniería de un proyecto (MTC, 2014).

2.5. Hipótesis de investigación

2.5.1. Hipótesis general

El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra genera una optimización en la estabilización de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

2.5.2. Hipótesis específicas

HE1. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores de índice de plasticidad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

HE2. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores de la máxima densidad seca de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

HE3. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores del contenido óptimo de humedad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

HE4. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora la resistencia a la penetración de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

HE5. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora la resistencia a la compresión no confinada de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

2.6. Operacionalización de las variables

Variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Aceite Vehicular Reciclado y Polvo de Piedra	El aceite vehicular reciclado es el resultado de la utilización de aceites en los procesos de lubricación y enfriamiento de vehículos. Mientras que el polvo de piedra es aquel que se forma mediante el proceso de trituración de piedra (Pasaye et al., 2020).	El aceite vehicular reciclado (AVR) y el polvo de piedra (PP) se utilizarán como agentes estabilizadores en 6 diferentes dosificaciones.	Dosificación	0% AVR + 0% PP 6% AVR + 10% PP 8% AVR+ 10% PP 6% AVR + 15% PP 8% AVR + 15% PP

Variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Estabilización de Subrasante	Método empleado con la finalidad de potenciar las cualidades del estrato que sustenta el pavimento (MTC, 2014).	Mediante la adición de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra se busca estabilizar la subrasante, modificando así sus propiedades físicas y mecánicas.	Plasticidad	Índice de Plasticidad
			Compactación	Óptimo Contenido de Humedad Máxima Densidad Seca
			Capacidad de Soporte	Resistencia a la Penetración
			Consistencia	Resistencia a la Compresión No Confinada

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Tipo de investigación

Utilizamos fundamentos teóricos para prever elementos concretos de una variable en la realidad (Vargas, 2009); debido a esto, se considera a la presente como aplicada. En esta categoría de investigación lo destacable es su capacidad habilidad para abordar problemas de forma simple y con una aplicabilidad instantánea (Fidias, 2012). Dentro de esta investigación, se empleará el entendimiento basado en teorías enfocadas en el proceso de estabilizar suelos con la intención de establecer un referente práctico y alcanzar resultados concretos en la estabilización de la capa en mención, con objetivo ingenieril vial. Con el propósito de potenciar las propiedades este, se utilizará aceite vehicular reciclado y polvo de piedra.

3.1.2. Diseño de investigación

Este estudio es contemplado de naturaleza cuasiexperimental. Es un conjunto de estrategias de investigación destinados a analizar el impacto de una intervención, y examinar los potenciales cambios que puedan surgir en estos (Manterola et al., 2019). En un diseño de este tipo, no se selecciona al azar a los individuos, ni se les asignan aleatoriamente a grupos, por lo contrario, estos ya están formados previamente al comienzo de la prueba (Hernández, 2014). El propósito de la investigación es establecer los impactos de las variables independientes al estabilizar una subrasante.

3.1.3. Nivel de la investigación

Condori (2020) nos indica que este se refiere al nivel de comprensión que un investigador tiene acerca del problema, hecho o fenómeno que está siendo objeto de estudio. De esta manera, se decidió emplear el nivel explicativo debido a que nos presenta la posibilidad de operar con hipótesis causales, lo que implica que analizan las razones detrás de los fenómenos y procedimientos, centrándose principalmente en la confirmación de estas (Esteban, 2018). Empleando un nivel explicativo aplicaremos estrategias adecuadas para la explicación de los factores y características que causarán el aceite vehicular reciclado y el polvo de piedra al incorporarlos a la subrasante.

3.1.4. Enfoque de la investigación

Se escogió utilizar un tipo cuantitativo gracias a que utiliza muestras cognitivas y datos numéricos que se extrajeron de nuestra realidad, los cuales son analizados de manera estadística con el propósito de corroborar hipótesis (Del Canto y Silva, 2013). El objetivo del estudio es obtener resultados concretos y numéricos (Rojas, 2011) acerca de los cambios en ciertas propiedades del suelo a medida que se realiza el proceso de estabilización mediante su mezcla con aceite vehicular reciclado y polvo de piedra. El enfoque principal es obtener información precisa y cuantitativa que permita evaluar el impacto de las variables independientes durante el potenciamiento de las cualidades de la muestra en términos de su resistencia, potencial de carga y estabilidad.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Esta es, según Vizcaíno et al. (2023), el grupo completo e inalterable de sujetos o eventos que comparten características específicas y que son el enfoque de estudio. En el mismo sentido, Cerda (2011) añade que la población no debe ser vista simplemente como un conjunto, sino también como una entidad con su propia estructura y características particulares que deben ser identificadas y analizadas con precisión. Se evaluará el camino Huamilancha, con una longitud de 1.772 km y considerada como una carretera de tercera clase.

3.2.2. Muestra

Porcentaje o subconjunto del total considerado como grupo de interés seleccionado específicamente para obtener información en el desarrollo del estudio. Esta muestra es la que se utiliza para llevar a cabo el registro y la evaluación de las variables que son el centro de atención en la investigación (Bernal, 2010). Nuestra muestra escogida será igual que la población, el tramo de medida 1.772 km, correspondiente al camino Huamilancha, Sayán. Esta será obtenida mediante un punto de muestro, los cuales de acuerdo al MTC (2014) nos menciona que las perforaciones en el suelo se dispondrán de manera longitudinal y en un patrón intercalado a lo largo de la franja que abarca el ancho de la carretera, manteniendo extensiones próximas entre ellas.

3.3. Técnicas de recolección de datos

3.3.1. Técnicas a emplear

Estas abarcan diversas técnicas y actividades que permiten al autor adquirir los datos imprescindibles para resolver las interrogantes del estudio (Hernandez y Duana, 2020).

Durante una investigación de enfoque cuantitativo, se emplean distintos recursos y métodos para obtener datos, entre ellos: estadísticas descriptivas, cuestionario, escala de actitud, encuesta, escalas de intereses, prueba de rendimiento, fichas de cotejo, experimentos, pruebas estadísticas, ficha de observación sistemática, etc. (Muñoz et al., 2001).

Tabla 4

Técnicas e instrumentos utilizados

Técnica	Instrumento
Observación	Ficha de observación sistemática
	Ficha técnica de experimentos/ensayos de laboratorio

Elaboración propia

Observación

Según Fabbri (1998), al escoger esta técnica, el investigador también discutirá el método de observación en contraposición a la experimentación. En esta situación,

la observación se refiere a una etapa de la investigación que implica familiarizarse con una situación o fenómeno específico, describirlo y analizarlo con el propósito de establecer una hipótesis coherente con el cuerpo previo de conocimientos ya establecidos.

Ficha de observación sistemática

Nos ayudará a recopilar de forma estructurada las observaciones realizadas, lo que permitirá llevar a cabo una organización de la información relacionada con los distintos ensayos llevados a cabo en el laboratorio. Posteriormente, esta información será procesada para su análisis.

Ficha de técnica de experimentos/ensayos de laboratorio

Cumplen el rol de almacenar los resultados obtenidos al realizar los diversos ensayos asociados a las variables e hipótesis formuladas.

3.4. Técnicas para el procesamiento de información:

Tras la recolección de valores obtenidos a través las técnicas e instrumentos mencionados en el punto anterior, se procederá a transferir estos a un programa que nos dará la posibilidad de analizarlos. En este caso, el software utilizado es Microsoft Excel, mediante el cual generaremos resultados de acuerdo a las hipótesis planteadas. Finalmente, estos resultados serán visualizados por medio de gráficas, tablas, etc.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

Índice de plasticidad

La tabla 5 denota que al agregar los agentes estabilizadores se reducen los límites de Atterberg respecto a la muestra inalterada.

Tabla 5

LL, LP e IP de suelo de subrasante adicionando AVR y PP

Numero de calicata	Código	Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
3	C-3	M-1 (0% AVR + 0% PP)	39	23	16
3	C-3	M-2 (6% AVR + 10% PP)	23	13	10
3	C-3	M-3 (6% AVR + 15% PP)	22	14	8
3	C-3	M-4 (8% AVR + 10% PP)	23	11	12
3	C-3	M-5 (8% AVR + 15% PP)	24	14	10

Elaboración propia

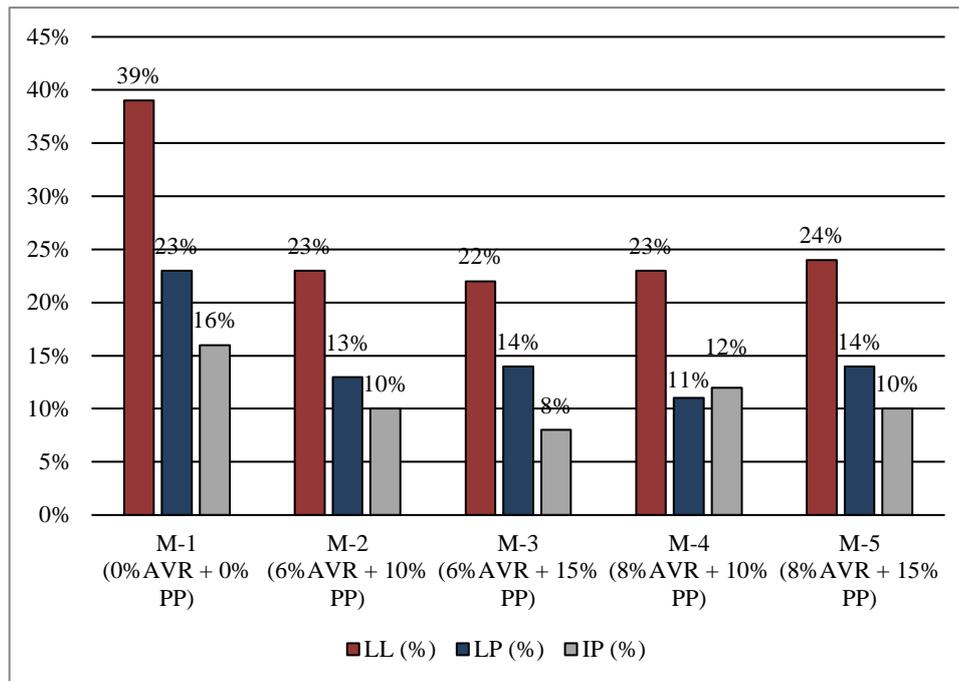


Figura 4. Diagrama de barras comparativo del IP, LL y LP de la subrasante adicionando AVR y PP

Teniendo en cuenta que el nivel de plasticidad es representado de acuerdo al índice de plasticidad, se observa que respecto al suelo de subrasante natural (IP igual al 16%), la adición de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra provoca una reducción de sus valores. Sin embargo, esta disminución no es representada en la clasificación de suelos en relación al IP, pues M-1, M-2, M-3, M-4 y M-5 son consideradas como suelos arcillosos de plasticidad media.

Tabla 6

Propiedades de suelos en relación al IP al adicionar AVR y PP a la subrasante inalterada

Muestra	IP (%)	Plasticidad	Característica
M-1 (0%AVR + 0% PP)	16%	Media	Suelo arcilloso
M-2 (6%AVR + 10% PP)	10%	Media	Suelo arcilloso
M-3 (6%AVR + 15% PP)	8%	Media	Suelo arcilloso
M-4 (8%AVR + 10% PP)	12%	Media	Suelo arcilloso
M-5 (8%AVR + 15% PP)	10%	Media	Suelo arcilloso

Elaboración propia

De acuerdo con la figura 5, podemos concluir que se presenta una mayor reducción en el IP al utilizar 6% de AVR en lugar de 8%. Asimismo, la adición de 15% de PP provoca una mayor reducción respecto a cuando se introduce en un 10%. Finalmente, la máxima variación es aquella obtenida al agregar 6% de AVR y 15% de PP, provocando una disminución del 50% (IP igual al 8%).

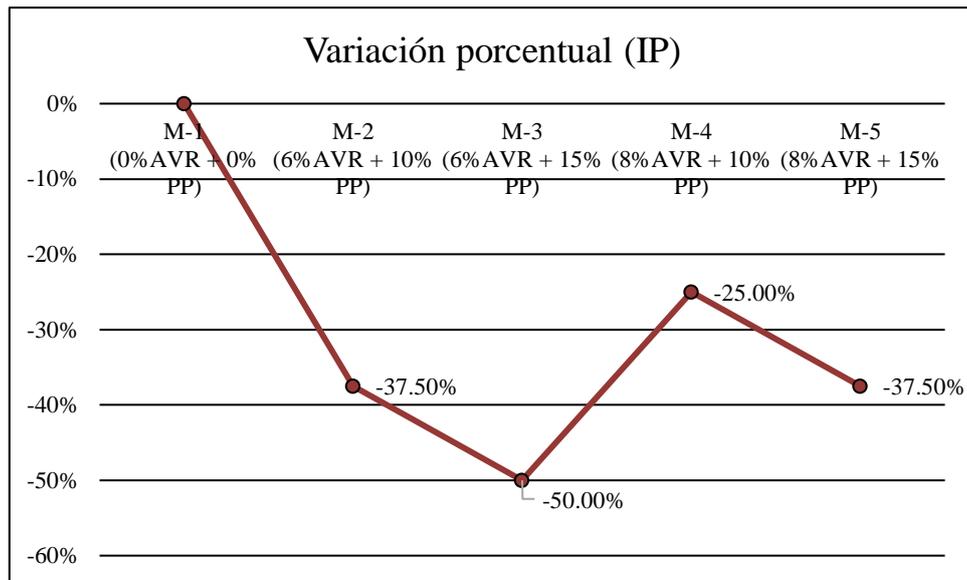


Figura 5. Polígono de frecuencia de la variación porcentual del índice de plasticidad al adicionar AVR y PP respecto del suelo de subrasante natural

Se puede corroborar que la incorporación de 6% de AVR y 15% de PP presenta la mayor disminución del IP pues durante el ensayo para obtener el LL se obtuvieron menores contenidos de humedad con esta dosificación. Esto se debe; en primer lugar, al aceite pues al momento de preparar la muestra para el procedimiento este fue adicionado antes que el agua. De este modo, el aceite originó una capa que envuelve cada componente de suelo, reduciendo la habilidad del H₂O de funcionar como adherente entre sus elementos arcilloso, encargados de aportar a la plasticidad (Del Castillo y Orobio, 2020). Asimismo, el polvo de piedra tiene un papel fundamental debido a que, gracias a sus altos niveles de óxido de hierro, las arcillas presentes en el suelo son mermadas al reducir la concentración crítica de coagulación, controlar la dispersión de sus partículas y mitigar su expansión (Acevedo et al. 2004).

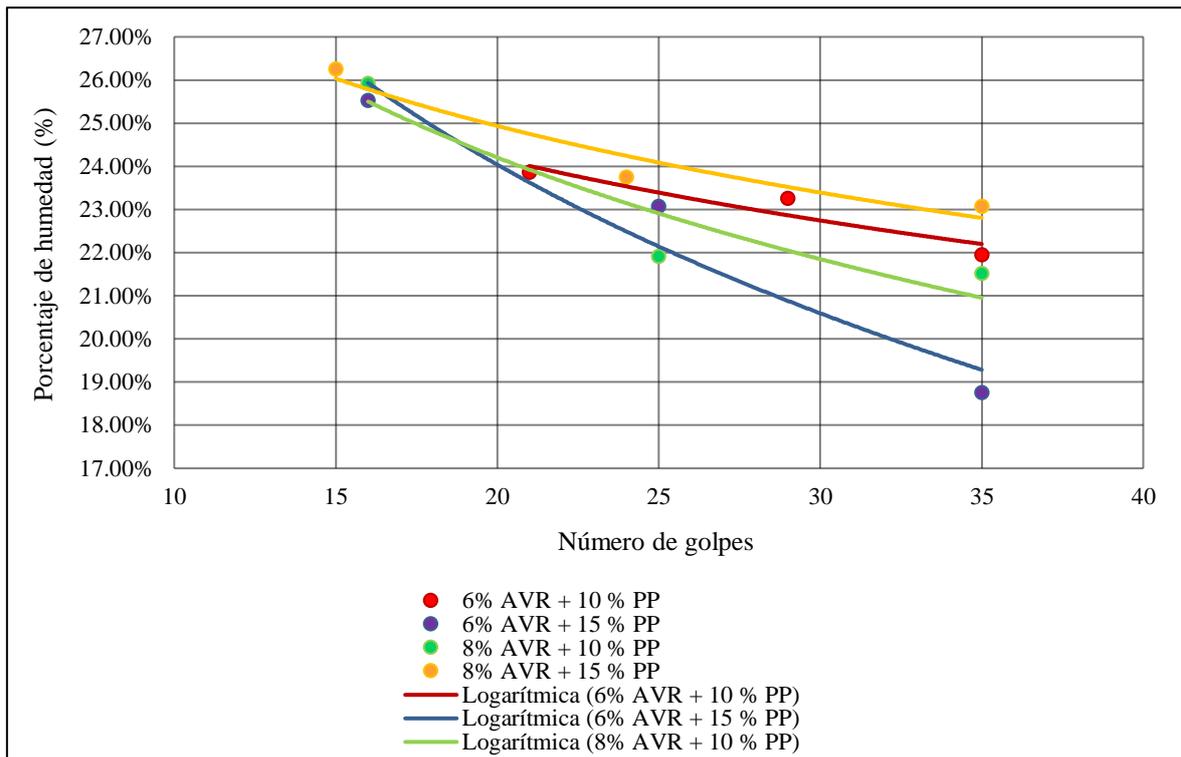


Figura 6. Gráfica de ensayo de límite líquido con diferentes dosificaciones

Máxima densidad seca

Según la referencia normativa NTP 339.141, ASTM D557 y lo indicado en el manual MTC E115, se denota un aumento en los valores de la MDS al adicionar los agentes estabilizantes (aceite vehicular reciclado y polvo de piedra).

Tabla 7

MDS de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP

Numero de calicata	Código	Muestra	Máxima densidad seca (g/cm ³)
3	C-3	M-1 (0% AVR + 0% PP)	1.977
3	C-3	M-2 (6% AVR + 10% PP)	2.039
3	C-3	M-3 (6% AVR + 15% PP)	2.047
3	C-3	M-4 (8% AVR + 10% PP)	2.015
3	C-3	M-5 (8% AVR + 15% PP)	2.024

Elaboración propia

De acuerdo a la figura 7, existe un mayor incremento de la MDS cuando se utiliza un 6% de AVR que cuando se utiliza 8%; asimismo, el 15% de PP provoca un mayor aumento respecto del 10% de PP.

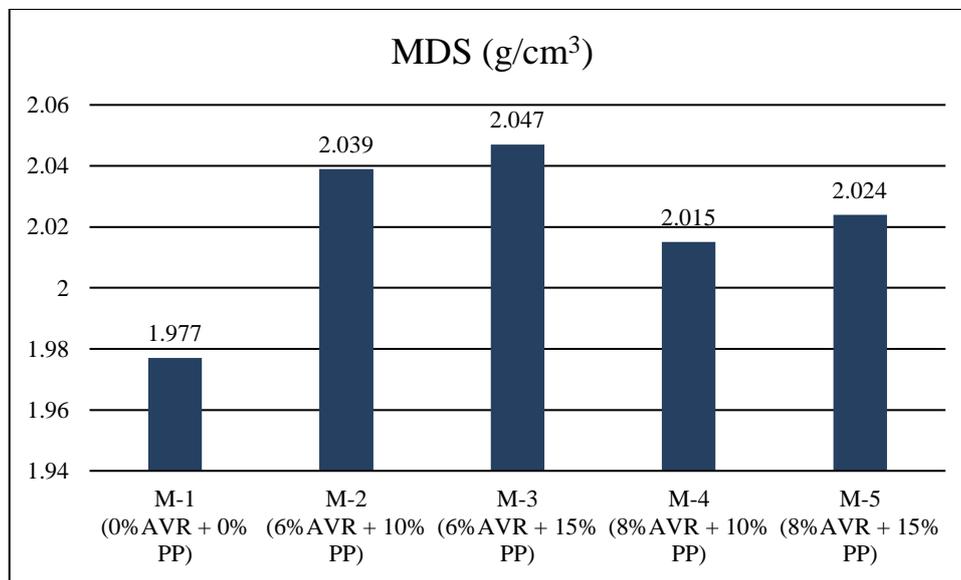


Figura 7. Diagrama de barras comparativo de la MDS de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP

El motivo por el que la MDS incrementa sus valores al incorporarle aceite vehicular reciclado y polvo de piedra se debe a que los cationes, especialmente de hierro y aluminio, presentes en el polvo de piedra provocan la reducción del grosor de la doble capa difusora, esto causa que las partículas de suelo estén más cerca las una de las otras, formándose paquetes altamente densos y con una reducida cantidad de vacíos (Salih, 2022).

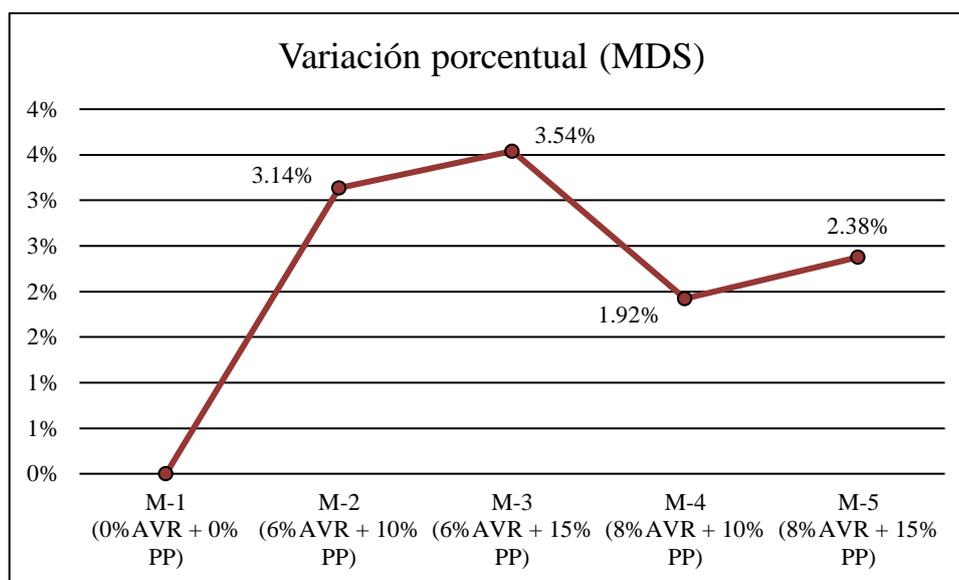


Figura 8. Polígono de frecuencia de la variación porcentual de la MDS al adicionar AVR y PP respecto a subrasante inalterada

Sin embargo, los porcentajes de variación, mostrados en la figura 8, denotan una variación porcentual positiva casi insignificante de la máxima densidad seca. Aun así, cabe resaltar que el mayor incremento de la MDS respecto a la muestra patrón (MDS igual a 1.977 g/cm³) se da con la dosificación de 6% de AVR + 15% de PP pues aumenta en un 3.54% (MDS igual a 2.047 g/cm³).

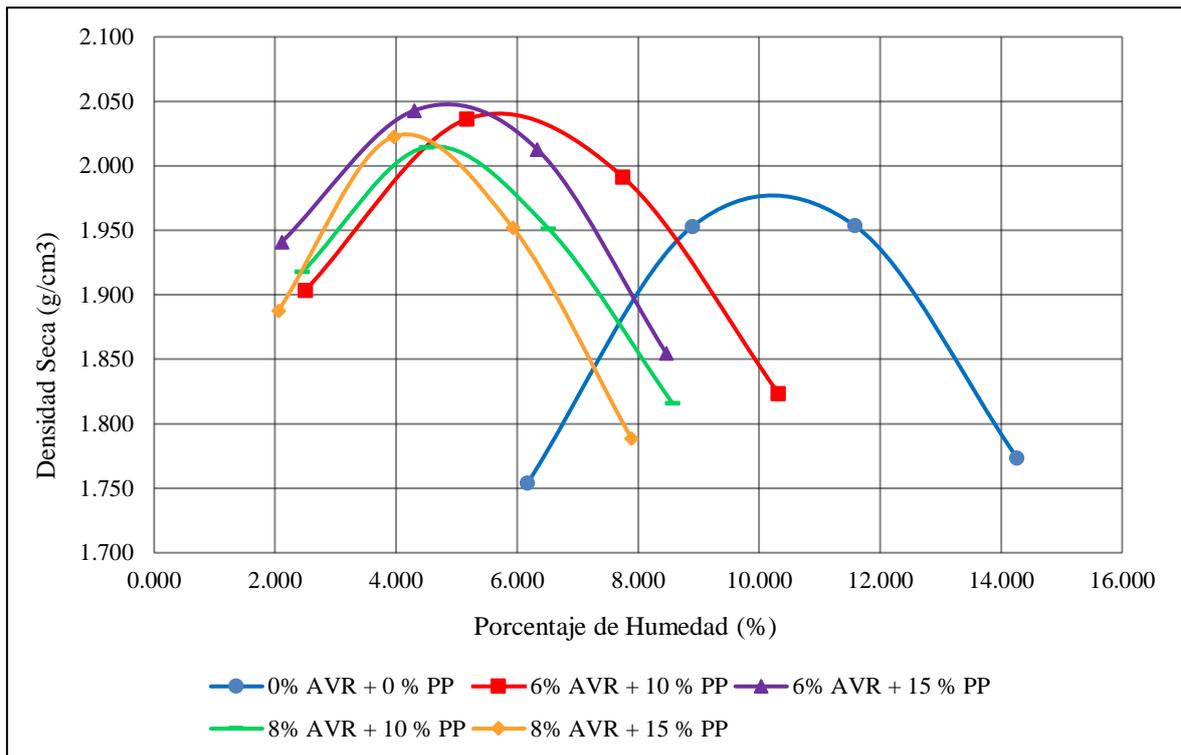


Figura 9. Curvas de compactación del ensayo de Proctor modificado con diferentes dosificaciones

Finalmente, se presentan las curvas de compactación de los ensayos realizados de Proctor modificado con todas las dosificaciones concebidas durante la investigación. De estas gráficas podemos corroborar fácilmente que la adición de 6% de AVR y 15% de PP presenta la mayor máxima densidad seca pues la cúspide de su gráfica es la que presenta mayor altura respecto de las demás.

Óptimo contenido de humedad

Los valores obtenidos de OCH, siguiendo las mismas normativas y procedimientos al hallar la MDS, muestran una reducción constante a medida que se aumenta la cantidad de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra.

Tabla 8

OCH de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP

Numero de calicata	Código	Muestra	Óptimo contenido de humedad (%)
3	C-3	M-1 (0% AVR + 0% PP)	10.3
3	C-3	M-2 (6% AVR + 10% PP)	5.70
3	C-3	M-3 (6% AVR + 15% PP)	4.90
3	C-3	M-4 (8% AVR + 10% PP)	4.50
3	C-3	M-5 (8% AVR + 15% PP)	4.20

Elaboración propia

Los resultados de óptimo contenido de humedad denotan una disminución constante conforme la cantidad de polvo de piedra y aceite vehicular reciclado se incrementa, la justificación propuesta se centra en que debido a la alteración de la capa difusora a causa del PP y la aglomeración de partículas de suelo estas perdieron su capacidad de retener el contenido de agua en su interior. Asimismo, el aceite jugó un papel fundamental ya que, debido a su baja viscosidad actúa como reemplazante del agua, de esta manera reduciendo la cantidad necesaria durante su compactación.

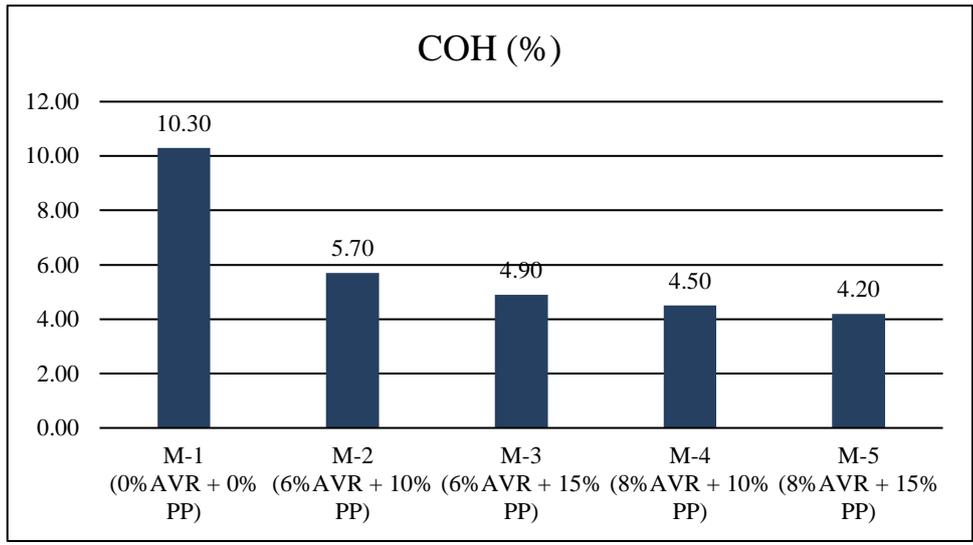


Figura 10. Diagrama de barras comparativo del OCH de suelo de subrasante adicionando AVR y PP

Finalmente, es claro que a mayor porcentaje de aceite y polvo de piedra existe una mayor reducción del OCH, evidencia de ello es que al agregar 8% de AVR y 15% de PP exista una reducción de 59.22%.

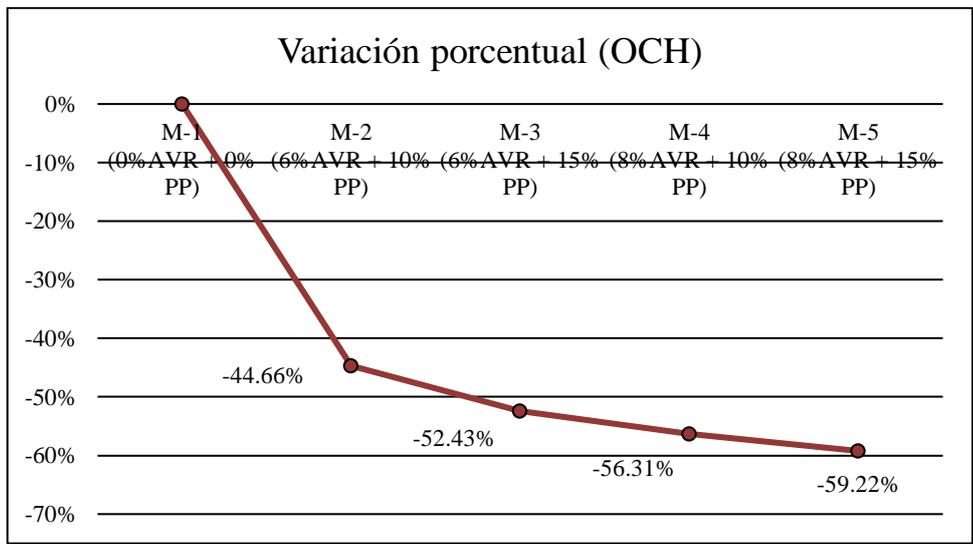


Figura 11. Polígono de frecuencia de la variación porcentual del óptimo contenido de humedad al adicionar AVR y PP respecto del suelo de subrasante natural

Finalmente, debemos volver a revisar la figura 9 para cerciorarnos que a medida que se adiciona AVR y PP a la muestra patrón, ésta disminuirá su contenido

de humedad pues las curvas de compactación van cambiando negativamente su posición en el eje X a medida que se aumentan los porcentajes de dosificación.

Resistencia a la penetración

Siguiendo lo establecido en la ASTM D 1883 respecto al CBR (0.1%) tanto al 100% de la MDS como al 95%, se demuestra que la adición de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra aumenta los porcentajes notoria y positivamente, estos se pueden apreciar en la tabla 9.

Tabla 9

CBR de suelo de subrasante adicionando AVR y PP

Numero de calicata	Código	Muestra	CBR (0.1") al 100% (%)	CBR (0.1") al 95% (%)
3	C-3	M-1 (0% AVR + 0% PP)	18.40	12.20
3	C-3	M-2 (6% AVR + 10% PP)	31.00	23.50
3	C-3	M-3 (6% AVR + 15% PP)	33.80	25.50
3	C-3	M-4 (8% AVR + 10% PP)	28.00	22.70
3	C-3	M-5 (8% AVR + 15% PP)	24.10	18.80

Elaboración propia

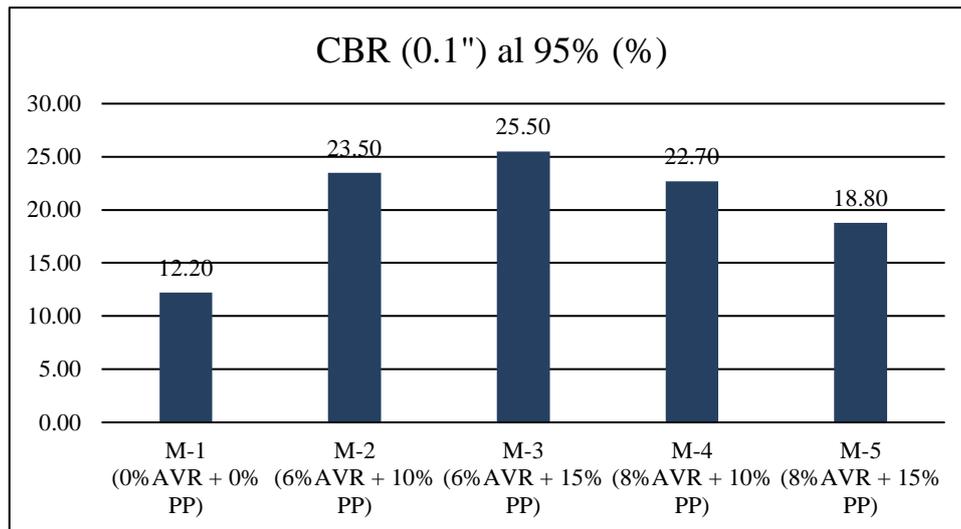


Figura 12. Diagrama de barras del CBR de suelo al 95% (0.1") de la subrasante agregando AVR y PP

Al evaluar los datos de CBR (0.1") al 95% de MDS adicionándole AVR y PP, determinamos que la subrasante mejora de una subrasante buena en su estado natural (12.20%) a una subrasante muy buena en todos los casos. Esto puede atribuírsele en gran medida a las propiedades cementantes presentes en el polvo de piedra a causa del alto contenido de sílice en su interior y su desenvolvimiento puzolánico (Chirinos et al, 2021).

Tabla 10

Categoría de subrasante en relación al CBR del suelo de subrasante adicionando AVR y PP

Muestra	CBR (0.1") al 95% (%)	Categoría según MTC (2014)
M-1 (0% AVR + 0% PP)	12.20	Subrasante buena
M-2 (6% AVR + 10% PP)	23.50	Subrasante muy buena
M-3 (6% AVR + 15% PP)	25.50	Subrasante muy buena
M-4 (8% AVR + 10% PP)	22.70	Subrasante muy buena
M-5 (8% AVR + 15% PP)	18.80	Subrasante buena

Elaboración propia

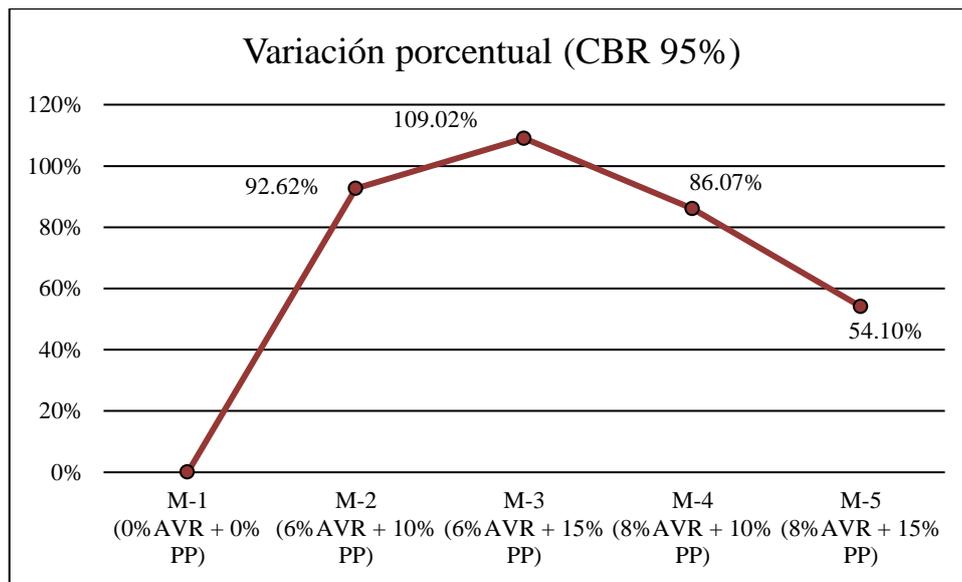


Figura 13. Polígono de frecuencia de la variación porcentual del CBR de suelo al 95% (0.1") al adicionar AVR y PP respecto del suelo de subrasante natural

Los porcentajes de variación, mostrados en la figura 14, denotan un aumento importante de los valores de CBR al adicionar AVR y PP. Asimismo, los resultados muestran que existen mejores resultados al adicionar 6% de AVR respecto de agregar 8%. Sin embargo, los resultados son difusos al tratar de establecer si es mejor

adicionar 10% de polvo de piedra o 15%. Por otro lado, no existen dudas al concluir que el aumento más importante se da con la dosificación de 6% de AVR + 15% de PP pues incrementa un 109.02% respecto de la subrasante inalterada.

Resistencia a la compresión no confinada

Se realizó siguiendo los procedimientos indicados en ASTM D2166 y la NTP 339.167. Los datos de esfuerzo a la compresión no confinada del suelo de subrasante natural luego de adicionado el AVR y PP, mostrados en la tabla 11, demuestran que la incorporación de los agentes mencionados reduce drásticamente sus valores.

Tabla 11

RCNC de subrasante adicionando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra

Numero de calicata	Código	Muestra	Deformación Unitaria (ϵ)	Esfuerzo (kg/cm ²)
3	C-3	M-1 (0% AVR + 0% PP)	0.009	2.71
3	C-3	M-2 (6% AVR + 10% PP)	0.021	0.62
3	C-3	M-3 (6% AVR + 15% PP)	0.013	1.02
3	C-3	M-4 (8% AVR + 10% PP)	0.016	0.42
3	C-3	M-5 (8% AVR + 15% PP)	0.016	0.81

Elaboración propia

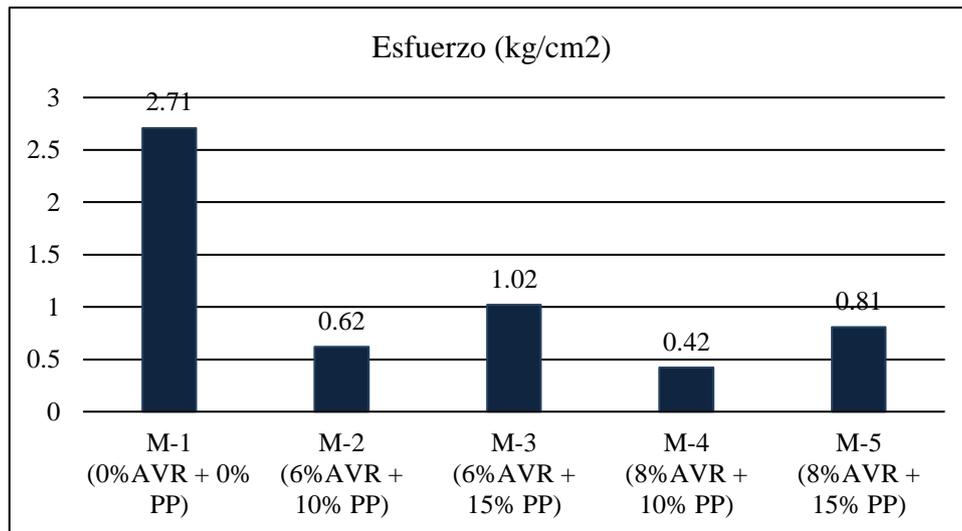


Figura 14. Diagrama de barras comparativo de la RCNC de subrasante adicionando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra

De manera similar a lo presentado en la figura 14, las curvas esfuerzo-deformación obtenidas durante el ensayo de laboratorio, mostradas en la figura 15, demuestran que, si bien la muestra patrón presenta el pico de esfuerzo más alto, el segundo pico de mayor altura está dado por la adición de 6% de AVR y 15% de PP.

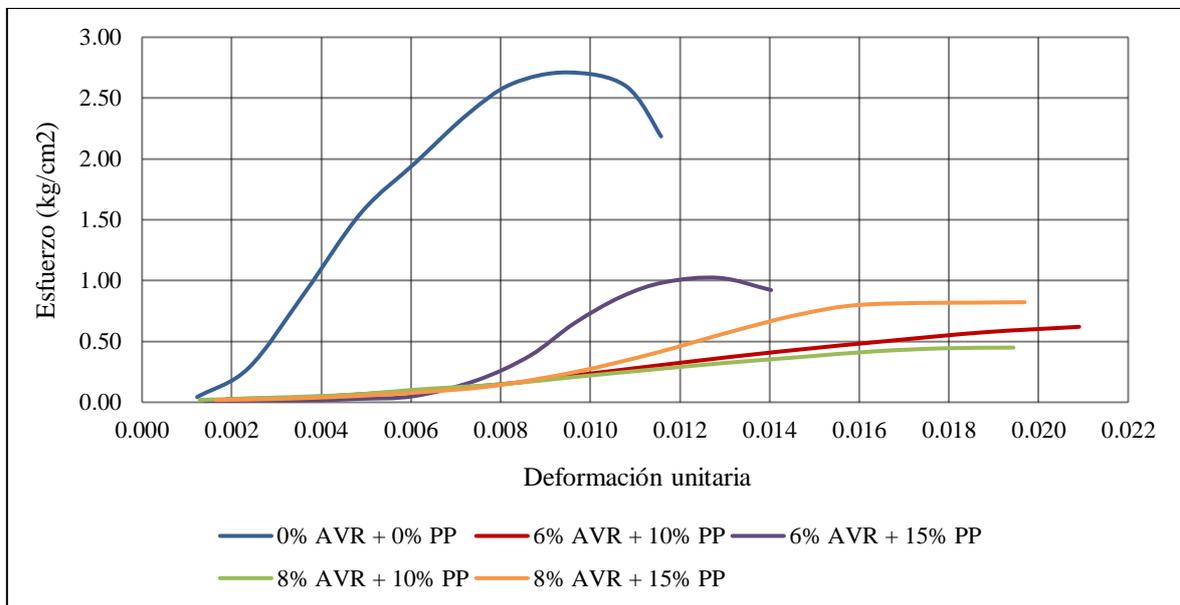


Figura 15. Gráfica esfuerzo-deformación obtenida durante el ensayo de RCNC de múltiples dosificaciones

De acuerdo a los esfuerzos obtenidos, y teniendo en cuenta lo establecido por la norma MTC E121, se establece que el suelo en su estado natural tiene una mejor consistencia, consistencia muy firme, que luego de agregados los estabilizantes aceite vehicular reciclado y polvo de piedra. Esto es debido a que la integración del AVR y PP supone un decaimiento de la consistencia a una blanda (M4), mediana (M2 y M5) y firme (M3). De esta manera, se concluye que, si bien la consistencia del suelo decae, en el caso de la adición de 6% AVR y 15% PP la consistencia no varía mucho respecto de la muestra patrón y se mantiene en un rango aceptable.

Tabla 12

Consistencia en relación a la RCNC del suelo de subrasante adicionando AVR y PP

Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Consistencia
M-1 (0% AVR + 0% PP)	2.71	Muy firme
M-2 (6% AVR + 10% PP)	0.62	Mediana
M-3 (6% AVR + 15% PP)	1.02	Firme
M-4 (8% AVR + 10% PP)	0.42	Blanda
M-5 (8% AVR + 15% PP)	0.81	Mediana

Elaboración propia

La conclusión final establecida en el párrafo anterior se ve plasmada de manera más evidente en la figura 15, en la cual la variación porcentual negativa se da en menor medida en el caso de la muestra M-3 (-62.36%). Asimismo, se infiere que la adición del 15% PP presenta una menor disminución del esfuerzo respecto de la adición de 10%.

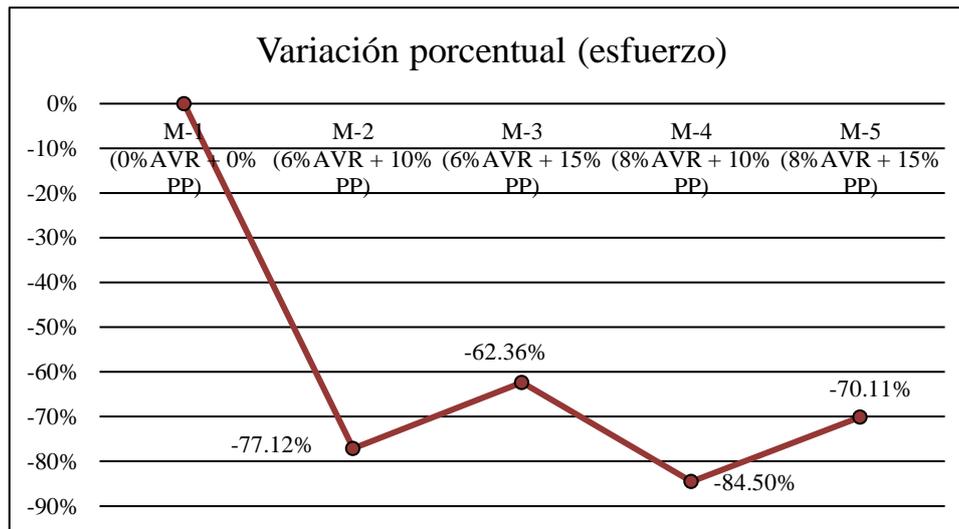


Figura 16. Polígono de frecuencia de la variación porcentual del esfuerzo a la compresión no confinada al adicionar AVR y PP respecto de la subrasante natural

Resumen de resultados al adicionar los agentes estabilizadores

Tabla 13

Resultados de ensayos al adicionar AVR y PP al suelo de subrasante natural

Muestra	IP (%)	Máxima densidad seca (g/cm ³)	Contenido óptimo de humedad (%)	CBR (0.1") al 95% (%)	Esfuerzo σ_c (kg/cm ²)
M-1 (0% AVR + 0% PP)	16	1.977	10.30	12.20	2.71
M-2 (6% AVR + 10% PP)	10	2.039	5.70	23.50	0.62
M-3 (6% AVR + 15% PP)	8	2.047	4.90	25.50	1.02
M-4 (8% AVR + 10% PP)	12	2.015	4.50	22.70	0.42
M-5 (8% AVR + 15% PP)	10	2.024	4.20	18.80	0.81

Elaboración propia

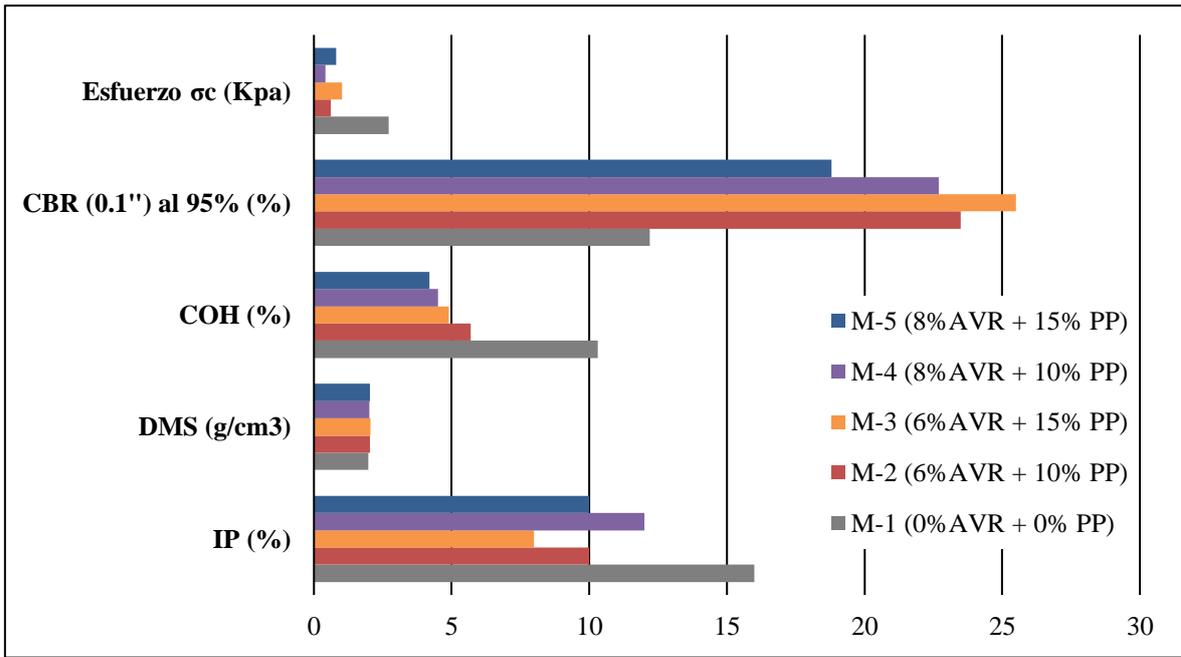


Figura 17. Diagrama de barras comparativo entre los resultados de ensayos al adicionar AVR y PP al suelo de subrasante natural

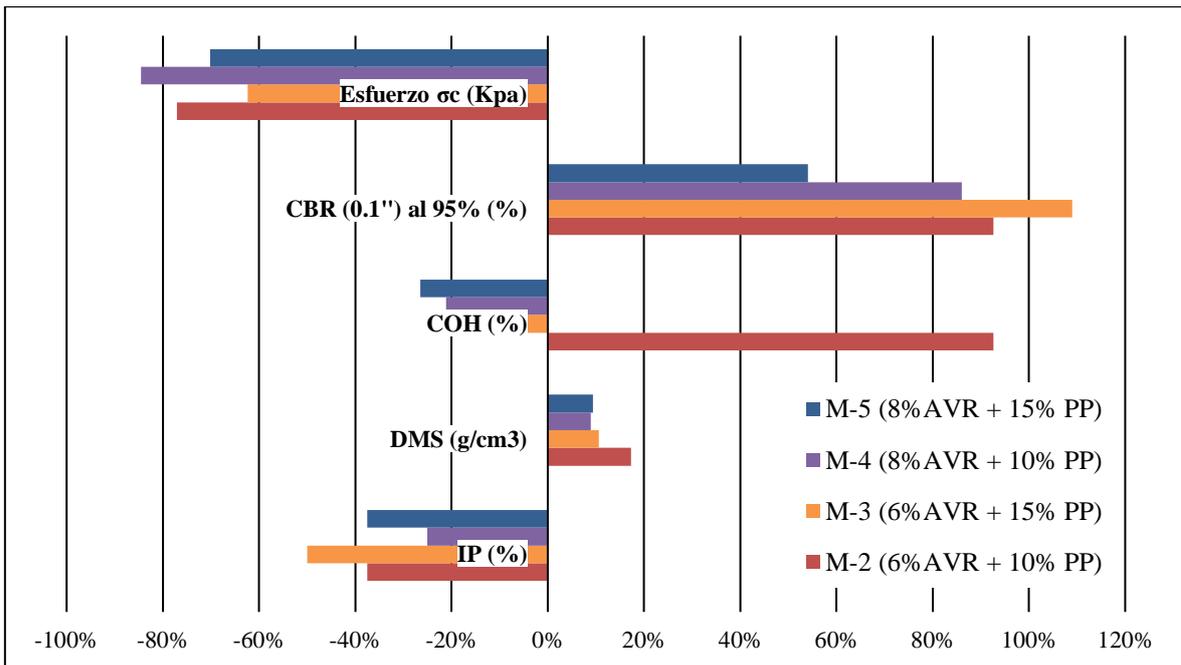


Figura 18. Diagrama de barras comparativo entre las variaciones porcentuales de los ensayos al adicionar AVR y PP al suelo de subrasante natural respecto del suelo en su estado natural

4.2. Contrastación de hipótesis

Índice de plasticidad

Tabla 14

Modelo lineal para índice de plasticidad.

Modelo	R	R ²	R ² ajustado	Error estándar de la estimación
1	,955 ^a	,912	,824	1,272892

a. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

Elaboración propia

Observamos un modelo lineal con un coeficiente de relación en línea de 0.955 y un error de estimación 1,272892. La contrastación de hipótesis es calculada en la siguiente tabla.

Tabla 15

Análisis de varianza para índice de plasticidad.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	33,559	2	16,780	10,356	,088 ^b
	Residuo	3,241	2	1,620		
	Total	36,800	4			

a. Variable dependiente: IP

b. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

Elaboración propia

En la tabla superior, encontramos un nivel de significancia $p=0.088$, por este motivo se considera H_0 : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores del índice de plasticidad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023 y H_a : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra no mejora los valores del índice de

plasticidad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023; se tomó en cuenta un error de significancia de 5%.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2$$

$$H_a: \text{al menos uno de los } \beta \neq 0$$

En consecuencia, implementamos la regla de decisión para el $p=0.088$, mayor que 0.05, entonces aceptamos la hipótesis nula y se rechaza la alterna. Asimismo, confirmamos que las evidencias muestrales presentan un impacto relevante entre el índice de plasticidad y las variables independientes, AVR y PP.

Máxima densidad seca

Tabla 16

Modelo lineal para MDS

Modelo	R	R ²	R ² ajustado	Error estándar de la estimación
1	,880 ^a	,774	,548	,018341

a. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

Elaboración propia

De la tabla 16, observamos un modelo lineal con un coeficiente de relación en línea de 0.880 y un error de estimación 0.018341. La contrastación de hipótesis es estimada en la tabla inferior.

Tabla 17

Análisis de varianza para MDS.

	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,002	2	,001	3,428	,226 ^b
	Residuo	,001	2	,000		
	Total	,003	4			

a. Variable dependiente: MDS

b. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

Elaboración propia

Para la tabla 17, observamos un nivel de significancia de $p=0.226$ por este motivo se considera H_0 : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores de la MDS de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023 y H_a : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra no mejora los valores de la MDS de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023; estableciendo un error de significancia de 5%.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2$$

$$H_a: \text{al menos uno de los } \beta \neq 0$$

De ahí que, empleamos la regla de decisión para el $p=0.226$, mayor que 0.05, entonces aceptamos la hipótesis nula y se rechaza la alterna. Asimismo, establecemos que las evidencias muestrales presentan un impacto relevante entre la máxima densidad seca y las variables independientes, aceite vehicular reciclado y polvo de piedra.

Óptimo contenido de humedad

Tabla 18

Modelo lineal para OCH.

Modelo	R	R ²	R ² ajustado	Error estándar de la estimación
1	,998 ^a	,996	,993	,215536

a. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

Elaboración propia

De la superior, observamos un modelo lineal con un coeficiente de relación en línea de 0.998 y un error de estimación 0.215536. Con el fin de la contrastación de hipótesis estimamos la siguiente.

Tabla 19

Análisis de varianza para OCH.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	25,155	2	12,578	270,743	,004 ^b
Residuo	,093	2	,046		
Total	25,248	4			

a. Variable dependiente: OCH

b. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

Elaboración propia

En la tabla superior contemplamos un nivel de significancia $p=0.004$ por este motivo se considera H_0 : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores del OCH de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023 y H_a : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra no mejora los valores del OCH de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023; siendo establecido un error de significancia al 5%.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2$$

$$H_a: \text{al menos uno de los } \beta \neq 0$$

Así que, empleamos la regla de decisión para el $p=0.004$ pues es menor que 0.05; por ende, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna. Detectamos también que las variables independientes aceite vehicular reciclado y polvo de piedra, tienen cierto efecto en el OCH de la subrasante, pero que debido al alto valor de la muestra patrón, los demás valores resultan distantes a este.

Resistencia a la penetración

Tabla 20

Modelo lineal para la resistencia a la penetración

Modelo	R	R ²	R ² ajustado	Error estándar de la estimación
1	,783 ^a	,614	,227	4,622400

a. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

c. Variable dependiente: Resistencia a la penetración

Elaboración propia

En la tabla superior se observa un modelo lineal con un coeficiente de relación en línea de 0.783 y un error de estimación 4.622400. Para la contrastación de hipótesis estimamos la tabla 21.

Tabla 21

Análisis de varianza para resistencia a la penetración

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	67,879	2	33,939	1,588	,386 ^b
	Residuo	42,733	2	21,367		
	Total	110,612	4			

a. Variable dependiente: Resistencia a la penetración

d. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

Elaboración propia

En la tabla previa obtenemos un nivel de significancia de $p=0.386$, en consecuencia establecemos H_0 : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los datos de resistencia a la penetración de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023 y H_a : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra no mejora los valores de resistencia a la penetración de de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023; consideramos un error de significancia al 5%.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2$$

$$H_a: \text{al menos uno de los } \beta \neq 0$$

Por consiguiente, ejecutamos la regla de decisión para el $p=0.386$, mayor que 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna. Asimismo, aseveramos que las evidencias muestrales presentan un impacto relevante entre la resistencia a la penetración y las variables independientes, aceite vehicular reciclado y polvo de piedra.

Resistencia a la compresión no confinada

Tabla 22

Modelo lineal para RCNC

Modelo	R	R ²	R ² ajustado	Error estándar de la estimación
1	,961 ^a	,923	,846	,36001

a. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

b. Variable dependiente: CONFINADA

Elaboración propia

En la tabla superior avistamos un modelo lineal con un coeficiente de relación en línea de 0.961 y un error de estimación 0.36001. Para la contrastación de hipótesis estimamos la tabla 23.

Tabla 23

Análisis de varianza para resistencia a la compresión no confinada

	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	3,115	2	1,557	12,017	,077 ^b
	Residuo	,259	2	,130		
	Total	3,374	4			

a. Variable dependiente: CONFINADA

b. Predictores: (Constante), DOSIF2, DOSIF1

Elaboración propia

En la tabla superior presenciamos un nivel de significancia de $p=0.077$, en consecuencia consideramos H_0 : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los datos de resistencia a la compresión no confinada de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023 y H_a : El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra no mejora los datos de resistencia a la compresión no confinada de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023; establecido a un error de significancia al 5%.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2$$

$$H_a: \text{al menos uno de los } \beta \neq 0$$

Por consiguiente, ejecutamos la regla de decisión para el $p=0.077$, mayor que 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna. Asimismo, confirmamos que las evidencias muestrales tienen un impacto considerable entre la resistencia a la compresión no confinada y las variables independientes, aceite vehicular reciclado y polvo de piedra.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados

Las discusiones fueron desarrolladas teniendo en cuenta el objetivo general y los específicos. Se compararon las investigaciones tanto dentro del terreno nacional como en diversos países, analizándose las igualdades o discrepancias de resultados respecto al estudio tanto sobre la adición de AVR como de PP a la subrasante de manera individual.

Referente al primer objetivo específico de la investigación: determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en los valores de IP de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023, se ha constatado que este ha pasado del 16%, que representa el valor del patrón, a 8% mediante la aplicación de una dosificación de 6% de aceite vehicular reciclado (AVR) y 15% de polvo de piedra (PP). Al comparar estos resultados con la investigación de Iqbal et al. (2020), quienes introdujeron un 4% de Used motor oil (UMO) y registraron una disminución de 19.80% a 16.80% en relación con su muestra patrón, se observa un comportamiento similar. En la misma línea, Del Castillo y Orobio (2020), al agregar un 16% de aceite de motor usado a su muestra patrón, observaron una reducción del IP de 18.52% a 18%, situación similar a la investigación de Gadouri y Meziani (2023), quienes incorporaron 4% de Motor oil (MO) y obtuvieron un valor de 25%, partiendo de un inicial inalterado de 50.70%. Continuando con la comparación, Huamán y Camacho (2022), que utilizaron 12% de aceite residual de motor diésel, disminuyeron el IP del 37.45% al 25.01%, en contraste con lo obtenido por Huarsaya (2022), que adicionó 7.5% de aceite residual, resultando en un aumento de valores del 7.96%

a 11.41%. Similarmente, Salih (2022), cuyos valores de IP aumentaron de 23.46% a 27.25%, al incorporar 16% de polvo de piedra (PP). Sin embargo, Ruiz (2022), al utilizar 10% de polvo de piedra chancada (PPC), registró una disminución del IP de 25.10 a 7.10%, situación similar a la obtenida por Pino (2022), que observó una reducción del IP de 16.28% (muestra patrón) a 6.60% luego de incorporar 20% de polvo de piedra triturada (PPT). Con las investigaciones presentadas en el gráfico, se revela que, en la mayoría de estas al incorporar AVR y PP, el IP presenta una disminución. Esto fue verificado y comprobado con la contrastación de hipótesis, aceptando la hipótesis nula y rechazando la alterna.

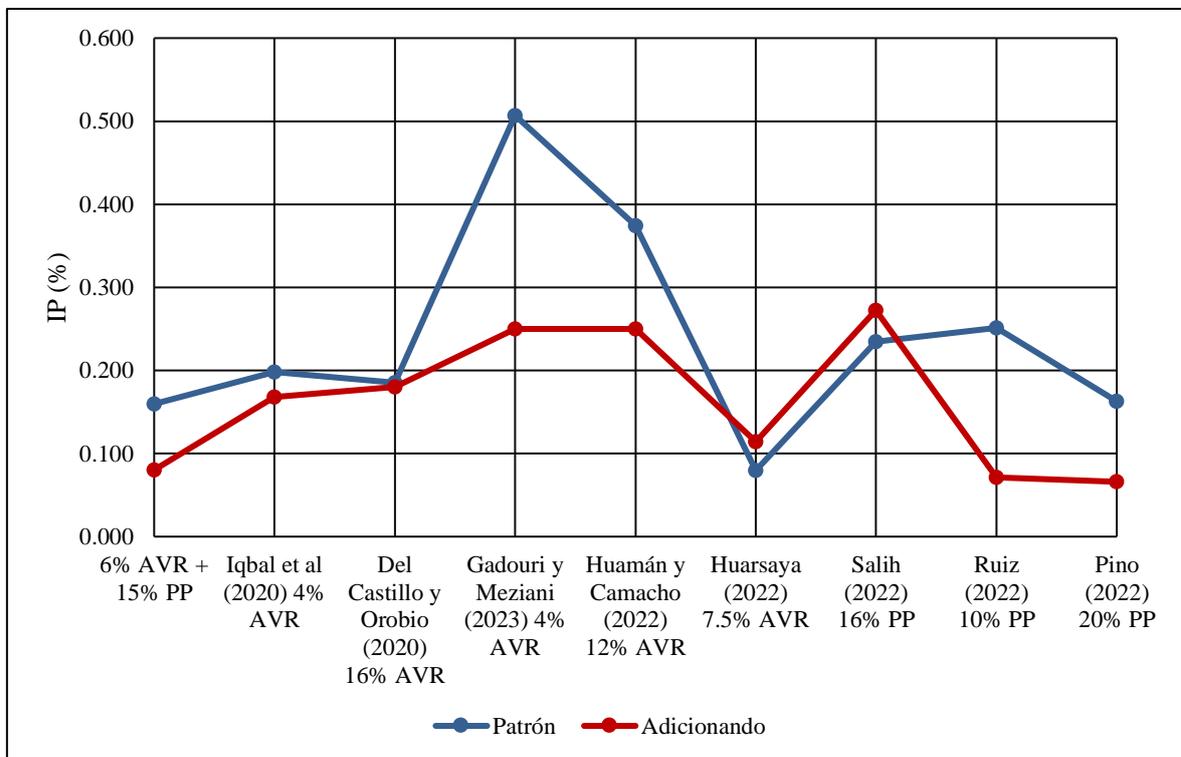


Figura 19. Índice de plasticidad obtenido para los materiales de diferentes autores.

En relación al estudio de la reacción provocada por usar AVR y PP en los resultados de MDS de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023, se ha podido establecer que esta aumenta de un valor de 1.977 g/cm³ perteneciente al patrón, a 2.047 g/cm³ con una dosificación de 6% de aceite vehicular reciclar (AVR) más 15% de polvo de piedra (PP).

Comparando con Iqbal et al (2020), que adicionaron 4% de Used motor oil (UMO) aumentando el resultado respecto a su muestra patrón de 2.06 a 2.10 g/cm³. Frente a Del Castillo y Orobio (2020) que adicionaron a su muestra patrón 16% de AMU, obteniendo un incremento de 1.577 a 1.679 g/cm³. De manera similar Huamán y Camacho (2022) incrementaron su MDS, de 1.526 a 1.766 g/cm³ adicionando 12% de aceite residual de motor diésel, mientras que Huarsaya (2022) empleó 7.5% de aceite residual obteniendo un aumento de valores de 1.586 a 1.889 g/cm³. En la misma línea Jalanoca (2021) empleó 3.5% de aceite residual obteniendo una MDS de 2.086 g/cm³, frente al patrón de 2.056 g/cm³. Pero cuando solo se utiliza 16% de polvo de piedra (PP) como Salih (2022) se obtiene un incremento del valor patrón 1.699 a 1.740 g/cm³. De forma semejante Basack et al (2021) con una MDS patrón de 1.595 g/cm³ obtuvo un aumento a 2.10 g/cm³ empleando 10% de PP, análogamente Ruiz (2022) empleando la misma dosificación de PPC consiguió un acrecentamiento de 1.315 a 1.994 g/cm³. Finalmente, Pino (2022) adicionando 20% de PPT alcanzó un resultado de 2.214 g/cm³ en comparación al patrón (1.885 g/cm³). A partir de los estudios presentados, en la figura 20 podemos concluir que la MDS adicionando aceite vehicular reciclado aumenta, de igual manera al añadir polvo de piedra este valor incrementa, esto fue verificado y comprobado con la contrastación de hipótesis, aceptando la hipótesis nula y rechazando la alterna.

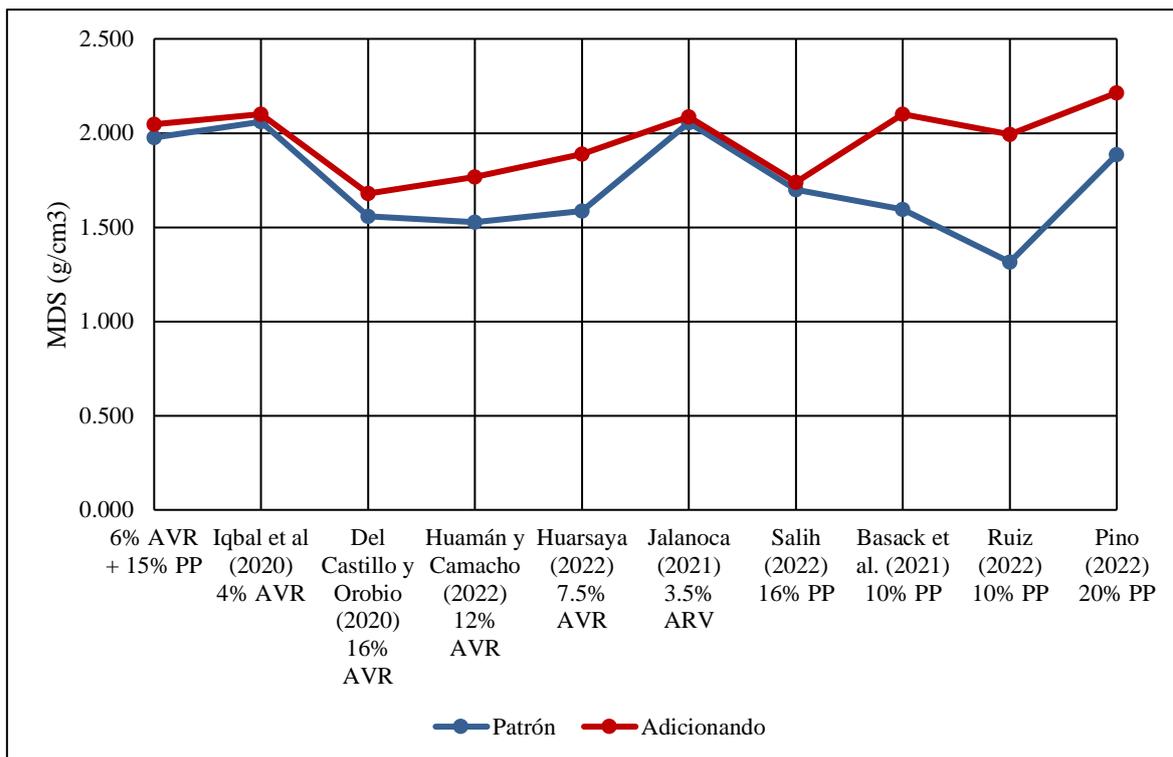


Figura 20. Máxima densidad seca obtenido para los materiales de diferentes autores.

En cuestión de precisar el proceder que ocasiona el uso de AVR y PP en los valores del OCH de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023, se ha podido establecer que esta disminuye su valor patrón de 10.30% a 4.90% con una dosificación de 6% de aceite vehicular reciclar (AVR) más 15% de polvo de piedra (PP). En comparación con Iqbal et al (2020), que agregaron 4% de Used motor oil (UMO) disminuyendo el resultado respecto a su muestra patrón de 12.50% a 12.10%. De modo parecido, Del Castillo y Orobio que adicionaron a su muestra patrón 16% de aceite de motor usado, obteniendo una reducción de 25.00% a 10.00%. Con similitud Huamán y Camacho (2022) decrecieron su OCH, de 22.945% a 5.473% adicionando 12% de aceite residual de motor diésel, mientras que Huarsaya (2022) empleó 7.5% de aceite residual obteniendo un decrecimiento de valores de 15.99% a 8.01%. Jalanoca (2021) de manera semejante, empleó 3.5% de aceite residual obteniendo un OCH de 8.13%, frente al patrón de 8.64%. No obstante, cuando solo se utiliza

16% de polvo de piedra (PP) como Salih (2022) se obtiene una disminución del valor patrón 18.86% a 16.99%. Con similitud Basack et al (2021) con un OCH patrón de 19.0% obtuvo una baja a 12.10% empleando 10% de PP, análogamente Ruiz (2022) empleando la misma dosificación de PPC resultó en una reducción de 19.50% a 6.57%. Concluyendo con Pino (2022) que adicionando 20% de PPT alcanzó un resultado de 12.10% frente al patrón de 15.20%. Con las investigaciones mostradas en el gráfico podemos corroborar que disminuye el OCH adicionando aceite vehicular, de igual manera que al añadir polvo de piedra. Esto fue verificado y comprobado con la contrastación de hipótesis, aceptando la hipótesis alterna y rechazando la nula.

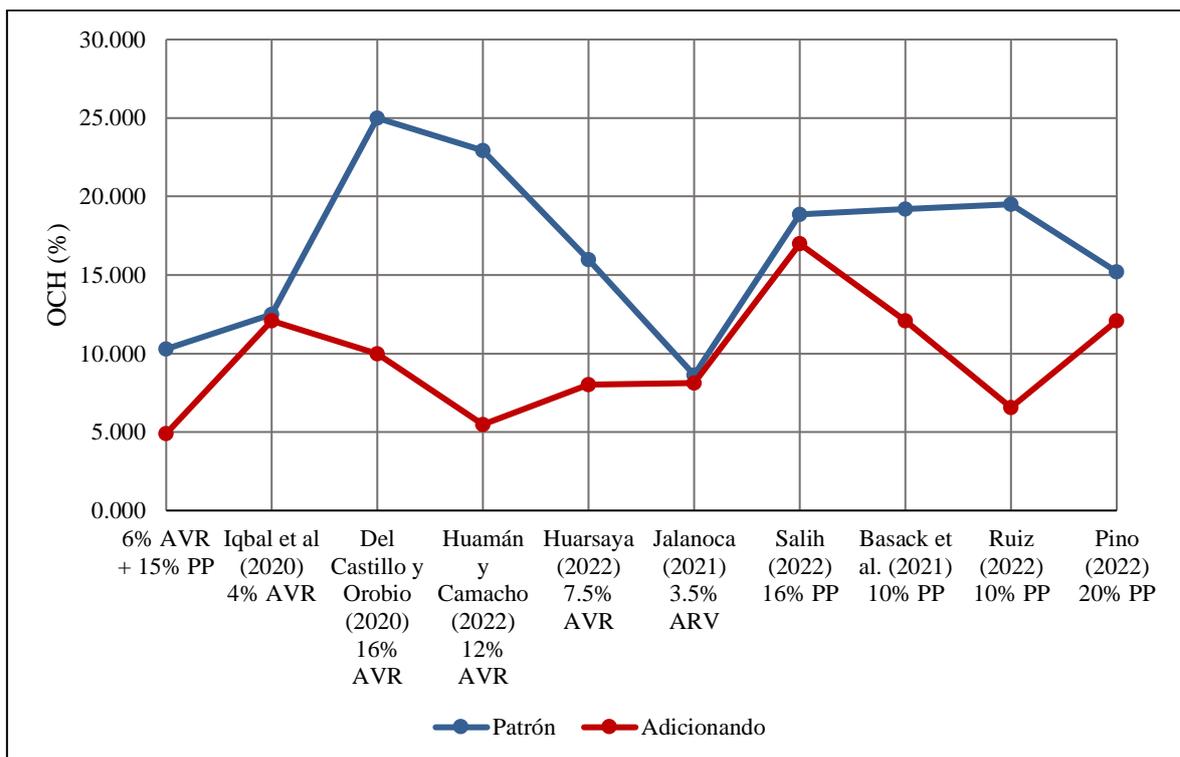


Figura 21. Óptimo contenido de humedad obtenido para los materiales de diferentes autores

Con respecto señalar el accionar que provoca el uso de AVR y PP en los valores del CBR de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023, se ha podido establecer que este valor de CBR al 95% aumenta de 12.20% perteneciente a la muestra patrón, a 25.50%

con una dosificación de 6% de aceite vehicular reciclar (AVR) más 15% de polvo de piedra (PP). De manera contraria, Iqbal et al (2020), que adicionaron 4% de Used motor oil (UMO) obtuvieron un resultado de 10.00%, siendo menor respecto a su muestra patrón de valor 10.80%. Huamán y Camacho (2022), al añadir un 12% de aceite residual de motor diésel, experimentaron un aumento significativo de 0.99% a 11.73% De manera análoga, Huarsaya (2022) empleó un 7.5% de aceite residual y observó un aumento de valores de 5.10% a 15.50%. Jalanoca (2021) utilizó un 3.5% de aceite residual resultando en un CBR de 63.50%, un valor alto en comparación con el patrón de 27.60%. De manera similar, Basack et al. (2021) lograron un aumento de 2.66% a 10.80% al emplear una dosificación de 10% de PP, mientras que Ruiz (2022), utilizando también 10% de polvo de piedra chancada, observó un incremento de 5.20% a 12.80%. Por último, Pino (2022) adicionó un 20% de PPT, obteniendo un valor de 4.90% en comparación con el patrón de 9.50%. En síntesis, los datos presentados en el gráfico señalan un incremento en el CBR al incorporar aceite vehicular reciclado y polvo de piedra. A través de las investigaciones representadas en el gráfico, se evidencia que el CBR aumenta al agregar aceite vehicular reciclado, y de manera similar, la adición de polvo de piedra contribuye a dicho incremento. Esto fue verificado y comprobado con la contrastación de hipótesis, aceptando la hipótesis nula y rechazando la alterna.

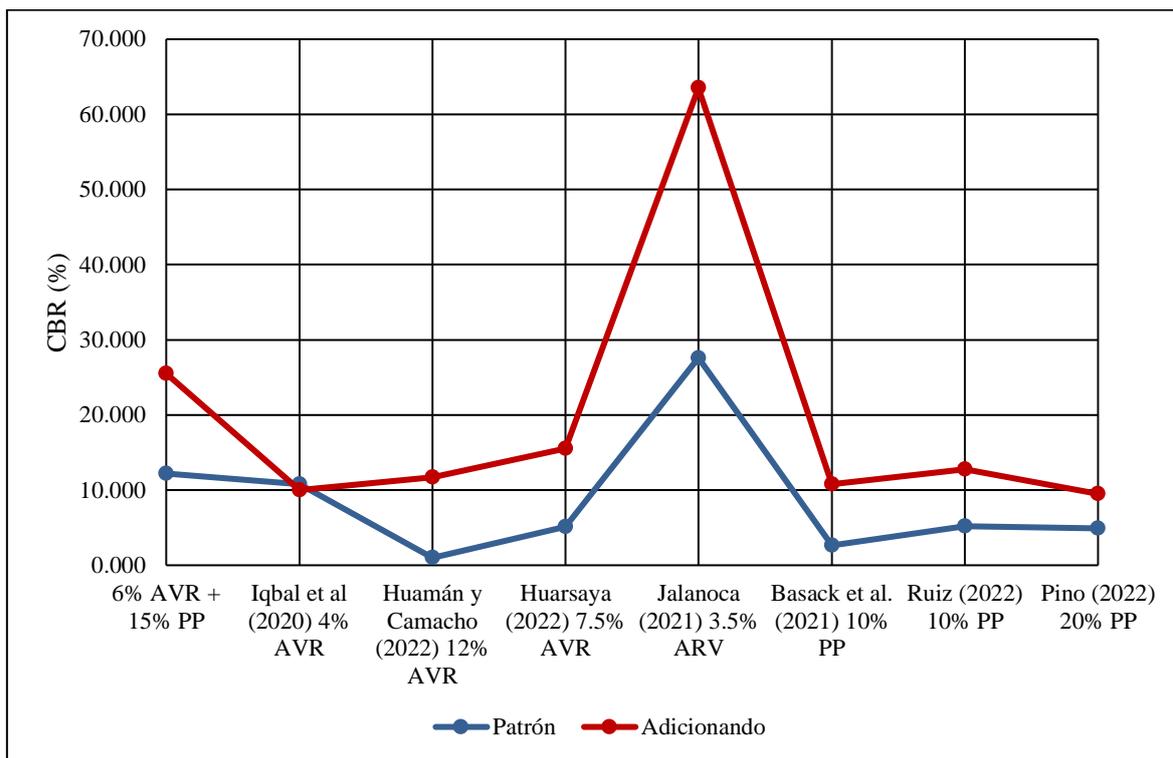


Figura 22. CBR al 95% obtenido para los materiales de diferentes autores

Finalmente, respecto al estudio del impacto del uso de AVR y PP en los valores de la RCNC de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023, posterior análisis de los resultados de los autores se ha podido establecer que este dato de RCNC disminuye de 2.710 KPa perteneciente a la muestra patrón, a 1.02 KPa con una dosificación de 6% de aceite vehicular reciclar (AVR) más 15% de polvo de piedra (PP). De manera análoga, Del Castillo y Orobio que adicionaron a su muestra patrón 16% de AMU, obtuvieron un decrecimiento de 1.216 KPa a 1.138 KPa. Así también la investigación de Gadouri y Meziani, presentó un valor inicial de 2.23 KPa y un valor final (adicionando 2% MO) de 0.270 KPa. Las investigaciones presentadas en el gráfico revelan que la resistencia a la compresión no confinada experimenta una disminución al adicionar AVR y PP. Esto fue verificado y comprobado con la contrastación de hipótesis, aceptando la hipótesis nula y rechazando la alterna.

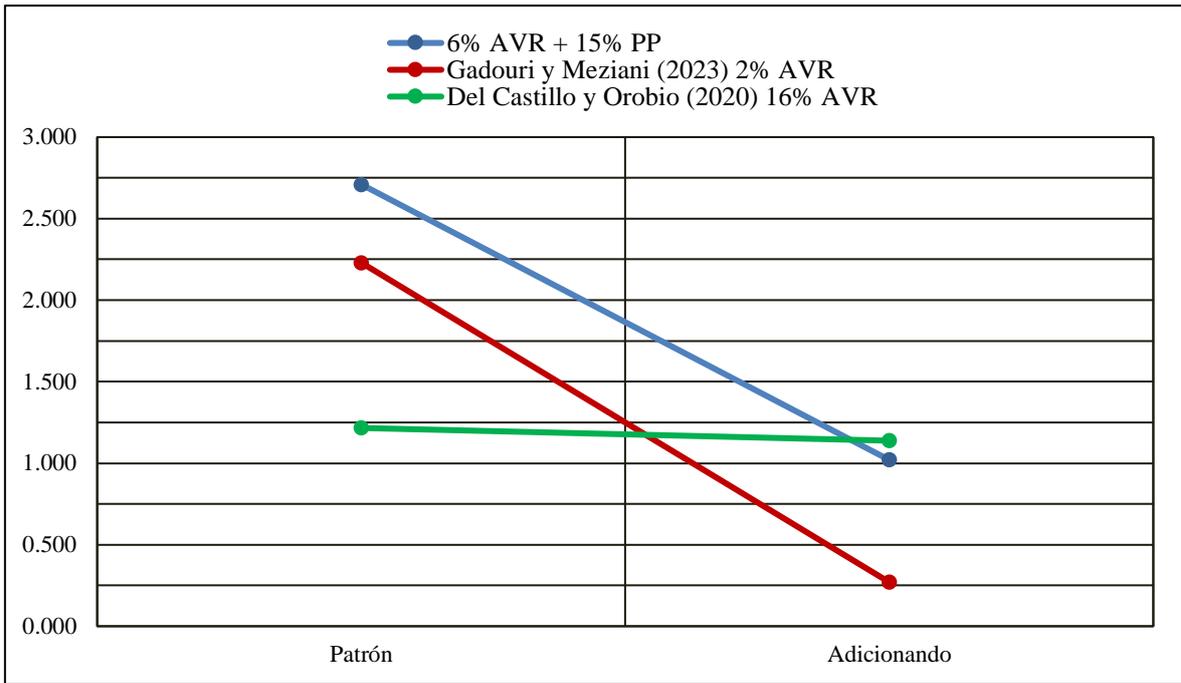


Figura 23. Compresión no confinada obtenido para los materiales de diferentes autores

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Durante la investigación presentada se buscó determinar el comportamiento que ocasiona el uso de AVR y PP al estabilizar la subrasante del camino Huamilancha, Sayán, 2023, para lo cual se decidió evaluar los valores de IP, MDS, OCH, CBR y RCNC luego de incorporar 5 diferentes dosificaciones (0% AVR+0% PP, 6% AVR+10% PP, 6% AVR+15% PP, 8% AVR+10% PP, 8% AVR+15% PP).

Los resultados demuestran que agregando los estabilizadores disminuye el IP, esto se demuestra pues el suelo en su estado natural tiene un IP de 16%; mientras que, la adición de 6% AVR+10% PP, 6% AVR+15% PP, 8% AVR+10% PP y 8% AVR+15% PP lo reduce a un 10% (-37.50%), 8% (-50%), 12% (-25%), 10% (-37.50%), respectivamente. Cabe resaltar que los resultados muestran que se obtiene una menor plasticidad; por lo tanto, una mayor seguridad al momento de construir una carretera, al adicionar 6% AVR+15% PP. Finalmente, se determina que el uso de AVR y PP influye en el comportamiento de la subrasante y mejora las características de plasticidad del suelo en su estado inalterado.

Respecto a la MDS, la subrasante sin ninguna adición de estabilizantes tiene un valor de 1.977 g/cm³ y la adición de 6% AVR+10% PP (muestra M2), 6% AVR+15% PP (muestra M3), 8% AVR+10% PP (muestra M4) y 8% AVR+15% PP (muestra M5) aumenta sus valores a 2.039 g/cm³ (+3.14%), 2.047 g/cm³ (+3.54%), 2.015 g/cm³ (+1.92%), 2.024 (+2.38%), respectivamente. Por lo que se concluye que el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra ocasiona un incremento, de manera reducida, de la MDS.

En lo concerniente al OCH, la investigación demuestra claramente que conforme aumenta la incorporación de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra, esta se reduce en más del 50% en gran parte de los resultados. Lo antes mencionado se evidencia pues la muestra M1, sin ningún tipo de adición, tiene un valor de 10.30%; en su lugar, las muestras M2, M3, M4 y M5 tienen datos de 5.70% (-44.66%), 4.90% (-52.43%), 4.50% (-56.31%) y 4.20% (-59.22%), respectivamente.

Los resultados obtenidos al analizar la resistencia a la penetración indican que si bien la subrasante en su estado natural es considerada buena pues presenta un CBR (0.1") al 95% de la MDS de 12.20, la adición de 6%AVR+10%PP, 6%AVR+15%PP, 8%AVR+10%PP y 8%AVR+15%PP, generan valores de CBR de 23.50% (+92.62%), 25.50% (+109.02%), 22.70% (86.07%), 18.80% (+54.10%), respectivamente. De este modo, las cuatro dosificaciones de adición de estabilizantes convierten la subrasante de buena a muy buena, resaltando entre estas la dosificación 6%AVR+15%PP. Entonces, se demostró que el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra ocasiona una mejora en el CBR de la subrasante.

Por último, la resistencia a la compresión no confinada, y por ende consistencia, del suelo de subrasante luego de adicionado el AVR y PP presenta una degradación en sus resultados, aún más teniendo en cuenta sus propiedades en su estado inalterado. Esto es corroborado al revisar que el suelo sin ningún agregado tiene una RCNC de 2.71 kg/cm² y por ende una consistencia muy firme; por otro lado, la adición de 6%AVR+10%PP y 8%AVR+15%PP presentan una consistencia mediana con valores de esfuerzo de 0.62 kg/cm² (-77.12%) y 0.81 kg/cm² (-70.11%), el uso de 8%AVR+10%PP tiene un valor de 0.42 kg/cm² y consistencia blanda, y la incorporación de 6%AVR+15%PP consiguió un esfuerzo de 1.02 kg/cm² y de este modo una consistencia firme. Por lo antes mencionado,

se demuestra que el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra genera un comportamiento adverso en la RCNC, siendo la adición de 6%AVR+15%PP la que provoca el resultado menos contraproducente.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar una investigación de la adición de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra por separado con las mismas dosificaciones presentadas en la presente investigación para poder determinar si ambos materiales trabajan de mejor manera de forma conjunta o separada.

Para futuros investigadores se insta a tener en cuenta el análisis del comportamiento del índice de plasticidad al adicionarse AVR y PP en suelos de subrasante de características más arcillosas y con un IP elevado en su condición inalterada. De este modo, se podrá precisar de manera más contundente si la adición de los agentes estabilizadores presenta una disminución de la plasticidad hasta llegar a convertir a la subrasante en una preparada para la construcción de una carretera.

Se propone analizar diferentes dosificaciones de AVR y PP al ser adicionadas a una subrasante con el propósito de establecer el comportamiento de la MDS. Esto es mencionado debido a que los porcentajes de adición elegidos durante la presente investigación generan un cambio no significativo en el aspecto mencionado, llegando a una variación máxima de 3.54%.

Consideramos necesario una investigación que proponga porcentajes de adición mayores a los utilizados en el presente documento para así analizar si se mantiene constante el comportamiento del óptimo contenido de humedad, el cual según los resultados presentados anteriormente tiende a disminuir de manera progresiva a medida que aumentan las cantidades incorporadas de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra.

De manera similar a lo recomendado respecto al índice de plasticidad, sugerimos el estudio de la adición de los componentes utilizados en la presente investigación a una subrasante que presente una resistencia a la penetración pobre. Esto con la finalidad de determinar si la integración de los estabilizadores funciona tanto en subrasantes de buenas propiedades como en otras de mermadas características respecto a su CBR.

Finalmente, para una futura investigación instamos a utilizar un diferente tipo de espécimen al precisar el comportamiento de la RCNC de una subrasante al adicionar AVR y PP. Durante la presente investigación se utilizaron especímenes compactados a una MDS y OCH menor al 100%; por este motivo, creemos que la creación de muestras con valores de compactación iguales al 100% presentará una visión más completa de este punto.

REFERENCIAS

7.1. Fuentes documentales

- Acevedo, O., Ortiz, E., Cruz, M., & Cruz, E. (2004). El papel de óxidos de hierro en suelos. *Terra Latinoamericana*, 22(4), 485-497.
- Alarcon, J., Jiménez, M., y Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(1), 5-20.
doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000100005>
- Apaza, E. (2017). Desgaste de los Ángeles por Abrasión del Agregado Grueso proveniente de los Áridos Consmac [Trabajo de Pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]
- Arapa, B. (2023). *Estabilización de la sub rasante de la circunvalación nueva utilizando piedra chancada de ¾" en la ciudad de Juliaca*. [Trabajo de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/111476>
- American Society for Testing and Materials. (2015). ASTM D3282-15: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. [Práctica estándar para la clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados para fines de construcción de carreteras]. ASTM Internacional.
doi:10.1520/D3282-15
- American Society for Testing and Materials. (2010). ASTM D2166-06: Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil. [Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión No Confinada de Suelo Cohesivo]. ASTM Internacional. doi: 10.1520/D2166-06
- Basack, S., Goswami, G., Khabbaz, H., Karakouzian, M., Baruah, P., & Kalita, N. (2021). A Comparative Study on Soil Stabilization Relevant to Transport Infrastructure using Bagasse Ash and Stone Dust and Cost Effectiveness. *Civil Engineering Journal*, 7(11)
- Butt, W., Gupta, K., y Jha, J. (2016). Strength behavior of clayey soil stabilized with saw dust ash. [Comportamiento de la resistencia de un suelo arcilloso estabilizado con ceniza de serrín]. *International Journal of Geo-Engineering*, 7(1), 18.
doi:10.1186/s40703-016-0032-9
- Cardenas, A., y Donoso, A. (2008). *Proposición de una Metodología Particular para obtener la Capacidad de Soporte para Suelos Granulares sin Curva Proctor Definida*. [Trabajo e pregrado, Universidad de Magallanes]. Repositorio UMAG.
http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/cardenas_piucol_2008.pdf

- Castañeda, D. (2017). Análisis de la granulometría de la concha de abanico triturada para su uso como agregado en concretos. [Trabajo de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/3011>
- Chirinos, E., Rodríguez, E. & Muñoz, S. (2021). Métodos de estabilización de suelos arcillosos para mejorar el CBR con fines de pavimentación: una revisión literaria. *Suelos Ecuatoriales*, 51(2), 72-92.
- Del Canto, E; Silva, A. (2013). Metodología cuantitativa: abordaje desde la complementariedad en ciencias sociales. *Revista de ciencias sociales*. <https://doi.org/10.15517/rsc.v0i141.12479>
- Del Castillo, R. D., y Orobio, A. (2020). Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante. *Informes De La Construcción*, 72(558). doi:<https://doi.org/10.3989/ic.69016>
- De la Cruz, E. (2018). *Fluorescencia de rayos X y su aplicación en la determinación de elementos químicos en determinadas muestras*. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio UNMSM <https://hdl.handle.net/20.500.12672/8783>
- Fabbri, M. (1998). *Las técnicas de investigación: la observación*. Recuperado el Julio de 2013, de humyar.unr.edu.ar/escuelas/3/materiales%20de%20catedras/trabajo%20de%20campo/solefabril.htm.
- Fong, W., Quiñones, E., y Tejada, C. (2018). Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. *Prospect*, 15(2), 135. doi:10.1186/s40703-016-0032-9
- Gadouri, H., y Meziani, M. (2023). *Evaluating the impact of motor oil, CaSO₄•2H₂O and NaCl on the behavior of lime-stabilized high-plasticity grey clayey soil*. [Congreso]. *1. Bilsel International World Science And Research Congress*. Estambul.
- Hernandez, S., y Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico De Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 9(17), 51-53. doi:<https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>
- Huamán, J., y Camacho, D. (2022). *Uso del Aceite Residual de Motor Diésel para Mejorar las Propiedades Mecánicas de la Subrasante de un Pavimento*. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional Digital Universidad Nacional de Jaén. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/458>
- Huarsaya, F. (2022). *Estabilización de suelo cohesivo de subrasante con aceite residual para la pavimentación de la Av. Santiago Geraldo, Juliaca, Puno, 2022*. [Trabajo

de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/100418>

- Internacional, A. (2015). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. [Práctica estándar para la clasificación de suelos y mezclas de suelo y agregados para fines de construcción de carreteras]. D3282-15. doi:10.1520/D3282-15
- Iqbal, K., Xu, C., Nasir, H., Alam, M., Farooq, A., y Williams, E. (2020). Effect of Used Motor Oil and Bitumen as Additive on the Permeability and Mechanical Properties of Low Plastic Soil. [Efecto del Aceite de Motor Usado y Betún como Aditivo en la Permeabilidad y Propiedades Mecánicas de Suelos de Bajo Plástico]. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1155/2020/1360197>
- Jalanoca, F. (2021). *Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021*. [Trabajo de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63844>
- Jemal, A., Elmer, C., Agon, E., y Geremew, A. (Noviembre de 2020). Utilization Of Crushed Stone Dust As A Stabilizer For Sub Grade Soil: A Case Study In Jimma Town. [Utilización de polvo de piedra triturada como estabilizador para suelo de subrasante: un estudio de caso en Jimma Town]. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, 17, 55-64.
- Masoliver, G., Pérez, M. y López, P. (2017). Modelo experimental para estimar la viscosidad de fluidos no newtonianos: ajuste a expresiones matemáticas convencionales. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 5-18. doi: <https://doi.org/10.4995/msel.2017.5901>
- Pasaye, L., Márquez, L., Ignacio, J., Sánchez, J. (2020). Impacto del aceite residual automotriz en un suelo: remediación por bioestimulación. - *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(2), 84-93. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361364361006>
- Pino, S. (2022). *Adición del polvo de piedra triturada para estabilizar la subrasante de la avenida Francisco Falman, centro poblado San Francisco – Moquegua 2022*. [Trabajo de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/102349>
- Rivera, J., Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., y Orobio, A (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. *Informador Técnico*, 84(2), 202-226. doi:<https://doi.org/10.3989/ic.69016>

- Romero, J. (2018). Validación del software Basegrain2.2 de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich para determinar la granulometría del lecho de los ríos en Ecuador [Trabajo de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <https://hdl.handle.net/123456789/30265>
- Rondón, F. y Reyes, A. (2007). Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 17(2), 3. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117204>
- Ruiz, F. (2022). *Evaluación de la incorporación de polvo de piedra chancada en la subrasante deteriorada por deformación, carretera Chota – Shitacucho*. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Repositorio UNACH. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/337>
- Salih, N. (1 de Diciembre de 2022). An Experimental Study of Compaction and Strength of Stabilized Cohesive Soil by Stone Powder. [Un estudio experimental de compactación y resistencia de un suelo cohesivo estabilizado con polvo de piedra]. *Journal of Engineering*, 28(12), 125-136. doi:<https://doi.org/10.31026/j.eng.2022.12.09>
- Suárez, C. (2019). *Determinación del estado de deterioro del tramo de Av. Vice en Piura, aplicando el método PCI*. [Trabajo de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/4394>
- Villanueva, D. (2021). *La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de subrasante de la carretera afirmada Dv. Chirinos – Chirinos, Cajamarca, 2021* [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional Ricardo Palma. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5572>
- Vizcaíno, P., Cedeño, R., & Maldonado, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. doi: 10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- Manterola, C., Quiróz, G., Salazar, P., y García, N. (2019). Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 30(1), 36 - 49.

7.2. Fuentes bibliográficas

- Bañón, L. y Beviá, J. (2017). *Manual de Carreteras Construcción y Mantenimiento*. Ortiz e Hijos Construcciones (Alicante).
- Braja, M. (2002). *Soil Mechanics: Laboratory Manual*. New York: Oxford University Press.

- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Mexico D.F.: Limusa.
- Duque, G., & Escobar, C. (2016). *Geomecánica*. Universidad Nacional de Colombia.
- Fidias, G. (2012). *El proyecto de investigación Introducción a la metodología científica*. EDITORIAL EPISTEME, C.A.
- Garber, J. y Hoel, L. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras, 3era, ed.* Thomson Editores
<https://dokumen.tips/documents/libro-ingenieria-de-transito-y-carreteras-garber.html>
- Gonzales, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. (2002). *Fundamentos y métodos*. Pearson Education S.A (Ed.), *Ingeniería Geológica* (p.98).
- Gonzalez, J. (2000). *Diccionario de filosofía*. EDAF.
- Guintas, G. (2002). *Terminos y usos del lenguaje filosofico*. Marfil.
- Juarez, E., & Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos*. Tomo 1. Mexico D.F.: Limusa.
- Menéndez, J. (2012). *Ingeniería de Pavimentos: Materiales, Diseño y Conservación*. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Montejo, A., Montejo, A., y Montejo, A. (2018). *Estabilización de Suelos*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Muñoz, J., Quintero, J., y Munévar, R. (2001). *Competencias investigativas para profesionales que forman y enseñan: cómo desarrollarlas?* Coop. Editorial Magisterio.
- Olivera, F. (2009). *Estructuración de vías terrestres*. Grupo Patria Cultural
- Rosental, M., y Iudin, P. (1939). *Diccionario filosófico*. Moscú: Editorial Estatal de Literatura Política.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J. y Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Universidad de la República.
- Sanjuán, M y Chinchón, S. (2018). *Introducción a la fabricación y normalización del Cemento Portland*. Universidad de Alicante.
- Terzaghi, K., Ralph Peck, R. y Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice Third Edition*. Wiley-Interscience.
- William W. Hay (1983). *Ingeniería de transportes*. Limusa, 2(1)

Cerda, H. (2021). Los elementos de la Investigación. Magisterio.

Bernal, C. (2010). Proceso de Investigación Científica. En O. Fernández (Ed.), *Metodología de la investigación. Tercera edición (pp.176-177)*. Pearson Bogotá

Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica

7.3. Fuentes hemerográficas

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2014). Norma Técnica Peruana para Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina Los Ángeles (NTP 400.019).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, edición abril 2014, *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles*.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayo de Materiales, edición mayo 2016, *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Diseño Geométrico de Carreteras, *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles*.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). Norma Técnica de Edificación CE.010, *SENCICO*, 35.

US Department of Defense (2020). *Soil Stabilization and Modification for Pavements* [Estabilización y Modificación de Suelos para Pavimentos] (Número de publicación UFC 3-250-11)

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general					Método de investigación
¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la estabilización de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?	Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la estabilización de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.	El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra genera una optimización en la estabilización de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.	Variable independiente		0% AVR + 0% PP 6% AVR + 10% PP 8% AVR+ 10% PP 6% AVR + 15% PP 8% AVR + 15% PP	Balanza electrónica	Método Científico
			Aceite Vehicular Reciclado y Polvo de Piedra	Dosificación			Diseño de investigación
							Cuasi-Experimental
							Tipo de investigación
							Aplicada
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas					Nivel de investigación
PE1. ¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra el índice de plasticidad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?	OE1. Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en el índice de plasticidad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.	HE1. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores del índice de plasticidad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.	Variable dependiente				Explicativo
			Estabilización de Subrasante	Plasticidad	Índice de plasticidad	Copa de Casagrande (NTP339.129 - ASTM D3148) Horno de Secado (NTP 339.141)	Enfoque de investigación
							Cuantitativo
PE2. ¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la máxima densidad seca de la	OE2. Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la máxima densidad seca de la	HE2. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores de la máxima densidad seca de la subrasante en Camino					Población
				Compactación	Máxima densidad seca	Molde cilíndrico metálico para el ensayo de Proctor modificado (NTP 339.141 - ASTM D1557)	1.772 km del camino Huamilancha, Sayán, Huaura, Lima

subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

PE3. ¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en el óptimo contenido de humedad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

PE4. ¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la resistencia a la penetración de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

PE5. ¿Qué comportamiento ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la resistencia a la compresión no confinada de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023?

subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

OE3. Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en el óptimo contenido de humedad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

OE4. Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la resistencia a la penetración de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

OE5. Determinar el comportamiento que ocasiona el uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en la resistencia a la compresión no confinada de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

Huamilancha, Sayán, 2023.

HE3. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora los valores del óptimo contenido de humedad de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

HE4. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora la resistencia a la penetración de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

HE5. El uso de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra mejora la resistencia a la compresión no confinada de la subrasante en Camino Huamilancha, Sayán, 2023.

Óptimo contenido de humedad de Horno de Secado (NTP 339.141)

Capacidad de Soporte Resistencia a Penetración a Prensa de carga CBR (NTP 339.145 - ASTM D1883)

Consistencia Resistencia a la Compresión No Confinada Prensa de ensayo de Compresión No Confinada (NTP 339.167 - ASTM D 2166)

Muestra
1.772 km del camino Huamilancha, Sayán, Huaura, Lima

Técnica
Observación

Instrumento
Ficha de observación sistemática
Ficha técnica de experimentos/ensayos de laboratorio

ANEXO 02: ZONA DE ESTUDIO Y UBICACIÓN DE CALICATAS

La investigación realizada tuvo como zona de estudio el camino Huamilancha, el cual consta de 1.760 km de longitud, ubicado en el distrito de Sayán, provincia de Huaura y departamento de Lima.

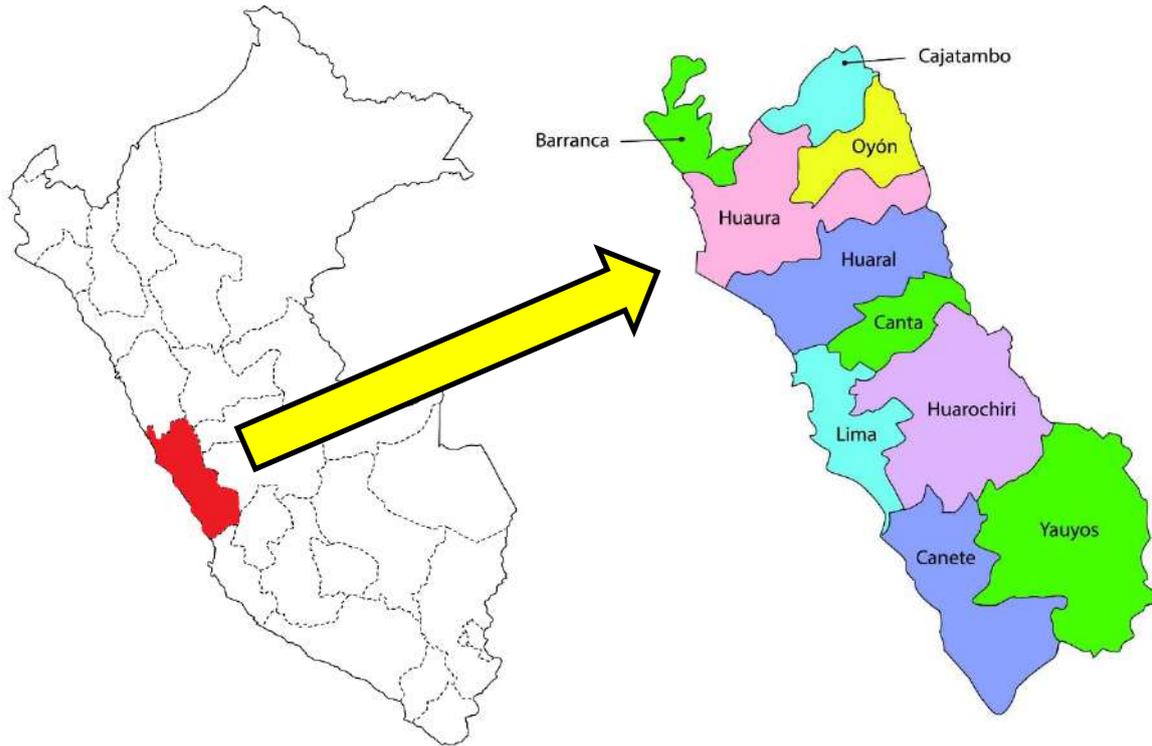


Figura 24. Ubicación del departamento de Lima y provincia de Huaral. Elaboración propia. Esta figura muestra la ubicación del departamento de Lima respecto del mapa del Perú. Asimismo, muestra las provincias que conforman el departamento de Lima, entre las que se encuentra la provincia de Huaura.

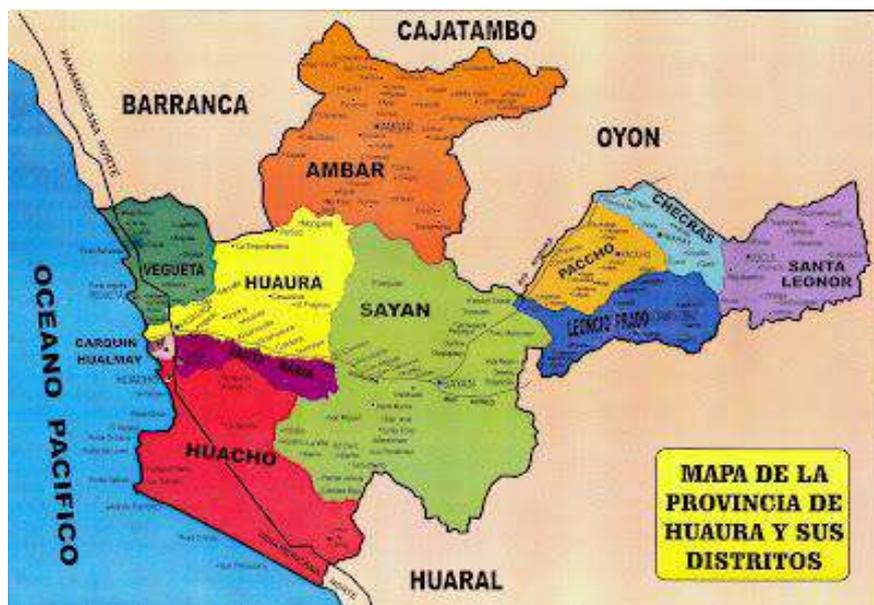


Figura 25. Ubicación del distrito de Sayán. Tomado de INEI (2007)



Figura 26. Ubicación de camino Huamilancha. Extraído de Google Earth (2023)

El número mínimo de calicatas es establecido por el MTC mediante la tabla inferior, por lo que considerando que la carretera evaluada tiene una longitud de 1.760 km y un IMDA menor a 200 veh/día, se requiere 1 punto de muestreo, de una profundidad de 1.50 m respecto al subnivel de subrasante.

Tabla 24

Número de calicatas de acuerdo a la longitud y tipo de carretera

Tipo de carretera	Número de calicatas	Observaciones
Autopista (IMDA>6000 veh/día)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 y 3 carriles por sentido: 4 calicatas por km y sentido 	<ul style="list-style-type: none"> • La profundidad es de 1.50 m respecto al nivel de subrasante. • Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada. • El número de calicatas presentadas en la tabla son el mínimo necesario.
Carreteras Duales (4001<IMDA<6000 veh/día)	<ul style="list-style-type: none"> • 4 carriles por sentido: 6 calicatas por km y sentido 	
Carreteras Primera Clase (2001<IMDA<4000 veh/día)	4 calicatas por km	
Carreteras Segunda Clase (401<IMDA<2000 veh/día)	3 calicatas por km	
Carreteras Tercera Clase (201<IMDA<400 veh/día)	2 calicatas por km	
Carreteras de Bajo Volumen de Transito (IMDA<=200 veh/día)	1 calicatas por km	

Esta tabla muestra el número de calicatas que se deben realizar según el tipo de carretera a diseñar y ciertas observaciones. Tomado de MTC (2016)

Con el fin de realizar un estudio más completo, se decidió realizar 3 calicatas a lo largo del camino Huamilancha; sin embargo, solo una calicata fungirá como muestra, de acuerdo a lo establecido en la tabla 24. La calicata será escogida de estas tres luego de determinar cuál es la que presenta una peor clasificación de suelo según las clasificaciones SUCS y AASHTO.

Las calicatas serán ubicadas de acuerdo a lo mostrado en la figura 25 y sus coordenadas son mostradas en la tabla 25.



Figura 27. Ubicación de calicatas C-1, C-2 y C-3. Extraído de Google Earth (2023)

Tabla 25

Ubicación de calicatas C-1, C-2 y C-3

Numero de calicata	Coordenadas UTM	
	ESTE (m)	NORTE (m)
C-1	260571	8766622
C-2	260794	8766903
C-3	260081	8766683

Elaboración propia

Finalmente, con la calicata de peores características entre las tres evaluadas, se procederá a adicionar los porcentajes de polvo de piedra y aceite vehicular reciclado según lo mostrado en la tabla 26.

Tabla 26

Número de calicatas y dosificaciones de la investigación

Numero de calicata	Código	Muestra Base	Aceite vehicular reciclado	Polvo de piedra	Dosificación
3	C-3	M-01	0% de AVR	0% de PP	M-01 (con 0% de PP y 0% de AVR)
			6% de AVR	10% de PP	M-02 (M-01 con 6% de PP y 10% de AVR)
				15% de PP	M-03 (M-01 con 6% de PP y 15% de AVR)
			8% de AVR	10% de PP	M-04 (M-01 con 8% de PP y 10% de AVR)
				15% de PP	M-05 (M-01 con 8% de PP y 15% de AVR)

Elaboración propia

ANEXO 03: ELECCIÓN DE CALICATA MÁS DESFAVORABLE

Granulometría

En la tabla 27 se muestran los resultados del ensayo de granulometría realizados al suelo obtenido de cada una de las tres calicatas excavadas a lo largo del camino Huamilancha, siguiendo lo establecido por la MTC E 107 y la norma ASTM D422.

Tabla 27

Granulometría de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3

Malla	Abertura	Porcentaje que pasa		
		C-1	C-2	C-3
1 1/2"	38.100	100.00%	100.00%	100.00%
1"	25.400	100.00%	100.00%	100.00%
3/4"	19.050	100.00%	100.00%	100.00%
1/2"	12.700	100.00%	97.03%	100.00%
3/8"	9.530	100.00%	97.03%	100.00%
N° 4	4.750	99.21%	96.63%	97.35%
N° 10	2.000	95.16%	94.90%	96.80%
N° 20	0.850	84.76%	91.48%	93.71%
N° 40	0.430	69.73%	84.52%	82.76%
N° 60	0.250	55.08%	75.15%	70.57%
N° 100	0.150	41.97%	60.21%	60.68%
N° 200	0.075	31.78%	46.41%	53.26%

Elaboración propia

Los resultados muestran que la calicata C-1 es en mayor proporción arena (67.4%), C-2 presenta 50.2% de arena, y C-3 es en 53.3% agregado fino.

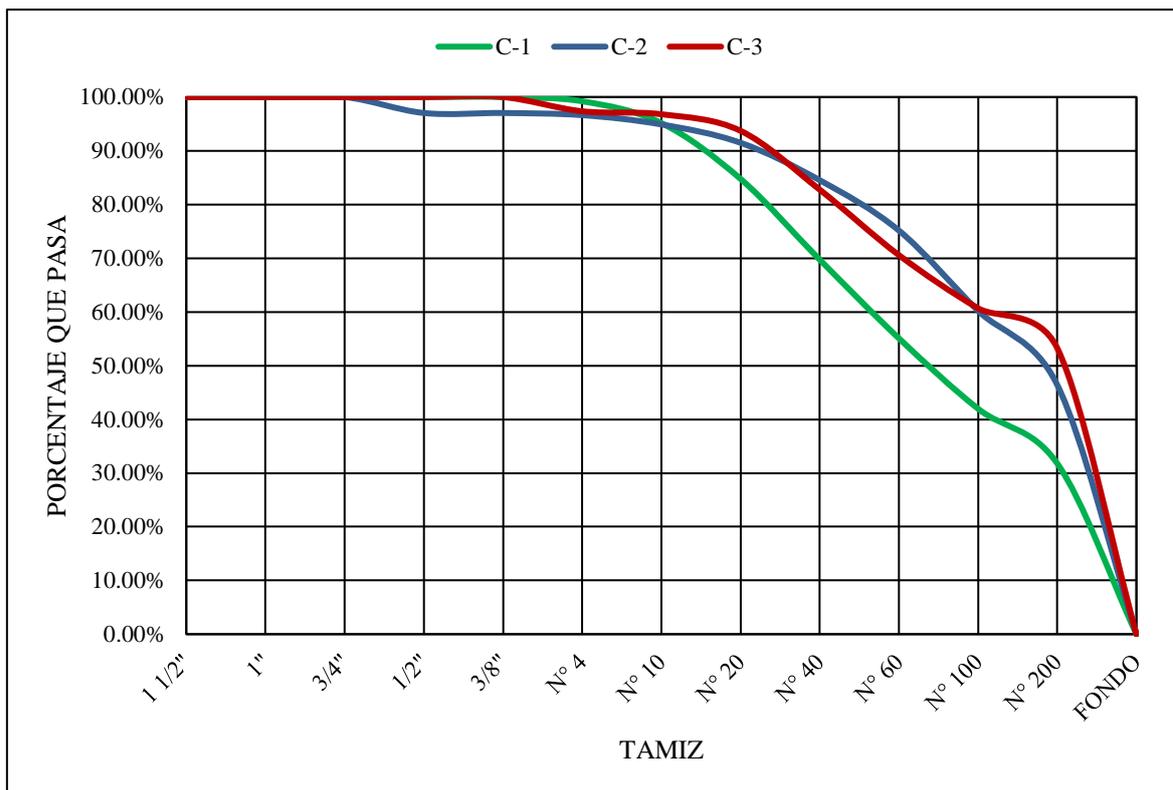


Figura 28. Curva granulométrica del suelo de subrasante natural, calicata C-1, C-2 y C-3

La tabla 28 nos brinda de manera simplificada el porcentaje de suelo que pasa la malla N°200 de cada una de las tres calicatas, esto con el fin de realizar una futura clasificación a lo establecido por la clasificación AASHTO.

Tabla 28

Porcentaje de suelo de subrasante natural que pasa malla N°200, calicatas C-1, C-2 y C-3

Numero de calicata	Código	Muestra	Porcentaje que pasa la malla N°200
1	C-1	M-1	31.87
2	C-2	M-1	46.41
3	C-3	M-1	53.26

Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 29 que la calicata C-3 es la que presente un mayor porcentaje pasante por la malla N°200, por lo que se considera la de suelo más fino.

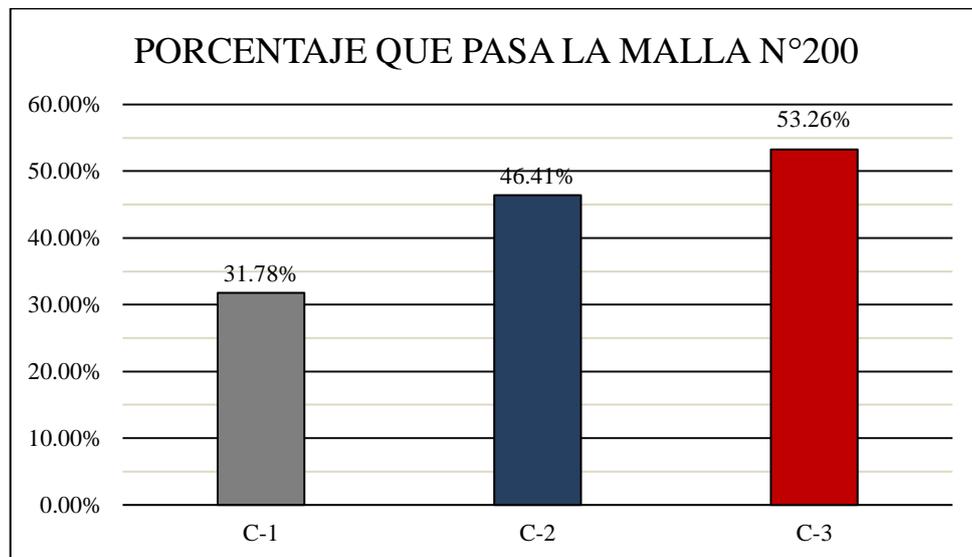


Figura 29. IP, LP y LL de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3

Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

Los resultados del ensayo de límites de consistencia, siguiendo lo establecido por la MTC E110, MTC E111 y NTP 339.129, son presentados en la tabla 29.

Tabla 29

Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3

Numero de calicata	Código	Muestra	Ll (%)	LP (%)	IP (%)
1	C-1	M-1	NP	NP	NP
2	C-2	M-1	15	13	2
3	C-3	M-1	39	23	16

Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de índice de plasticidad, la calicata C-1 es considerada un suelo no plástico y exento de arcilla, la C-2 es un suelo de baja plasticidad y poco arcilloso, y la C-3 es un suelo arcilloso de plasticidad media.

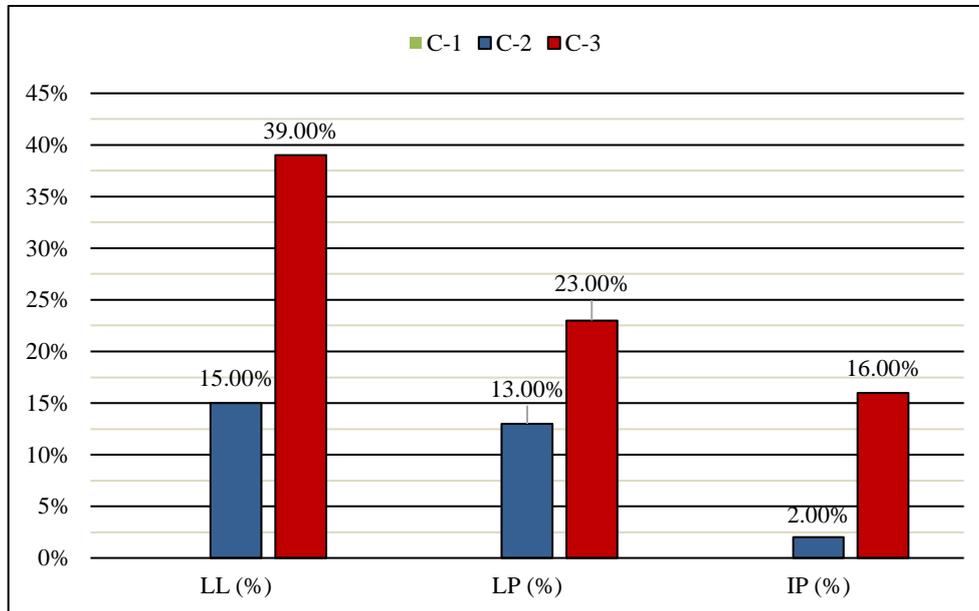


Figura 30. Diagrama de barras comparativo del IP, LP y LL de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3

Clasificación SUCS y AASHTO

La tabla 30 nos presenta las clasificaciones SUCS y AASHTO obtenidas gracias a los resultados de granulometría y límites de consistencia de cada una de las tres calicatas realizadas.

Tabla 30

Clasificación SUCS y AASHTO de suelo de subrasante natural, calicatas C-1, C-2 y C-3

Código	Descripción	SUCS	AASHTO	Índice de grupo
C-1	Arena limosa	SM	A-2-4 (0)	0
C-2	Arena limosa	SM	A-4 (0)	0
C-3	Arcilla arenosa de baja plasticidad	CL	A-6 (A)	4

Elaboración propia

Guiándonos por la clasificación AASHTO, la calicata C-1 es un suelo de grava y arenas limoarcillosas con características excelentes o buenas para la construcción de carreteras, la calicata C-2 presenta un suelo limoso con características regulares respecto a la construcción de carreteras, y finalmente el suelo de la calicata C-3 es considerado un suelo arcilloso de malas propiedades en caso se desee construir una carretera o pavimento en la zona. Asimismo, de acuerdo la clasificación de suelos según el índice de grupo la calicata C-1 y C-2 presentan un suelo de subrasante muy bueno; mientras que, la calicata C-3 es considerado insuficiente.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, el suelo de subrasante natural de la calicata C-3 fue el utilizado como muestra durante los ensayos pues es el que presenta peores condiciones y necesita ser estabilizado de manera más urgente.

ANEXO 04: PROPIEDADES DE AGENTES ESTABILIZADORES

Resistencia a la abrasión de la piedra natural

A partir de la NTP 400.019 y la MTC E207, se realizó el ensayo de resistencia al desgaste por abrasión e impacto de la máquina de Los Ángeles en la piedra natural, antes de obtenido el polvo de piedra, que se agregará a la subrasante como agente estabilizador. La muestra es considerada un agregado grueso de tamaños menores y los resultados del ensayo son presentados en la tabla 31.

Tabla 31

Porcentaje de desgaste a la abrasión de piedra natural

Muestra	Descripción	Desgaste a la abrasión (%)
PN-1	Agregado grueso de tamaño menor	44.65

Elaboración propia

Los resultados obtenidos describen a la piedra en su estado natural como eficiente, poco abrasiva y de alta calidad pues presenta un desgaste menor al 50% posterior al ensayo. En conclusión, la muestra es adecuada para aplicaciones donde se requiere durabilidad y resistencia a la abrasión.

Componentes químicos del polvo de piedra

El análisis de los componentes químicos del polvo de piedra es trascendental durante cualquier investigación de este tipo pues de acuerdo a los elementos u óxidos presentes en su composición podremos estudiar el comportamiento de cada uno de estos al momento de

ser mezclado y unido al suelo de subrasante. Es por este motivo que se realizó el ensayo de fluorescencia de rayos x, cuyos resultados son presentados en el anexo 06.

Los resultados denotan que el polvo de piedra presenta tres elementos químicos principales dentro de su composición, estos son el hierro, silicio y aluminio con 33.99%, 28.25% y 17.59%, respectivamente. Asimismo, se puede apreciar la presencia, en considerable menor medida, de bario, azufre, magnesio, etc.

De manera similar a lo presentado en el párrafo previo, el óxido de silicio, hierro y aluminio son los tres principales óxidos presentes en el polvo de piedra. En contrastación a los componentes químicos principales, el óxido de hierro es renegado al segundo lugar y el óxido de silicio lo supera en porcentaje de proporción respecto al peso total de la muestra.

De esta manera, se puede inferir que el óxido de silicio, a través de su comportamiento puzolánico, ayudará al suelo de subrasante a obtener mejores propiedades a la compactación, resistencia a la penetración, etc. Asimismo, el óxido de hierro contribuirá a la estabilización de la subrasante gracias a su frecuente reacción en contra de las propiedades arcillosas en suelos.

Viscosidad del aceite vehicular reciclado

La viscosidad fue obtenida mediante un viscosímetro cilíndrico coaxial rotacional, también llamado Brookfield. Los resultados, presentados en la tabla 32, describen al aceite vehicular reciclado como poco viscoso a temperatura ambiente.

Tabla 32

Viscosidad del aceite vehicular reciclado

Muestra	Descripción	Viscosidad (cp)
AVR-1	Baja viscosidad a temperatura ambiente	180

Elaboración propia

ANEXO 05: PANEL DE FOTOS



Figura 31. Delimitación previa excavación de la calicata C-1



Figura 32. Final de Excavación de Calicata C-1



Figura 33. Delimitación previa excavación de la calicata C-2



Figura 34. Final de Excavación de Calicata C-2



Figura 35. Delimitación previa excavación de la calicata C-3



Figura 36. Final de Excavación de Calicata C-3



Figura 37. Fachada de Lubricentro Zoilo, colaborador de aceite vehicular reciclado



Figura 38. Recolección de Aceite Vehicular Reciclado



Figura 39. Cantera proveedora de Piedra Caliza



Figura 40. Recolección de Piedra Caliza



Figura 41. Cantidad Final de Piedra Caliza Recolectada



Figura 42. Ensayo de Granulometría del suelo de subrasante natural, peso de muestra inicial



Figura 43. Ensayo de Granulometría del suelo de subrasante natural, introducción de muestra en la serie de tamices



Figura 44. Ensayo de Granulometría del suelo de subrasante natural, tamizado manual



Figura 45. Ensayo de CH del suelo de subrasante natural, introducción de muestra al horno a 110°C



Figura 46. Ensayo de CH del suelo de subrasante natural, retiro de muestra del horno



Figura 47. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, obtención de material pasante del tamiz N° 40.



Figura 48. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, mezcla de la muestra de suelo con agua



Figura 49. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, uso del acanalador para dividir la muestra en la copa de Casagrande



Figura 50. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, conteo de número de golpes en la copa de Casagrande



Figura 51. Ensayo de LL del suelo de subrasante natural, pesaje de la muestra húmeda luego de realizado el ensayo



Figura 52. Ensayo de LP del suelo de subrasante natural, obtención de varillas de 3.2 mm de diámetro

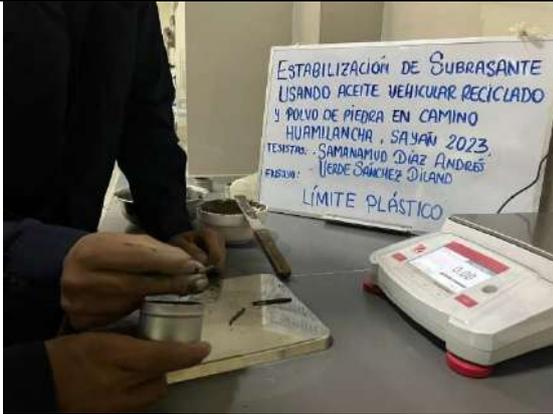


Figura 53. Ensayo de LP del suelo de subrasante natural, recolección de varillas fisuradas



Figura 54. Ensayo de LL y LP del suelo de subrasante natural, secado de las muestras en horno a 110°C



Figura 55. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante inalterada, pesaje de la muestra



Figura 56. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante inalterada, pesaje del agua agregada



Figura 57. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante inalterada, pesaje de la probeta



Figura 58. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante inalterada, vertido de la segunda capa de muestra en el interior de la probeta



Figura 59. Ensayo de Proctor modificado del suelo de subrasante natural, compactación de la muestra mediante pisón



Figura 60. Ensayo de CBR del suelo de subrasante natural, moldes para ensayos de CBR



Figura 61. Ensayo de CBR del suelo de subrasante natural, apisonado de muestra M-01 dentro del molde para ensayos de CBR.



Figura 62. Ensayo de CBR de la subrasante inalterada, molde con la muestra M-01 preparado para ingresar a la máquina para ensayos de CBR



Figura 63. Ensayo de CBR del suelo de subrasante natural, máquina manual para ensayos de CBR con la muestra M-01 en su interior



Figura 64. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, vertido de agua según óptimo contenido de humedad..



Figura 65. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, peso del espécimen compactado



Figura 66. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, colocación de espécimen dentro de la máquina de compresión.



Figura 67. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, aplicación de carga manual

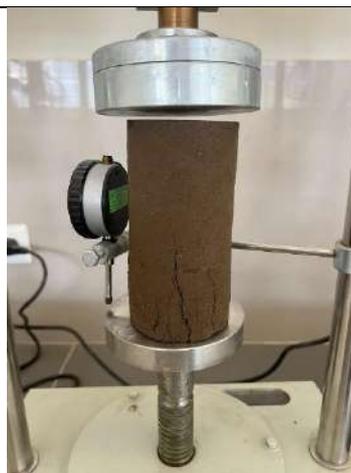


Figura 68. Ensayo de RCNC del suelo de subrasante natural, espécimen luego de fallar al llegar a su valor de esfuerzo a la compresión no confinada



Figura 69. Ensayo de Abrasión al Desgaste, pesaje de muestra inicial de piedra



Figura 70. Ensayo de Abrasión al Desgaste, tamizaje de muestra según la gradación A en agregados gruesos de tamaños menores



Figura 71. Ensayo de Abrasión al Desgaste, muestra antes de su ingreso a la máquina de Los Ángeles



Figura 72. Ensayo de Abrasión al Desgaste, muestra luego de terminada la abrasión



Figura 73. Ensayo de Abrasión al Desgaste, separación de muestra según el tamiz N°10



Figura 74. Obtención de polvo de piedra por tamizado, colocación de muestra resultante luego de pasar por la máquina de Los Ángeles dentro del tamiz N°40



Figura 75. Obtención de polvo de piedra por tamizado, tamizado manual a través de la malla N°40



Figura 76. Obtención de polvo de piedra por tamizado, polvo de piedra resultante



Figura 77. Ensayo de viscosidad del aceite vehicular reciclado



Figura 78. Ensayo de viscosidad del aceite vehicular reciclado



Figura 79. Entrega de polvo de piedra al Laboratorio Labicer, ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería, para la realización del ensayo de fluorescencia de rayos X.



Figura 80. Espectrómetro de fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva utilizado para obtener los componentes químicos del polvo de piedra.



Figura 81. Ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, pesaje de agregados necesarios para el ensayo



Figura 82. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, mezclado de agregados y suelo



Figura 83. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, conteo de número de golpes en la copa de Casagrande



Figura 84. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, almacenamiento de muestra húmeda para el horno



Figura 85. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, elaboración de cilindros para ensayo de límite líquido



Figura 86. Ensayo de IP, LP y LL de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, colocado de muestras en el horno a 110°C



Figura 87. Entrega de aceite vehicular reciclado y polvo de piedra a laboratorio JJ Geotecnia

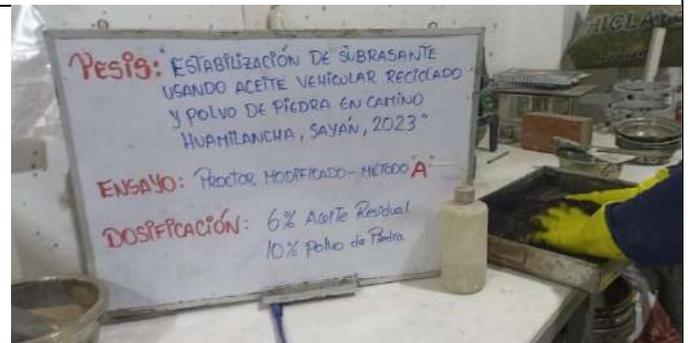


Figura 88. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, mezclado de suelo con los agentes estabilizadores para obtener la muestra M-02



Figura 89. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, compactación de la muestra M-02 mediante pisón

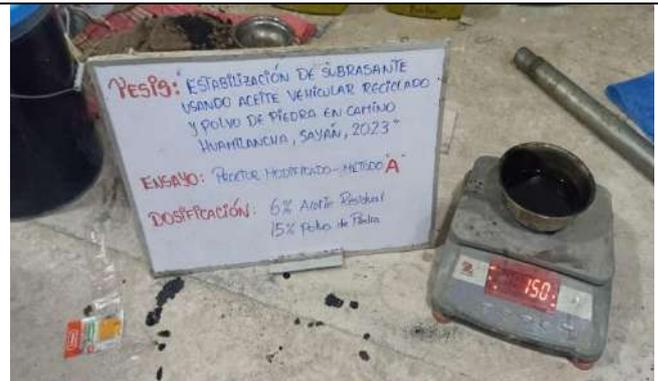


Figura 90. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, pesaje de aceite vehicular reciclado necesario para obtener la muestra M-03



Figura 91. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, pesaje de polvo de piedra necesario para obtener la muestra M-03



Figura 92. Ensayo de Proctor modificado de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, compactación de la muestra M-03 mediante pisón



Figura 93. Ensayo de CBR de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, mezclado de suelo con los agentes estabilizadores para obtener la muestra M-05



Figura 94. Ensayo de CBR de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, compactación de muestra M-05 dentro del molde de ensayo CBR mediante apisonamiento



Figura 95. Ensayo de CBR de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, molde con la muestra M-05 preparado para ingresar a la máquina para ensayos de CBR



Figura 96. Ensayo de CBR de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, máquina manual para ensayos de CBR con la muestra M-05 en su interior

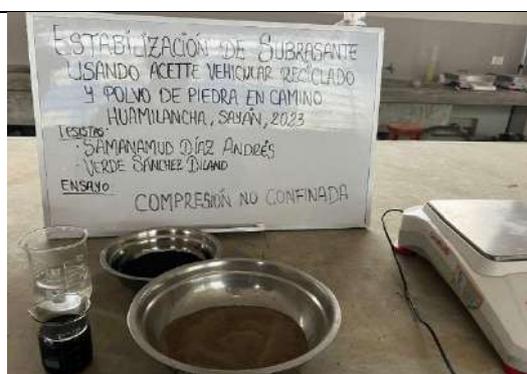


Figura 97. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, componentes de acuerdo a la dosificación establecida previo a su mezclado



Figura 98. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, mezclado del suelo con el polvo de piedra



Figura 99. Ensayo de c RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, vertido de aceite vehicular reciclado a la mezcla de suelo-polvo de piedra



Figura 100. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, pesaje de espécimen compactado M-02 (con adición de 6% AVR + 10% PP)



Figura 101. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, medición de altura y diámetro de espécimen M-02



Figura 102. Ensayo de RCNC de suelo de subrasante natural adicionando AVR y PP, colocación de espécimen M-02 dentro de la máquina de compresión

ANEXO 06: FICHAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Tel: (01) 480-8019
 Cel: 980703014 / 933846839
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
 Email: informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-L3R-MS-001
		Revisión	4
		Aprobado	CD-JUG
		Fecha	2011/2023

PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECIKLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMLANCHA, SAYAN 2023		
SOLICITANTE	SÁNCHEZ ORLANDO, SAMANAMUD DÍAS ANDRÉS		
UBICACIÓN	SAYAN		
Calicata	C-1		
Muestra	Arena		Fecha de ensayo: 11/10/2023
Profundidad	1.50 m		

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) : 5.9 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Limite Líquido (LL) : N.P. Limite Plástico (LP) : N.P. Índice Plástico (IP) : N.P. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422) Grava (%) : 0.8 Arena (%) : 87.4 Finos (%) : 31.8 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) : SM Clasificación AASHTO (ASTM D3282) : A-2.4 (6) Nombre del Grupo : Arena limosa
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.050	100.00		
1/2"	12.700	100.00		
3/8"	9.530	100.00		
Nº 4	4.750	99.21		
Nº 10	2.000	95.16		
Nº 20	0.850	84.76		
Nº 40	0.430	69.73		
Nº 60	0.250	55.08		
Nº 100	0.150	41.97		
Nº 200	0.075	31.78		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: SM Arena limosa
 ASTM 2488

- INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:
- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
 - El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue lavado al horno a 110 ± 5 °C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
 - El método de ensayo empleado para el Limite Líquido es el Unipoint. El método de preparación es el llamado, mientras que el método de secado es a horno a 110 ± 5 °C.



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
	Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

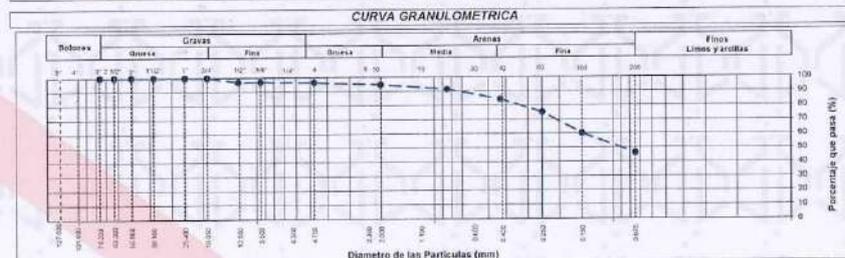
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	4
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	20/1/2023

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMLANCHA, SAYAN 2023
SOLICITANTE : SÁNCHEZ OLANO, SAMANAMU DÍAS ANDRÉS
UBICACIÓN : SAYAN
Calicata : C-2
Muestra : Arena
Profundidad : 1.50 m **Fecha de ensayo:** 11/10/2023

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 9.1 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 15 Límite Plástico (LP) 13 Índice Plástico (IP) 2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422) Grava (%) 3.4 Arena (%) 50.2 Finos (%) 46.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SM Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-4 (0) Nombre del Grupo Arena limosa
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.050	100.00		
1/2"	12.700	97.03		
3/8"	9.530	97.03		
Nº 4	4.750	96.63		
Nº 10	2.000	94.90		
Nº 20	0.850	91.48		
Nº 40	0.430	84.52		
Nº 60	0.250	75.15		
Nº 100	0.150	60.21		
Nº 200	0.075	46.41		

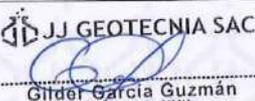
DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: SM Arena limosa
ASTM 2488

- INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**
- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
 - El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Bsecada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo inorgánico.
 - El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 110 ± 5°C.



OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 VºBº JEFE DE LABORATORIO	 Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD JJ GEOTECNIA
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

TESTES : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN 2023

SOLICITANTES : SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES

UBICACIÓN : SAYAN

Calicata : C-3 Muestreado por: WILL

Muestra : - Ensayado por: CRT

Profundidad : 0.10-1.50 m Fecha de ensayo: 11/10/2023

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	/
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.050	100.00		
1/2"	12.700	100.00		
3/8"	9.530	100.00		
N° 4	4.750	97.35		
N° 10	2.000	96.80		
N° 20	0.850	93.71		
N° 40	0.430	82.75		
N° 60	0.250	70.57		
N° 100	0.150	60.68		
N° 200	0.075	53.26		

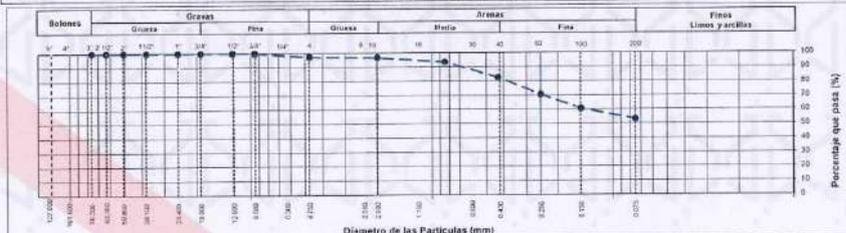
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)		
Contenido Humedad (%)	7.7	
LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)		
Límite Líquido (LL)	39	
Límite Plástico (LP)	23	
Índice Plástico (IP)	16	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)		
Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
2.6	44.1	53.3
CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Clasificación SUCS (ASTM D2487)	CL	
Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (6)	
Nombre del Grupo		
Arcilla arenosa de baja plasticidad		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: CL Arcilla arenosa de baja plasticidad
ASTM 2488

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

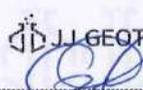
- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5 °C.
- El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 110 ± 5°C.

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

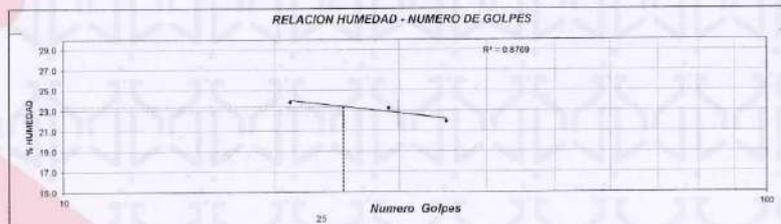
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 J. B. B. JEFE DE LABORATORIO	 GILDER GARCIA GUZMÁN INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	4
		Aprobado	CC
		Fecha	2/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			
REFERENCIA : Resultados de Laboratorio			
SOLICITANTE : SANCHEZ DILAND, SAMANAMUO DIAS ANDRES			
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO			
UBICACIÓN : HUAMILANCHA, SAYÁN 2023.			
UBICACIÓN : SAYAN			

IDENTIFICACION: 6% Aceite Vehicular - 10% Polvo de piedra

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		C	III	A	1	2	
Nro. de Recipiente							
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	g	32.10	32.80	32.50	11.90	11.90	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g	30.00	30.50	30.70	11.30	11.20	
Peso de Recipiente (C)	g	21.20	22.20	22.50	8.60	8.00	
Peso del Agua (A-B)	g	2.10	2.00	1.80	0.60	0.70	
Peso del Suelo Seco (B-C)	g	8.80	8.60	8.20	4.70	5.20	
Contenido Humedad [W=(A-B)/(B-C)*100]	%	23.86	23.26	21.95	12.77	13.46	
N° De Golpes		21	29	35			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	23	13	10



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	4
		Aprobado	CC
		Fecha	2/01/2023

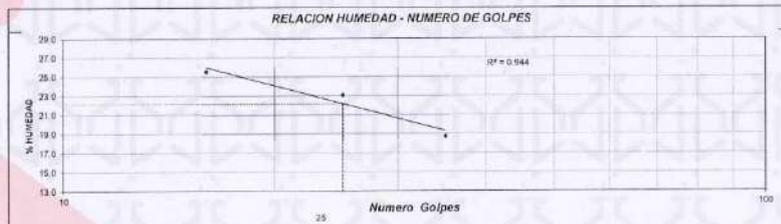
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111

REFERENCIA : Resultados de Laboratorio
SOLICITANTE : SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DIAS ANDRES
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN 2023.
UBICACIÓN : SAYAN

IDENTIFICACION: 8% Aceite Vehicular - 15% Polvo de piedra

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40			LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
		C	III	A	1	2	1	2
Nro. de Recipiente								
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	g	33.60	31.00	31.60			12.70	12.90
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g	31.20	30.10	30.30			12.00	12.00
Peso de Recipiente (C)	g	21.80	22.30	22.30			6.30	6.00
Peso del Agua (A-B)	g	2.40	1.80	1.50			0.70	0.90
Peso del Suelo Seco (B-C)	g	9.40	7.80	8.00			5.70	6.00
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	25.53	23.08	18.75			12.28	15.00
N° De Golpes		10	25	35				

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	22	14	8



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

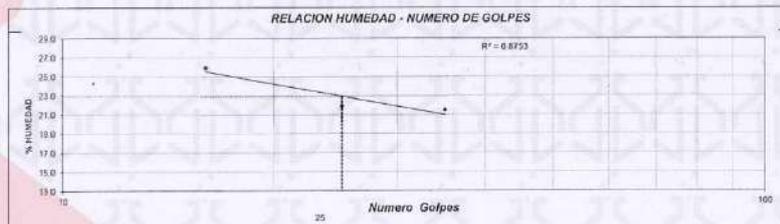
Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	4
		Aprobado	CC
		Fecha	2/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			
REFERENCIA : Resultados de Laboratorio			
SOLICITANTE : SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES			
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO.			
UBICACIÓN : SAYAN			

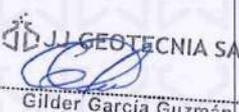
IDENTIFICACION: 8% Aceite Vehicular + 10% Polvo de piedra

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		C	III	A	1	2	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	g	31.70	47.70	31.30	14.00	13.90	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g	20.60	46.10	29.60	13.10	13.30	
Peso de Recipiente (C)	g	21.50	38.80	21.70	5.70	6.00	
Peso del Agua (A-B)	g	2.10	1.60	1.70	0.90	0.60	
Peso del Suelo Seco (B-C)	g	8.10	7.30	7.90	7.40	6.70	
Contenido Humedad [W=(A-B)/(B-C)*100	%	25.93	21.92	21.52	12.16	8.96	
N° De Golpes		10	25	35			

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	23	11	12



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 JJ GEOTECNIA SAC ENsayo DE MATERIALES Vº Bº	 JJ GEOTECNIA SAC Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 483744	 JJ GEOTECNIA S.A.C CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	4
		Aprobado	CC
		Fecha	2/01/2023

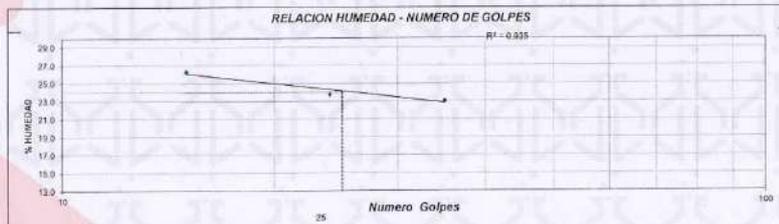
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111

REFERENCIA : Resultados de Laboratorio
 SOLICITANTE : SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN 2023.
 UBICACIÓN : SAYAN

IDENTIFICACION: 8% Aceite Vehicular - 15% Polvo de piedra

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40			LÍMITE PLÁSTICO	
		LÍMITE LÍQUIDO			1	2
		C	III	A		
Nro. de Recipiente						
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	g	31.10	33.00	30.50	13.70	13.50
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g	29.00	31.10	28.70	12.70	12.80
Peso de Recipiente (C)	g	21.00	23.10	20.90	6.80	6.70
Peso del Agua (A-B)	g	2.10	1.90	1.80	1.00	0.70
Peso del Suelo Seco (B-C)	g	8.00	8.00	7.80	5.90	6.10
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	26.25	23.75	23.08	16.95	11.48
N° De Golpes		15	24	35		

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
	24	14	10



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

	UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS	
	PROYECTO: Estabilización de subrasante usando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en camino Huamilancha, Sayán, 2023 SOLICITANTE: Verde Sánchez Diland, Samanamud Díaz Andres UBICACIÓN: Camino Huamilancha, Sayán, Huaura, Lima	

INFORME DE ENSAYO
ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2")
MTC E 207 - NTP 400.019

MÉTODO DEL TAMIZ (ABERTURA CUADRADA)		MASA DE TAMAÑO INDICADO (g)	CONSIDERACIONES	
QUE PASA	RETENIDO SOBRE	A	GRADACIÓN	A
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1255.00	ESFERAS	12
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1250.90		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250.70	TMN	1 1/2"
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1251.00		
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	--		
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	--	FUENTE: Cantera ubicada en el C.P. Parihuanca, Carhuaz, Áncash	
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	--		
TOTAL		5007.60		

LUEGO DEL ENSAYO DE ABRASIÓN (500 REVOLUCIONES)	
PESO SECO INICIAL (g)	5007.60
PESO SECO RETENIDO EN TAMIZ N°12 (g)	2771.71
PÉRDIDA (g)	2235.89
DESGASTE (%)	44.65%

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA LUEGO DE LA ABRASIÓN			
QUE PASA	RETENIDO SOBRE	MASA (g)	%
2"	1 1/2"	0.00	0.00%
1 1/2"	1"	77.92	1.56%
1"	3/4"	101.02	2.02%
3/4"	1/2"	306.9	6.14%
1/2"	3/8"	282.76	5.66%
3/8"	N° 4	920.85	18.42%
N° 4	N° 8	890.75	17.82%
N° 8	N° 10	159.58	3.19%
N° 10	N° 16	513.99	10.28%
N° 16	N° 30	574.25	11.49%
N° 30	N° 40	236.86	4.74%
N° 40	N° 50	186.89	3.74%
N° 50	N° 100	306.79	6.14%
N° 100	N° 200	256.75	5.14%
N° 200	FONDO	183.34	3.67%

OBSERVACIONES
 Un valor de pérdida de peso inferior al 50% se considera eficiente y sugiere que los agregados son poco abrasivos y de alta calidad. Estos agregados son adecuados para aplicaciones donde se requiere durabilidad y resistencia a la abrasión.



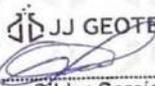
 JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS,
 GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN, 2023
TESISTA: VERDE SÁNCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAZ ANDRÉS

ENSAYO	UNIDADES	RESULTADO
VISCOSIDAD ROTACIONAL BROOKFIELD (Splind N°21, 25°C, 20 rpm)	cP	180.0

OBSERVACIONES:

- Los resultados corresponden a la muestra analizada.
- Producto presenta baja viscosidad a temperatura ambiente.



JJ GEOTECNIA SAC

Gilder Garcia Guzman
INGENIERO CIVIL
CIP N° 299741



INFORME DE ENSAYO N° 1424 – 23 – LABICER

- 1. DATOS DEL CLIENTE**
 - 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : DILAND SEBASTIAN VERDE SANCHEZ
ANDRÉS ALEJANDRO SAMANAMUD DÍAZ
 - 1.2. D.N.I / R.U.C. : 72813259 / 76344271
 - 1.3. DIRECCIÓN : -
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 15 / 11 / 2023
 - 2.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 17 / 11 / 2023
 - 2.3. FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 23 / 11 / 2023
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
- 4. DATOS DE LA MUESTRA**
 - 4.1. TIPO DE MUESTRA : MUESTRA SÓLIDA
 - 4.2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE POLVO DE PIEDRA
TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN, 2023".
 - 4.3. OBSERVACIONES (SI APLICA) : ENVASE PLÁSTICO
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.3°C; Humedad relativa: 61%
- 7. RESULTADOS**
 - 7.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
Hierro, Fe	33.988	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (2)
Silicio, Si	28.253	%	
Aluminio, Al	17.588	%	
Bario, Ba	5.461	%	
Azufre, S	4.410	%	
Manganeso, Mn	3.653	%	
Calcio, Ca	2.903	%	
Potasio, K	1.923	%	
Titanio, Ti	0.834	%	
Fósforo, P	0.507	%	
Estroncio, Sr	0.275	%	
Cobre, Cu	0.104	%	
Zirconio, Zr	0.102	%	

(1) Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.

(2) Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo. Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS.



7.2. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN ÓXIDOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA ⁽¹⁾
Óxido de silicio, SiO ₂	37.173	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva ^(2,3)
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	23.787	%	
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	21.807	%	
Óxido de azufre, SO ₃	6.347	%	
Óxido de bario, BaO	3.309	%	
Óxido de manganeso, MnO	2.355	%	
Óxido de calcio, CaO	2.237	%	
Óxido de potasio, K ₂ O	1.296	%	
Óxido de titanio, TiO ₂	0.755	%	
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	0.673	%	
Óxido de estroncio, SrO	0.143	%	
Óxido de zirconio, ZrO ₂	0.060	%	
Óxido de cobre, CuO	0.057	%	

⁽¹⁾ Método de ensayo o de referencia o técnica aceptada por el cliente.

⁽²⁾ Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS

⁽³⁾ Resultados expresados en óxidos según pedido del cliente.

8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.


Bach. David Rojas M.
Analista
LABICER – UNI




M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

- LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
- LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.2 del presente documento.
- Los resultados de los ensayos obtenidos 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.
- Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

ANEXO

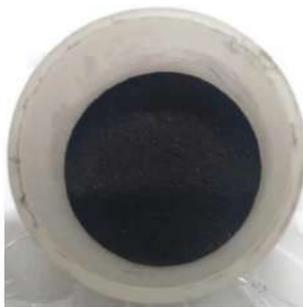


FIGURA N°1. Muestra de Polvo de Piedra.



FIGURA N°2. Espectrómetro de fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva (SHIMADZU, EDX-800HS).



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	20/1/2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: SANCHEZ DILAND, SAMANAMU DÍAS ANDRES		
TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANIE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN 2023.		
UBICACIÓN	: SAYAN		
CANTERA	: --		Fecha de ensayo: 31/1/2023
MUESTRA	: --		
CALIGATA	: C-3		
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m		

Volumen Molde	945	cm ³	METODO: "A"	
Peso Molde	4335	gr.		

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	6,095	6,345	6,395	6,250	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,760	2,010	2,080	1,915	
Peso Volumétrico Humedo	gr/cc	1,862	2,127	2,180	2,026	
Recipiente Número		A	B	B	C	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	453.2	436.2	445.9	329.4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	430.0	405.0	407.1	293.9	
Peso de la Tara	gr.	54.2	54.4	72.3	45.0	
Peso del agua	gr.	23.2	31.2	38.8	35.5	
Peso del suelo seco	gr.	376	351	335	249	
Contenido de agua	%	6.2	8.9	11.6	14.3	
Densidad Seca	gr/cc	1.754	1.953	1.954	1.774	

Densidad Máxima Seca:	1.977	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	10.3	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	------	---



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Gilder Garcia Guzman INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 JJ GEOTECNIA S.A.C CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	2/01/2023

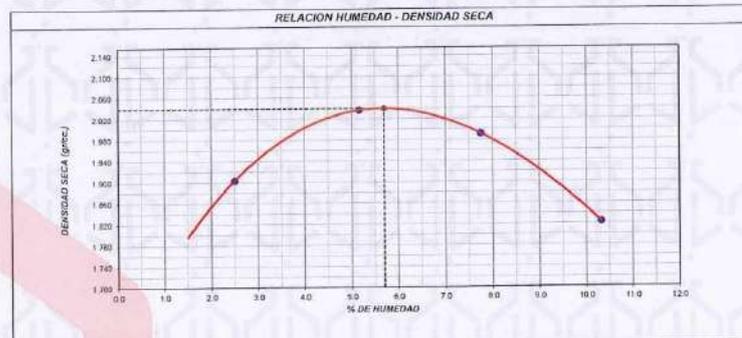
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1557 / MTC E - 113

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: SANCHEZ DILANO, SAMANAMUD DÍAS ANDRÉS		
TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN 2023.		
UBICACIÓN	: SAYÁN		
CANTERA	: --		Fecha de ensayo: 06/11/2023
MUESTRA	: 6% Aceite Vehicular - 10% Polvo de piedra		
CALICATA	: C-3		
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m		

Volumen Molde	941	cm ³
Peso Molde	3729	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5.585	5.744	5.748	5.822	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1.836	2.015	2.019	1.893	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cc	1.951	2.141	2.146	2.012	
Recipiente Número		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	335.0	340.6	343.7	390.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	328.9	325.9	322.3	357.6	
Peso de la Tara	gr.	44.9	41.4	46.1	41.7	
Peso del agua	gr.	7.1	14.7	21.4	32.6	
Peso del suelo seco	gr.	264	285	276	316	
Contenido de agua	%	2.5	5.2	7.7	10.3	
Densidad Seca	gr/cc	1.904	2.038	1.991	1.824	

Densidad Máxima Seca:	2.039	gr/cm ³	Contenido Humedad Óptima:	5.7 %
-----------------------	-------	--------------------	---------------------------	-------



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
JJ GEOTECNIA SAC LABORATORIO DE MATERIALES Jefe de Laboratorio	JJ GEOTECNIA SAC Gider Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	JJ GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	2/01/2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DIAS ANDRES		
TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO		
UBICACIÓN	HUAMILAÑCHA, SAYÁN 2023		
CANTERA	--	Fecha de ensayo: 05/11/2023	
MUESTRA	6% Aceite Vehicular - 15% Polvo de piedra		
CALICATA	C-3		
PROFUNDIDAD	0.10 - 1.50 m		

Volumen Molde	941	cm ³
Peso Molde	3729	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,594	5,734	5,743	5,622	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,855	2,005	2,014	1,893	
Peso Volumétrico Húmedo	gr/cc	1,982	2,131	2,140	2,012	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	341.4	357.2	331.7	358.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	335.2	344.2	314.7	333.5	
Peso de la Tara	gr.	41.5	41.8	46.2	41.7	
Peso del agua	gr.	6.2	13.0	17.0	24.7	
Peso del suelo seco	gr.	294	302	269	292	
Contenido de agua	%	2.1	4.3	6.3	8.5	
Densidad Seca	gr/cc	1,941	2,043	2,013	1,855	

Densidad Máxima Seca:	2.047	gr/cm ³	Contenido Humedad Óptima:	4.9 %
------------------------------	-------	--------------------	----------------------------------	-------



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 293741	 CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	20/1/2023

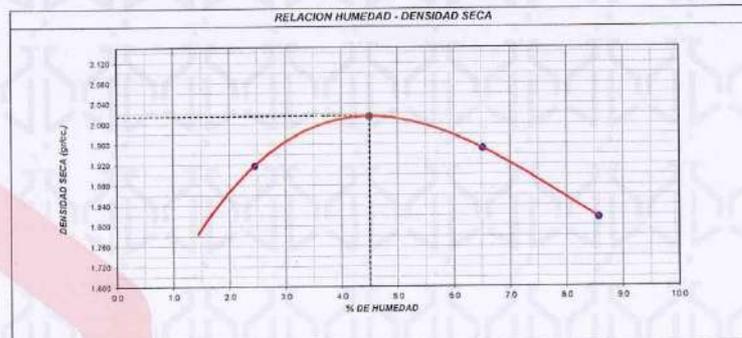
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES
TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN 2023.
UBICACIÓN	: SAYAN
CANTERA	: --
MUESTRA	: 8% Aceite Vehicular - 10% Polvo de piedra
CALICATA	: G-3
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m
	Fecha de ensayo: 06/11/2023

Volumen Molde	941	cm ³
Peso Molde	3729	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr	5.578	5.710	5.885	5.584	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr	1.849	1.981	1.956	1.855	
Peso Volumétrico Húmedo	gr/cc	1.965	2.105	2.079	1.971	
Recipiente Número		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr	628.7	405.9	515.1	362.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr	618.9	395.2	492.0	336.9	
Peso de la Tara	gr	219.2	135.2	137.5	41.7	
Peso del agua	gr	9.8	11.7	23.1	25.3	
Peso del suelo seco	gr	400	260	355	295	
Contenido de agua	%	2.5	4.5	6.5	8.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.918	2.015	1.951	1.818	

Densidad Máxima Seca:	2.015	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	4.5 %
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 JJ GEOTECNIA S.A.C. VºBº LABORATORIO DE MATERIALES Jefe de Laboratorio	 JJ GEOTECNIA S.A.C. Gilder Garcia Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	2/01/2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1557 / MTC.E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: SANCHEZ DILANO, SAMANAMUD DIAS ANDRES		
TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN 2023.		
UBICACIÓN	: SAYAN		
CANTERA	: --	Fecha de ensayo: 06/11/2023	
MUESTRA	: 8% Aceite Vehicular - 15% Polvo de piedra		
CALCATA	: C-3		
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m		

		Volumen Molde		cm ³	
		941	3729	gr.	gr.
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr	5.542	5.708	5.675	5.545
Peso Suelo Humedo Compactado	gr	1.813	1.979	1.946	1.819
Peso Volumétrico Humedo	gr/cc	1.927	2.103	2.068	1.939
Recipiente Número		A	B	C	D
Peso Suelo Humedo + Tara	gr	339.1	405.6	478.4	345.3
Peso Suelo Seco + Tara	gr	333.2	392.9	458.8	323.1
Peso de la Tara	gr	46.1	72.2	128.2	41.7
Peso del agua	gr	5.9	12.7	19.6	22.2
Peso del suelo seco	gr	287	321	331	281
Contenido de agua	%	2.1	4.0	5.9	7.9
Densidad Seca	gr/cc	1.888	2.023	1.952	1.789

Densidad Máxima Seca:	2.024	gr/cm ³	Contenido Humedad Óptima:	4.2 %
------------------------------	-------	--------------------	----------------------------------	-------



OBSERVACIONES:
 • Muestra provista e identificada por el solicitante.
 • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Gilder Garcia Guzman INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: SANCHEZ DILAND, SAMANIAMUD DÍAS ANDRES		
PROYECTO	: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN 2023.		
UBICACIÓN	: SAYÁN		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo :	9/11/2023
MUESTRA	: PATRÓN		
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m		

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	B3		B3		B5	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5	5	5	5	5	5
Número de golpes	56	25	25	12	12	12
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr)	11.855	11.620	11.620	11.370	11.370	11.370
Peso molde (gr)	7.228	7.228	7.228	7.255	7.255	7.255
Peso suelo compactado (gr)	4.627	4.392	4.392	4.065	4.065	4.065
Volumen del molde (cm³)	2.122	2.122	2.122	2.104	2.104	2.104
Densidad húmeda (gr/cm³)	2.190	2.070	2.070	1.932	1.932	1.932
Humedad (%)	10.2	11.3	11.3	12.4	12.4	12.4
Densidad Seca (gr/cm³)	1.979	1.860	1.860	1.719	1.719	1.719

CONTENIDO DE HUMEDAD

	B3	B3	B5
Tasa suelo húmedo (gr)	452.2	328.3	452.3
Tasa suelo seco (gr)	410.5	295.0	402.5
Peso de agua (gr)	41.7	33.3	49.8
Peso de tierra (gr)			
Peso de suelo seco (gr)	410.5	295.0	402.5
Humedad (%)	10.2	11.3	12.4

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
5-Nov	17:00:00	0	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9-Nov	17:00:00	96	0.68	0.68	0.58	0.74	0.74	0.63	0.83	0.83	0.71

PENETRACIÓN

Penetración (gr/sg)	Carga Standard (kg/cm²)	B3				B3				B5			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		67	3.4			43	2.2			30	1.5		
0.050		116	5.8			80	4.1			50	2.6		
0.075		193	9.8			108	5.5			67	3.4		
0.100	79.307	315	16.0	13.0	18.5	187	9.5	8.0	11.4	81	4.1	4.0	5.7
0.150		350	17.8			222	11.3			104	5.3		
0.200	106.460	372	18.9	21.5	28.4	258	13.1	13.2	12.5	158	8.0	7.0	6.6
0.300		550	28.5			299	15.2			199	10.1		
0.400		656	33.5			376	19.1			221	11.2		
0.500		752	38.7			456	23.1			238	12.1		

OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

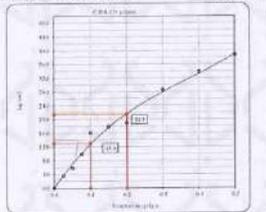
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES		
PROYECTO	: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN 2023		
UBICACIÓN	: SAYAN		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo :	3/11/2023
MUESTRA	: PATRÓN		
PROFUNDIDAD	: 0,10 - 1,50 m		

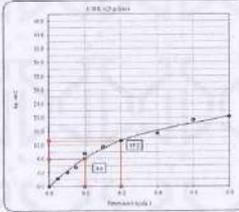
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 1.977 g/cm³
Máxima Densidad Seca a 95% : 1.878 g/cm³

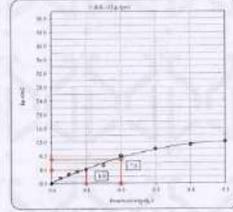
Óptimo Contenido de Humedad : 19.3 %



C.B.R. (0.1') 16 GOLPES : 18.5 %

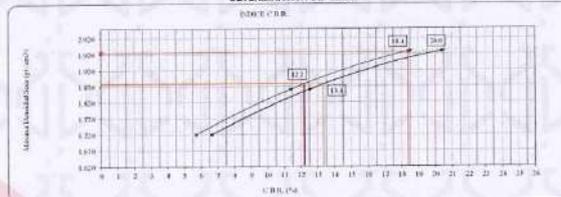


C.B.R. (0.1') 25 GOLPES : 11.4 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES : 5.7 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1' : 18.4 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1' : 12.2 %
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2' : 20.0 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2' : 13.4 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DIAS ANDRES		
PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHIA, SAYAN 2023		
UBICACIÓN	SAYAN		
CALICATA	C-3	Fecha de ensayo : 9/11/2023	
MUESTRA	6% Aceite Vehicular - 10% Polvo de piedra		
PROFUNDIDAD	0.10 - 1.50 m		

Módulo M ¹	B3		B3		B5	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	11.810		11.500		11.202	
Peso molde (gr.)	7.228		7.228		7.255	
Peso suelo compactado (gr.)	4.582		4.272		3.947	
Volumen del molde (cm ³)	2.122		2.122		2.104	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.159		2.013		1.876	
Humedad (%)	6.6		6.9		6.0	
Densidad Seca (gr./cm ³)	2.041		1.883		1.738	

	B3	B3	B5
Tartrato húmedo (gr.)	396.5	358.2	382.2
Tartrato seco (gr.)	374.5	335.0	354.0
Peso de agua (gr.)	21.7	23.2	28.2
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	374.5	335.0	354.0
Humedad (%)	5.8	6.9	8.0

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
5-Nov	17:00:00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9-Nov	17:00:00	96	0.66	0.66	0.58	0.74	0.74	0.63	0.83	0.83	0.71

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	B3				B3				B5			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección				
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		95	4.8			55	2.8			24	1.2		
0.050		234	11.9			170	8.7			106	5.4		
0.075		311	15.8			201	10.2			142	7.2		
0.100	70.307	455	23.1	22.0	31.3	299	15.2	14.0	19.9	161	8.2	7.5	10.7
0.150		514	26.1			362	18.4			183	9.3		
0.200	105.460	746	37.9	34.4	32.6	463	23.5	22.5	21.3	226	11.5	12.5	11.9
0.300		774	39.3			498	25.3			301	15.3		
0.400		805	40.9			547	27.8			326	16.6		
0.500		847	43.0			575	29.2			339	17.2		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	--

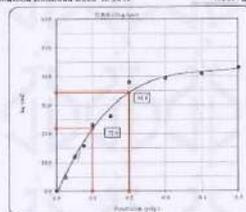
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio			
SOLICITANTE : SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES			
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN 2023.			
UBICACIÓN : SAYAN			
CALICATA : C-3		Fecha de ensayo : 9/11/2023	
MUESTRA : 6% Aceite Vehicular - 10% Polvo de piedra			
PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m			

Datos de muestra

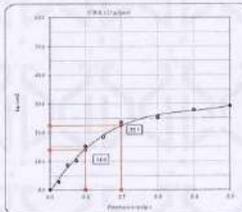
Maxima Densidad Seca 2.039 g/cm^3
Maxima Densidad Seca al 95% 1.937 g/cm^3

Optimo Contenido de Humedad

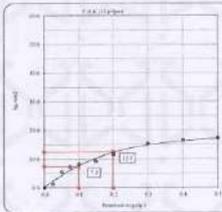
5.7 %



C.B.R. (0.1) 19 GOLPES : 31.3 %



C.B.R. (0.1) 25 GOLPES : 19.9 %



C.B.R. (0.1) 12 GOLPES : 10.7 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.O.S.) 0.1': 31.0 %
C.B.R. (95% M.O.S.) 0.1': 23.5 %
C.B.R. (100% M.O.S.) 0.2': 32.3 %
C.B.R. (95% M.O.S.) 0.2': 25.0 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 J. B. B. JEFE DE LABORATORIO	 G. García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio			
SOLICITANTE : SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DIAS ANDRES			
PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN 2023.			
UBICACION : SAYAN			
CALCATA	C-3	Fecha de ensayo : 9/11/2023	
MUESTRA	: 6% Aceite Vehicular - 15% Polvo de piedra		
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m		

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

	B3		B1		B5	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	56		25		12	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condiciones de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	11,799	11,495	11,495	11,250	11,250	11,250
Peso molde (gr.)	7,228	7,228	7,228	7,228	7,228	7,228
Peso suelo compactado (gr.)	4,571	4,267	4,267	3,995	3,995	3,995
Volumen del molde (cm³)	2,122	2,122	2,122	2,104	2,104	2,104
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,154	2,011	2,011	1,899	1,899	1,899
Humedad (%)	4.8	5.9	5.9	7.1	7.1	7.1
Densidad Seca (gr./cm³)	2,055	1,898	1,898	1,773	1,773	1,773

CONTENIDO DE HUMEDAD

	B3	B1	B5
Tasa suelo húmedo (gr.)	462.5	362.4	347.5
Tasa suelo seco (gr.)	441.2	342.1	324.5
Peso de agua (gr.)	21.3	20.3	23.0
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	441.2	342.1	324.5
Humedad (%)	4.8	5.9	7.1

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
5 Nov	17:00:00	0	6.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00
9 Nov	17:00:00	96	6.72	0.72	0.62	6.80	0.80	0.69	6.92	0.92	0.79

PENETRACION

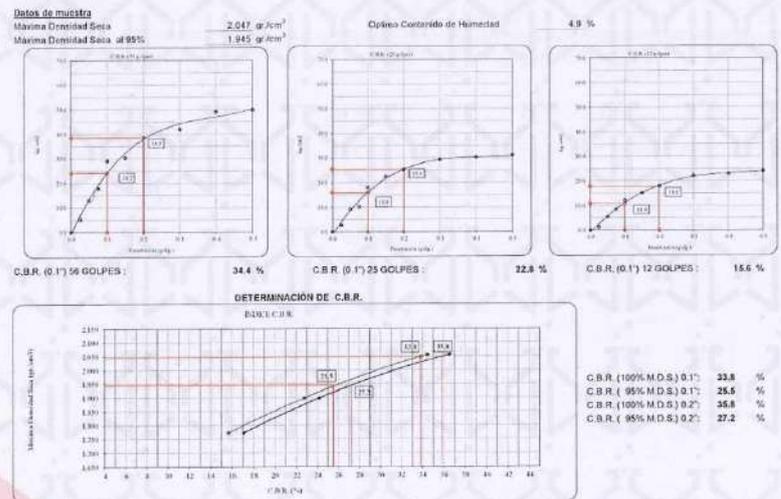
Penetración (g/g)	Carga Standard (kg./cm²)	B3				B1				B5			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		102	5.2			55	2.8			24	1.2		
0.050		254	12.9			180	9.2			106	5.4		
0.075		350	17.8			201	10.2			167	8.5		
0.100	70.307	571	29.0	24.2	34.4	354	18.0	16.0	22.8	238	12.1	11.0	15.6
0.150		955	39.2			439	22.3			297	15.1		
0.200	106.460	758	38.5	38.5	36.5	496	25.2	25.5	24.2	352	17.9	18.0	17.1
0.300		827	42.0			575	28.2			435	22.1		
0.400		985	49.0			595	30.2			451	22.9		
0.500		991	49.8			612	31.1			475	24.1		

OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  ilder García Guzmán INGENIERO CIVIL C.I.F. N° 2593741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES		
PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYAN 2023.		
UBICACIÓN	SAYAN		
CALICATA	C-3	Fecha de ensayo :	9/11/2023
MUESTRA	6% Aceite Vehicular - 15% Polvo de piedra		
PROFUNDIDAD	0.10 - 1.50 m		



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	GC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio			
SOLICITANTE : SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DIAS ANDRES			
PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMLANCHA, SAYAN 2023			
UBICACION : SAYAN			
CALICATA : C-3		Fecha de ensayo : 9/11/2023	
MUESTRA : 8% Aceite Vehicular - 10% Polvo de piedra			
PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m			

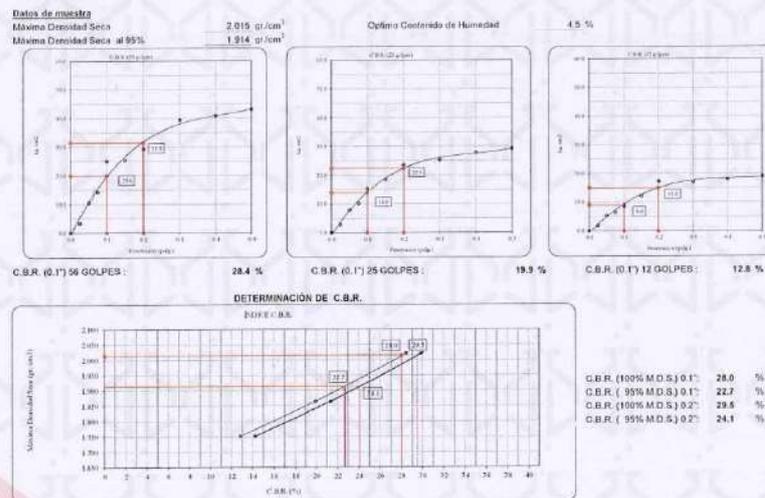
CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)														
Molde N°	B3				B5				B5					
Número de capas	5				5				5					
Número de golpes	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso suelo + molde (gr.)	11.708				11.412				11.190					
Peso molde (gr.)	7.228				7.228				7.255					
Peso suelo compactado (gr.)	4.480				4.184				3.935					
Volumen del molde (cm³)	2.122				2.122				2.104					
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.111				1.972				1.870					
Humedad (%)	4.5				5.7				6.8					
Densidad Seca (gr./cm³)	2.029				1.855				1.752					
CONTENIDO DE HUMEDAD														
Tara+suelo húmedo (gr.)	420.2				482.2				395.2					
Tara+suelo seco (gr.)	402.1				456.1				370.2					
Peso de agua (gr.)	18.1				26.1				25.0					
Peso de tara (gr.)	402.1				456.1				370.2					
Humedad (%)	4.5				5.7				6.8					
EXPANSIÓN														
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión			Dial	Expansión			Dial	Expansión		
				mm	%			mm	%			mm	%	
5-Nov	17:00:00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9-Nov	17:00:00	96	0.62	0.62	0.53	0.69	0.69	0.59	0.79	0.79	0.68	0.68	0.68	0.68
PENETRACIÓN														
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	B3				B5				B5				
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección			
0.025	63	3.2		55	2.8	35	1.8							
0.050	207	10.5		155	7.9	102	5.2							
0.075	280	14.2		201	10.2	129	6.5							
0.100	70.307	490	24.9	20.0	28.4	299	15.2	14.0	19.9	169	8.8	9.0	12.8	
0.150		498	25.3			262	18.4			240	12.2			
0.200	108.460	575	29.2	31.5	29.9	463	23.5	22.5	21.3	329	17.2	15.0	14.2	
0.300		774	39.3			498	25.3			335	17.0			
0.400		805	40.9			547	27.9			354	18.0			
0.500		847	43.0			575	29.2			374	19.0			

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DIAS ANDRES		
PROYECTO	: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN 2023.		
UBICACIÓN	: SAYÁN		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo :	9/11/2023
MUESTRA	: 8% Aceite Vehicular - 10% Polvo de piedra		
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m		



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES		
PROYECTO	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN 2023.		
UBICACIÓN	SAYÁN		
CALICATA	C-3	Fecha de ensayo: 9/11/2023	
MUESTRA	8% Aceite Vehicular - 15% Polvo de piedra		
PROFUNDIDAD	0.10 - 1.50 m		

Módulo H*	B3		B3		B5	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	11.710		11.402		11.080	
Peso molde (gr.)	7.228		7.228		7.255	
Peso suelo compactado (gr.)	4.482		4.174		3.825	
Volumen del molde (cm ³)	2.122		2.122		2.104	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.112		1.997		1.810	
Humedad (%)	4.1		5.1		6.2	
Densidad Seca (gr./cm ³)	2.029		1.872		1.711	

Tara+suelo húmedo (gr.)	392.5	422.5	350.6
Tara+suelo seco (gr.)	377.0	402.1	330.0
Peso de agua (gr.)	15.5	20.4	20.6
Peso de tara (gr.)	377.0	402.1	330.0
Humedad (%)	4.1	5.1	6.2

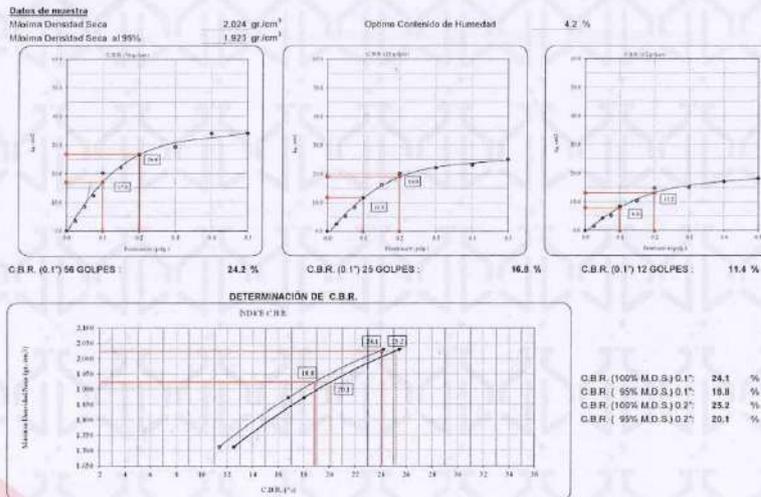
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión			Expansión			Expansión		
			Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%
9-Nov	17:00:00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9-Nov	17:00:00	96	0.52	0.52	0.45	0.64	0.64	0.55	0.76	0.78	0.67

Penetración (mm)	Carga Standard (kg/cm ²)	B3				B3				B5			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		67	3.4			49	2.5			30	1.5		
0.050		167	8.5			102	5.2			83	4.2		
0.075		240	12.2			161	8.2			100	5.1		
0.100	70.307	398	20.2	17.0	24.2	228	11.6	11.8	16.8	187	9.5	8.0	11.4
0.150		437	22.2			319	16.2			207	10.5		
0.200	105.160	522	26.5	26.8	25.4	398	20.2	19.6	18.0	291	14.8	13.2	12.6
0.300		575	29.2			437	22.2			297	15.1		
0.400		669	34.0			455	23.1			337	17.1		
0.500		669	34.0			492	25.0			358	18.2		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: SANCHEZ DILAND, SAMANAMUD DÍAS ANDRES		
PROYECTO	: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN 2023.		
UBICACIÓN	: SAYAN		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo :	9/11/2023
MUESTRA	: 8% Aceite Vehicular - 15% Polvo de piedra		
PROFUNDIDAD	: 0.10 - 1.50 m		



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 JJ GEOTECNIA S.A.C. Vº 3º LABORATORIO DE MATERIALES	 JJ GEOTECNIA SAC Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 289741	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS



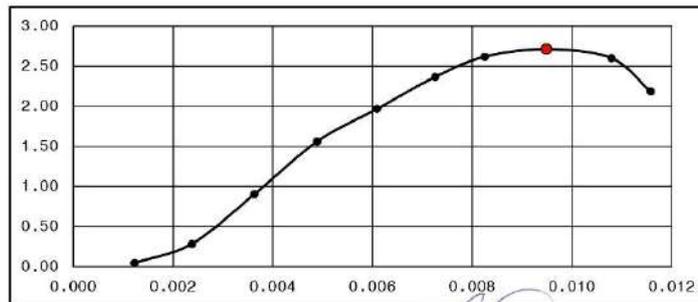
PROYECTO: Estabilización de subrasante usando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en camino Huamilancha, Sayán, 2023	CALIGATA: C-3
SOLICITANTE: Verde Sánchez Diland, Samanamud Diaz Andres	PROFUNDIDAD: 1.50 m
UBICACIÓN: Camino Huamilancha Sayán, Huaura, Lima	COORDENADAS: 260081 8766683
	CÓDIGO: M-1
	IDENTIFICACIÓN: 0%AVR+0%PP
FECHA DE INICIO DE ENSAYO: 07 de noviembre del 2023	
FECHA DE CULMINACIÓN DE ENSAYO: 08 de noviembre del 2023	

INFORME DE ENSAYO
COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS
NTP339.167 - MTC E121

DATOS DEL ESPÉCIMEN		DATOS DE LA MUESTRA DE SUELO	
TIPO DE ESPÉCIMEN	COMPACTADO	GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.757
DIÁMETRO PROMEDIO	7.00 cm	GRADO DE SATURACIÓN	
ALTURA PROMEDIO	13.91 cm	DESCRIPCIÓN VISUAL	
RELACIÓN ALTURA-DIÁMETRO	1.99 cm		
DENSIDAD INICIAL SECA	1.977 gr/cm ³	TIPO DE SUELO	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.30%	CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (6)
MASA DE ESPÉCIMEN	1149.29 gr	CLASIFICACION SUCS	CL

DEFORMACIÓN (cm)	TIEMPO (seg)	CARGA (kg)	DEF. UNITARIA	DEF. PROMEDIO ACUMULADA (%)	AREA (cm ²)	ESFUERZO σ (kg/cm ²)
0.0171	4	1.65	0.001	1.84%	38.532	0.04
0.0331	8	10.90	0.002	3.57%	38.576	0.28
0.0505	12	34.78	0.004	5.44%	38.625	0.90
0.0680	16	60.24	0.005	7.33%	38.674	1.56
0.0848	20	76.20	0.006	9.14%	38.721	1.97
0.1010	24	91.73	0.007	10.89%	38.766	2.37
0.1148	28	101.56	0.008	12.38%	38.805	2.62
0.1321	32	105.33	0.009	14.24%	38.853	2.71
0.1501	36	101.17	0.011	16.18%	38.904	2.60
0.1611	40	85.08	0.012	17.37%	38.935	2.19

TASA DE DEFORMACIÓN PROMEDIO	1.78%	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	2.71 kg/cm ²
DEFORMACIÓN MÁXIMA	14.24%		



[Signature]
JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS,
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

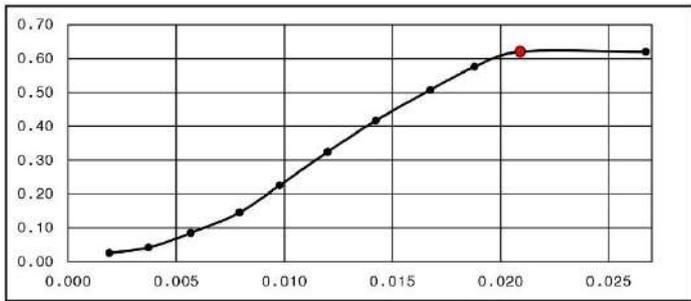
 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRION FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS		
PROYECTO: Estabilización de subrasante usando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en camino Huamilancha, Sayán, 2023 SOLICITANTE: Verde Sánchez Diland, Samanamud Diaz Andres UBICACIÓN: Camino Huamilancha Sayán, Huaura, Lima	CALICATA: C-3 PROFUNDIDAD: 1.50 m COORDENADAS: 260081 8766683 CÓDIGO: M-2 IDENTIFICACIÓN: 6%AVR+10%PP	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO: 07 de noviembre del 2023 FECHA DE CULMINACIÓN DE ENSAYO: 08 de noviembre del 2023		

INFORME DE ENSAYO
COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS
NTP339.167 - MTC E121

DATOS DEL ESPÉCIMEN		DATOS DE LA MUESTRA DE SUELO	
TIPO DE ESPÉCIMEN	COMPACTADO	GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.757
DIÁMETRO PROMEDIO	7.13 cm	GRADO DE SATURACIÓN	
ALTURA PROMEDIO	13.25 cm	DESCRIPCIÓN VISUAL	
RELACIÓN ALTURA-DIÁMETRO	1.86 cm	TIPO DE SUELO	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD
DENSIDAD INICIAL SECA	1.977 gr/cm ³	CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (6)
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.30%	CLASIFICACION SUCS	CL
MASA DE ESPÉCIMEN	1102.67 gr		

DEFORMACIÓN (cm)	TIEMPO (seg)	CARGA (kg)	DEF. UNITARIA	DEF. PROMEDIO ACUMULADA (%)	AREA (cm ²)	ESFUERZO σ (kg/cm ²)
0.0251	6	1.04	0.002	1.89%	39.947	0.03
0.0492	12	1.68	0.004	3.71%	40.020	0.04
0.0751	18	3.41	0.006	5.67%	40.099	0.09
0.1050	24	5.84	0.008	7.92%	40.190	0.15
0.1295	30	9.08	0.010	9.77%	40.265	0.23
0.1591	36	13.10	0.012	12.01%	40.356	0.32
0.1885	42	16.86	0.014	14.23%	40.447	0.42
0.2219	48	20.58	0.017	16.75%	40.550	0.51
0.2491	54	23.39	0.019	18.80%	40.635	0.58
0.2770	60	25.25	0.021	20.91%	40.723	0.62
0.3540	66	25.40	0.027	26.72%	40.966	0.62

TASA DE DEFORMACIÓN PROMEDIO	2.09%	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	NO	0.62 kg/cm ²
DEFORMACIÓN MÁXIMA	20.91%			



[Handwritten Signature]

JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS,
 GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS



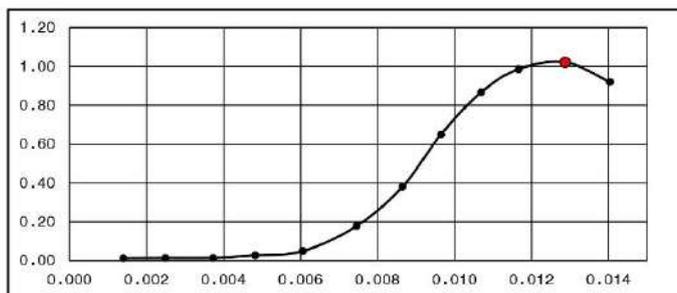
PROYECTO: Estabilización de subrasante usando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en camino Huamilancha, Sayán, 2023	CALICATA: C-3 PROFUNDIDAD: 1.50 m COORDENADAS: 260081 8766683 CÓDIGO: M-3 IDENTIFICACIÓN: 6%AVR+15%PP
SOLICITANTE: Verde Sánchez Diland, Samanamud Díaz Andres UBICACIÓN: Camino Huamilancha Sayán, Huaura, Lima	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO: 07 de noviembre del 2023 FECHA DE CULMINACIÓN DE ENSAYO: 08 de noviembre del 2023	

INFORME DE ENSAYO
COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS
NTP339.167 - MTC E121

DATOS DEL ESPECIMEN		DATOS DE LA MUESTRA DE SUELO	
TIPO DE ESPÉCIMEN	COMPACTADO	GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.757
DIÁMETRO PROMEDIO	7.21 cm	GRADO DE SATURACIÓN	
ALTURA PROMEDIO	13.68 cm	DESCRIPCIÓN VISUAL	
RELACIÓN ALTURA-DIÁMETRO	1.90 cm	TIPO DE SUELO	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD
DENSIDAD INICIAL SECA	1.977 gr/cm ³	CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (6)
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.30%	CLASIFICACIÓN SUCS	CL
MASA DE ESPÉCIMEN	1114.74 gr		

DEFORMACIÓN (cm)	TIEMPO (seg)	CARGA (kg)	DEF. UNITARIA	DEF. PROMEDIO ACUMULADA (%)	AREA (cm ²)	ESFUERZO σ (kg/cm ²)
0.0191	4	0.52	0.001	2.10%	40.914	0.01
0.0341	8	0.59	0.002	3.74%	40.959	0.01
0.0511	12	0.63	0.004	5.61%	41.010	0.02
0.0660	16	1.16	0.005	7.24%	41.055	0.03
0.0829	20	2.06	0.006	9.09%	41.106	0.05
0.1020	24	7.39	0.007	11.19%	41.164	0.18
0.1183	28	15.75	0.009	12.98%	41.213	0.38
0.1320	32	26.89	0.010	14.48%	41.255	0.65
0.1462	36	35.83	0.011	16.04%	41.298	0.87
0.1595	40	40.81	0.012	17.50%	41.339	0.99
0.1761	44	42.31	0.013	19.32%	41.390	1.02
0.1919	48	38.20	0.014	21.05%	41.438	0.92

TASA DE DEFORMACIÓN PROMEDIO	1.76%	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	NO	1.02 kg/cm ²
DEFORMACIÓN MÁXIMA	19.32%			



JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS,
GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRION
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS, GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS



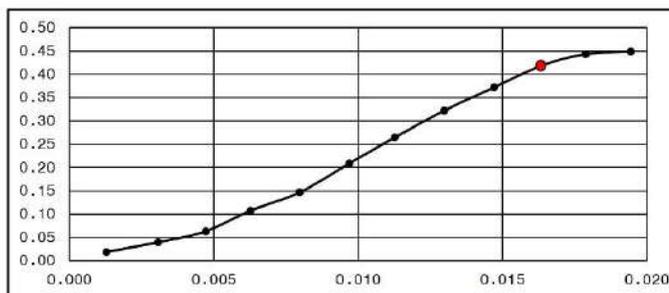
PROYECTO: Estabilización de subrasante usando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en camino Huamilancha, Sayán, 2023	CALICATA: C-3 PROFUNDIDAD: 1.50 m COORDENADAS: 260081 8766683 CÓDIGO: M-4 IDENTIFICACIÓN: 8%AVR+10%PP
SOLICITANTE: Verde Sánchez Diland, Samanamud Díaz Andres UBICACIÓN: Camino Huamilancha Sayán, Huaura, Lima	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO: 08 de noviembre del 2023 FECHA DE CULMINACIÓN DE ENSAYO: 09 de noviembre del 2023	

INFORME DE ENSAYO
COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS
NTP339.167 - MTC E121

DATOS DEL ESPECIMEN		DATOS DE LA MUESTRA DE SUELO	
TIPO DE ESPÉCIMEN	COMPACTADO	GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.757
DIÁMETRO PROMEDIO	7.18 cm	GRADO DE SATURACIÓN	
ALTURA PROMEDIO	13.40 cm	DESCRIPCIÓN VISUAL	
RELACIÓN ALTURA-DIÁMETRO	1.87 cm	TIPO DE SUELO	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD
DENSIDAD INICIAL SECA	1.977 gr/cm ³	CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (6)
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.30%	CLASIFICACIÓN SUCS	CL
MASA DE ESPÉCIMEN	1070.53 gr		

DEFORMACIÓN (cm)	TIEMPO (seg)	CARGA (kg)	DEF. UNITARIA	DEF. PROMEDIO ACUMULADA (%)	AREA (cm ²)	ESFUERZO σ (kg/cm ²)
0.0172	5	0.78	0.001	1.54%	40.485	0.02
0.0411	10	1.61	0.003	3.68%	40.557	0.04
0.0632	15	2.58	0.005	5.66%	40.624	0.06
0.0841	20	4.39	0.006	7.53%	40.688	0.11
0.1069	25	5.99	0.008	9.57%	40.758	0.15
0.1299	30	8.54	0.010	11.63%	40.829	0.21
0.1510	35	10.83	0.011	13.52%	40.894	0.26
0.1739	40	13.20	0.013	15.57%	40.964	0.32
0.1971	45	15.28	0.015	17.65%	41.036	0.37
0.2189	50	17.20	0.016	19.60%	41.104	0.42
0.2396	55	18.26	0.018	21.46%	41.169	0.44
0.2605	60	18.52	0.019	23.33%	41.234	0.45

TASA DE DEFORMACIÓN PROMEDIO	1.96%	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	NO	0.42 kg/cm ²
DEFORMACIÓN MÁXIMA	19.60%			



JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS,
GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS

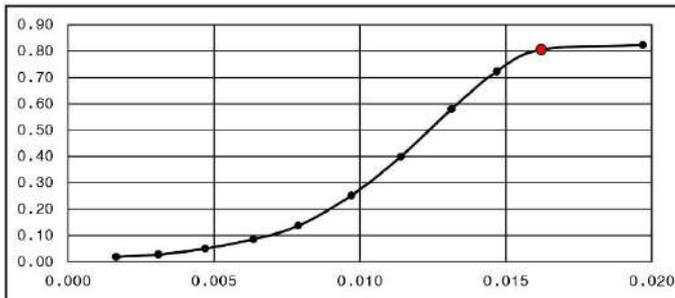
 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS, GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS		
PROYECTO: Estabilización de subrasante usando aceite vehicular reciclado y polvo de piedra en camino Huamilancha, Sayán, 2023 SOLICITANTE: Verde Sánchez Diland, Samanamud Diaz Andres UBICACIÓN: Camino Huamilancha Sayán, Huaura, Lima	CALICATA: C-3 PROFUNDIDAD: 1.50 m COORDENADAS: 260081 8766683 CÓDIGO: M-5 IDENTIFICACIÓN: 8%AVR+15%PP	
FECHA DE INICIO DE ENSAYO: 08 de noviembre del 2023 FECHA DE CULMINACIÓN DE ENSAYO: 09 de noviembre del 2023		

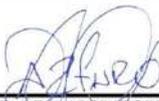
INFORME DE ENSAYO
COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS COHESIVOS
NTP339.167 - MTC E121

DATOS DEL ESPÉCIMEN		DATOS DE LA MUESTRA DE SUELO	
TIPO DE ESPÉCIMEN	COMPACTADO	GRAVEDAD ESPECÍFICA	2.757
DIÁMETRO PROMEDIO	7.17 cm	GRADO DE SATURACIÓN	
ALTURA PROMEDIO	13.46 cm	DESCRIPCIÓN VISUAL	
RELACIÓN ALTURA-DIÁMETRO	1.88 cm	TIPO DE SUELO	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD
DENSIDAD INICIAL SECA	1.977 gr/cm ³	CLASIFICACIÓN AASHTO	A-6 (6)
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.30%	CLASIFICACIÓN SUCS	CL
MASA DE ESPÉCIMEN	1108.71 gr		

DEFORMACIÓN (cm)	TIEMPO (seg)	CARGA (kg)	DEF. UNITARIA	DEF. PROMEDIO ACUMULADA (%)	AREA (cm ²)	ESFUERZO σ (kg/cm ²)
0.0221	5	0.78	0.002	1.97%	40.429	0.02
0.0417	10	1.14	0.003	3.71%	40.488	0.03
0.0631	15	2.02	0.005	5.62%	40.552	0.05
0.0855	20	3.50	0.006	7.62%	40.620	0.09
0.1062	25	5.57	0.008	9.47%	40.683	0.14
0.1306	30	10.25	0.010	11.64%	40.758	0.25
0.1534	35	16.31	0.011	13.67%	40.828	0.40
0.1770	40	23.74	0.013	15.77%	40.900	0.58
0.1977	45	29.61	0.015	17.62%	40.964	0.72
0.2183	50	33.03	0.016	19.45%	41.028	0.81
0.2651	55	33.86	0.020	23.63%	41.173	0.82

TASA DE DEFORMACIÓN PROMEDIO	1.95%	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA	NO	0.81 kg/cm ²
DEFORMACIÓN MÁXIMA	19.45%			





 JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS,
 GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

ANEXO 05: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO-329-2023

Página : 2 de 2

EQUIPO DE ABRASIÓN LOS ANGELES

Dimensiones del Tambor :

DIÁMETRO	ANCHO
710 mm	480 mm

	PESO DE ESFERAS g	DIÁMETRO DE ESFERAS mm
Peso de Esfera 1	396,26 g	45,98 mm
Peso de Esfera 2	396,15 g	45,99 mm
Peso de Esfera 3	396,18 g	46,00 mm
Peso de Esfera 4	439,06 g	47,57 mm
Peso de Esfera 5	439,12 g	47,58 mm
Peso de Esfera 6	396,21 g	46,00 mm
Peso de Esfera 7	439,17 g	47,58 mm
Peso de Esfera 8	396,34 g	46,00 mm
Peso de Esfera 9	439,19 g	47,59 mm
Peso de Esfera 10	396,25 g	45,99 mm
Peso de Esfera 11	439,11 g	47,58 mm
Peso de Esfera 12	396,23 g	46,01 mm
Total	4969,27 g	

NUMERO DE VUELTAS DEL TAMBOR

31 rpm

SEGÚN ESPECIFICACIONES DE LA NORMA DE ENSAYO ASTM C131 y C 535
EL PESO DE LAS ESFERAS DEBEN ESTAR ENTRE 390g a 445g
NUMERO DE VUELTAS ENTRE 30 rpm y 33 rpm
PESO TOTAL DE LAS 12 ESFERAS 5000 g ± 25g
DIÁMETRO DE ESFERAS ENTRE 46,38 mm a 47,63 mm

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO-329-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 379-2023
Fecha de emisión : 2023-11-07

1. Solicitante : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO -
LIMA - LIMA

2. Instrumento de Medición : EQUIPO DE ABRASIÓN LOS ANGELES

Marca : A&A INSTRUMENTS
Modelo : STMH-3
Serie : 141101

Marca de Contómetro : NO INDICA
Modelo de Contómetro : AN-3(DH14J)
Serie de Contómetro : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA
06 - NOVIEMBRE - 2023

4. Método de Calibración

Calibración efectuada según norma ASTM C131 Y C 535

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	MITUTOYO	DM23-C-0239-2023	INACAL - DM
REGLA	MITUTOYO	1AD-1577-2022	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM-002-2023	PUNTO DE PRECISIÓN

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,7	23,7
Humedad %	77	77

7. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-4046-2023

Página : 2 de 2

Resultados

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
pulg	pulg	pulg
0,000	0,000	0,000
0,100	0,101	0,001
0,200	0,201	0,001
0,300	0,303	0,003
0,400	0,402	0,002
0,500	0,502	0,002
0,600	0,603	0,003
0,700	0,702	0,002
0,800	0,802	0,002
0,900	0,903	0,003
1,000	1,003	0,003

Alcance de error de indicación (f_e) : 0,003 pulg
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 0,0005$ pulg

ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

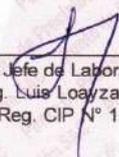
VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
pulg	pulg	pulg
1,000	1,003	0,003
	1,002	0,002
	1,002	0,002
	1,001	0,001
	1,002	0,002

Error de Repetibilidad (f_w) : 0,003 pulg
Incertidumbre de medición : $\pm 0,0005$ pulg

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-4046-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 379-2023
Fecha de emisión : 2023-11-07

1. Solicitante : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTE

Tipo de Indicación : ANALÓGICO

Alcance de Indicación : 0 pulg a 1 pulg

División de Escala : 0,001 pulg

Marca : INSIZE

Modelo : 2307-1

Serie : 9372

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA
06 - NOVIEMBRE -2023

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA-C-012-2023	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23.8	23.8
Humedad %	77	77

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-917-2023

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
5	5,252	5,257	-5,03	-5,13	5,25	-4,84	-0,10
10	10,366	10,381	-3,66	-3,81	10,37	-3,60	-0,15
15	15,548	15,554	-3,66	-3,69	15,55	-3,55	-0,03
20	20,629	20,629	-3,15	-3,15	20,63	-3,05	0,00
25	25,827	25,837	-3,31	-3,35	25,83	-3,22	-0,04
30	30,975	30,980	-3,25	-3,27	30,98	-3,16	-0,02
35	36,252	36,261	-3,58	-3,60	36,26	-3,47	-0,03
40	41,184	41,175	-2,96	-2,94	41,18	-2,86	0,02

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = \frac{(A-B)}{B} \cdot 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente de Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9714x - 0,0904$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1

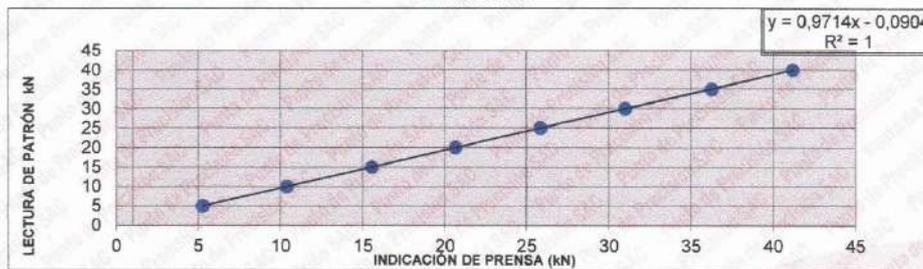
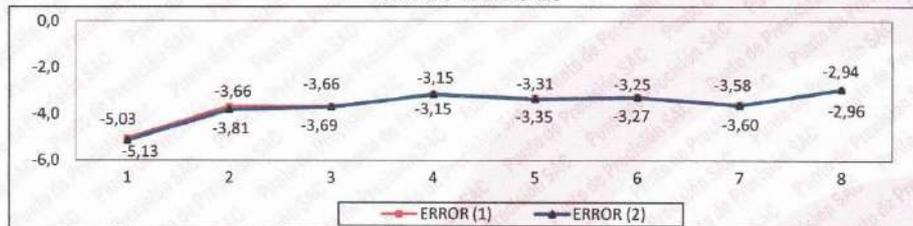
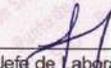


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-917-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 379-2023
Fecha de emisión : 2023-11-07

1. Solicitante : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA

2. Descripción del Equipo : CARGA PUNTUAL

Marca de carga Puntual : NO INDICA
Modelo de carga Puntual : NO INDICA
Serie de carga Puntual : NO INDICA
Capacidad : 10 t

Marca de Celda : NO INDICA
Modelo de Celda : CSF-B
Serie de Celda : 22092927
Capacidad de Celda : 10 t

Marca de indicador : NO INDICA
Modelo de Indicador : NO INDICA
Serie de Indicador : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
CAL 21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA
06 - NOVIEMBRE - 2023

4. Método de Calibración
La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	ZEMIC	MT-8009-2023	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,7	23,7
Humedad %	77	77

7. Resultados de la Medición
Los errores de la carga puntual se encuentran en la pagina siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-916-2023

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	497,55	498,05	0,49	0,39	497,80	0,44	-0,10
1000	997,55	998,05	0,25	0,20	997,80	0,22	-0,05
1500	1499,05	1498,55	0,06	0,10	1498,80	0,08	0,03
2000	1998,50	1999,05	0,08	0,05	1998,78	0,06	-0,03
2500	2499,50	2500,05	0,02	0,00	2499,78	0,01	-0,02
3000	3000,55	3002,05	-0,02	-0,07	3001,30	-0,04	-0,05
3500	3504,05	3504,55	-0,12	-0,13	3504,30	-0,12	-0,01
4000	4006,55	4007,05	-0,16	-0,18	4006,80	-0,17	-0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- 1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- 2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- 3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9975x + 4,8929$

Donde: x : Lectura de la pantalla
 y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

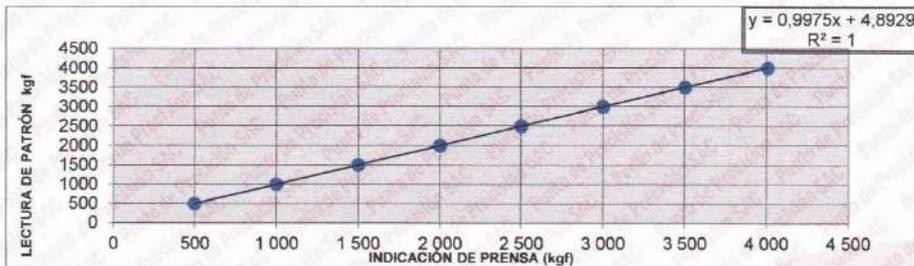
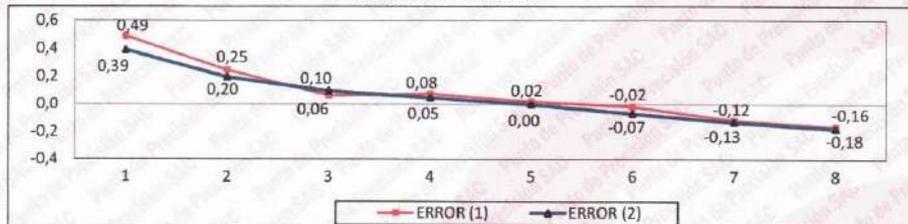


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-916-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 379-2023
Fecha de emisión : 2023-11-07

1. Solicitante : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : FZA
Modelo de Prensa : PCBRFZA-00519
Serie de Prensa : 00320PCBR

Marca de Celda : MAVIN
Modelo de Celda : NS4-5t
Serie de Celda : e8502799
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : PRECISA
Modelo de Indicador : NO INDICA
Serie de Indicador : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA
06 - NOVIEMBRE - 2023

4. Método de Calibración

La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	ZEMIC	MT-8009-2023	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,8	23,7
Humedad %	77	77

7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

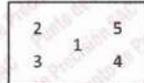
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1189-2023
 Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Temp. (°C)				Determinación del Error corregido				
	Inicial		Final		Carga L. (g)	I (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)
	24,6	24,7	24,6	24,7					
	Determinación de E ₀								
	Carga mínima (g)	I (g)	AL (g)	E ₀ (g)					
1	10,00	10,0	0,07	-0,02	3 000,0	3 000,0	0,08	-0,01	0,01
2		10,0	0,05	0,00		3 000,0	0,09	-0,04	-0,04
3		10,0	0,06	-0,01		3 000,1	0,05	0,10	0,11
4		10,0	0,08	-0,03		3 000,0	0,07	-0,02	0,01
5		10,0	0,06	-0,04		2 999,6	0,05	-0,40	-0,38
					Error máximo permitido : ± 3 g				

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L. (g)	Temp. (°C)				± emp (g)				
	Inicial		Final						
	CRECIENTES				DECRECIENTES				
	I (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,00	10,0	0,05	0,00						
20,00	20,0	0,08	-0,03	-0,03	19,9	0,01	-0,06	-0,06	1
100,00	100,0	0,05	0,00	0,00	99,9	0,04	-0,09	-0,09	1
500,00	500,1	0,09	0,06	0,06	499,9	0,02	-0,07	-0,07	1
700,00	700,0	0,06	-0,01	-0,01	700,0	0,05	0,00	0,00	2
1 000,00	1 000,0	0,07	-0,02	-0,02	1 000,0	0,08	-0,01	-0,01	2
1 500,00	1 500,0	0,05	0,00	0,00	1 499,9	0,03	-0,08	-0,08	2
2 000,00	2 000,1	0,06	0,09	0,09	2 000,0	0,09	-0,04	-0,04	2
5 000,00	5 000,0	0,09	-0,04	-0,04	4 999,8	0,02	-0,17	-0,17	3
7 000,01	7 000,0	0,05	-0,01	-0,01	7 000,0	0,05	-0,01	-0,01	3
10 000,02	10 001,6	0,07	1,56	1,56	10 001,6	0,07	1,56	1,56	3

e m.p. error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 4,74 \times 10^{-9} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{1,28 \times 10^{-2} \text{ g}^2 + 2,02 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza AL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1189-2023

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	24,6	24,7
Humedad Relativa	65,0	66,0

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).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE23-C-0134-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0778-2023
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-257-2023

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 9 990,6 g para una carga de 10 000,0 g
El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 21 °C a 28 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 5 000,00 g		Temp. (°C)		Carga L2= 10 000,02 g		
	I (g)	ΔL (g)	Initial	Final	I (g)	ΔL (g)	
			24,6	24,6			
1	5 000,0	0,06	-0,01		10 002,2	0,05	
2	5 000,0	0,05	0,00		10 002,4	0,07	
3	5 000,0	0,09	-0,04		10 002,4	0,05	
4	5 000,0	0,05	0,00		10 002,4	0,09	
5	5 000,0	0,08	-0,03		10 002,4	0,06	
6	5 000,0	0,07	-0,02		10 002,2	0,08	
7	5 000,0	0,05	0,00		10 002,3	0,09	
8	5 000,0	0,06	-0,01		10 002,4	0,05	
9	5 000,0	0,09	-0,04		10 002,2	0,07	
10	5 000,0	0,07	-0,02		10 002,4	0,06	
Diferencia Máxima			0,04				0,23
Error máximo permitido ±		3 g			±		3 g



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1189-2023

Página: 1 de 3

Expediente : 379-2023
 Fecha de Emisión : 2023-11-08

1. Solicitante : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : NO INDICA
 Modelo : NO INDICA
 Número de Serie : NO INDICA
 Alcance de Indicación : 10 000 g
 División de Escala de Verificación (e) : 1 g
 División de Escala Real (d) : 0,1 g
 Procedencia : NO INDICA
 Identificación : NO INDICA
 Tipo : ELECTRÓNICA
 Ubicación : LABORATORIO
 Fecha de Calibración : 2023-11-06

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método 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 IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de JJ GEOTECNIA S.A.C.
CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

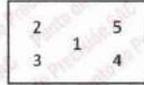
Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro INACAL - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1187-2023

Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Table with columns for Temp. (°C), Posición de la Carga, Determinación de E0, and Determinación del Error corregido. Includes sub-tables for initial and final temperatures.

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Table for weighing test with columns for Carga L (g), Crecientes, and Decrecientes. Includes sub-tables for initial and final temperatures.

e.m.p. error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

R_corregida = R + 8,99x10^-5 x R

Incertidumbre

U_R = 2 * sqrt(3,59x10^-5 g^2 + 1,06x10^-6 x R^2)

R: Lectura de la balanza AL: Carga Incrementada E: Error encontrado E0: Error en cero E: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC-033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1187-2023

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	24,5	24,6
Humedad Relativa	66,0	66,0

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).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE23-C-0134-2023

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 4 002,0 g para una carga de 4 000,0 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 21 °C a 28 °C.
 La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 2 000,00 g			Carga L2= 4 000,01 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,0	0,06	-0,02
2	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,05	-0,01
3	2 000,0	0,08	-0,03	3 999,9	0,02	-0,06
4	2 000,0	0,05	0,00	3 999,9	0,04	-0,10
5	1 999,9	0,02	-0,07	4 000,0	0,07	-0,03
6	2 000,0	0,07	-0,02	4 000,0	0,08	-0,04
7	1 999,9	0,03	-0,08	4 000,0	0,09	-0,05
8	1 999,9	0,04	-0,09	3 999,9	0,02	-0,06
9	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,06	-0,02
10	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,08	-0,04
Diferencia Máxima			0,09	0,09		
Error máximo permitido ±			0,3 g	± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1187-2023

Página: 1 de 3

Expediente : 379-2023
 Fecha de Emisión : 2023-11-08

1. Solicitante : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : TAJ4001

Número de Serie : B222979084

Alcance de Indicación : 4 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : BM-018-13

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2023-11-06

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de JJ GEOTECNIA S.A.C.
CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

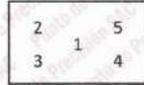
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC
 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
 CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1185-2023
 Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Temp. (°C)				Determinación del Error corregido				
	Inicial		Final		Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
	24,6	24,6	24,6	24,6					
	Determinación de E _a								
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)					
1	10,0	10	0,8	-0,1	10 000,0	10 000	0,7	-0,2	-0,1
2		10	0,5	0,0		10 000	0,8	-0,3	-0,3
3		10	0,7	-0,2		10 000	0,5	0,0	0,2
4		10	0,5	0,0		10 000	0,6	-0,1	-0,1
5		10	0,8	-0,3		10 000	0,5	0,0	0,3
					Error máximo permitido : ± 2 g				

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Temp. (°C)				± emp (g)				
	Inicial		Final						
	CRECIENTES				DECRECIENTES				
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,6	-0,1						
50,0	50	0,8	-0,3	-0,2	50	0,7	-0,2	-0,1	1
500,0	500	0,5	0,0	0,1	500	0,5	0,0	0,1	1
2 000,0	2 000	0,8	-0,3	-0,2	2 000	0,9	-0,4	-0,3	1
5 000,0	5 000	0,7	-0,2	-0,1	5 000	0,7	-0,2	-0,1	1
7 000,0	7 000	0,5	0,0	0,1	7 000	0,5	0,0	0,1	2
10 000,0	10 000	0,6	-0,1	0,0	10 000	0,8	-0,3	-0,2	2
15 000,0	15 000	0,8	-0,3	-0,2	15 000	0,6	-0,1	0,0	2
20 000,0	20 000	0,6	-0,1	0,0	20 000	0,9	-0,4	-0,3	2
25 000,0	25 000	0,9	-0,4	-0,3	25 000	0,7	-0,2	-0,1	3
30 000,0	30 000	0,7	-0,2	-0,1	30 000	0,7	-0,2	-0,1	3

e.m.p. error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 5,61 \times 10^{-6} \times R$$

Incetidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{1,96 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 5,81 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.FD6 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1185-2023

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Minima	Máxima
Temperatura	24,5	24,6
Humedad Relativa	66,0	66,0

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).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE23-C-0134-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0778-2023
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-257-2023
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-254-2023

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 994 g para una carga de 30 000 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 21 °C a 28 °C.
 La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15 000,0 g	Temp. (°C)		Carga L2= 30 000,0 g	I (g)	ΔI (g)	E (g)	
		Inicial	Final					
1	15 000	24,5	24,6	30 000	0,9	-0,4	-0,3	
2	15 000	24,5	24,6	30 000	0,5	0,0	-0,2	
3	15 000	24,5	24,6	30 000	0,8	-0,3	0,0	
4	15 000	24,5	24,6	30 000	0,7	-0,2	-0,1	
5	15 000	24,5	24,6	30 000	0,6	-0,1	-0,3	
6	15 000	24,5	24,6	30 000	0,8	-0,3	0,0	
7	15 000	24,5	24,6	30 000	0,7	-0,2	-0,4	
8	15 000	24,5	24,6	30 000	0,5	0,0	-0,1	
9	15 000	24,5	24,6	30 000	0,9	-0,4	0,0	
10	15 000	24,5	24,6	30 000	0,6	-0,1	-0,4	
Diferencia Máxima							0,4	0,4
Error máximo permitido ±							2 g	± 3 g



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1185-2023

Página: 1 de 3

Expediente : 379-2023
 Fecha de Emisión : 2023-11-08

1. Solicitante : JJ GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS
 Modelo : R21PE30ZH
 Número de Serie : 8342167664
 Alcance de Indicación : 30 000 g
 División de Escala de Verificación (e) : 1 g
 División de Escala Real (d) : 1 g
 Procedencia : CHINA
 Identificación : NO INDICA
 Tipo : ELECTRÓNICA
 Ubicación : LABORATORIO
 Fecha de Calibración : 2023-11-06

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración
 La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración
 LABORATORIO de JJ GEOTECNIA S.A.C.
 CAL.21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO - LIMA - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LF-048-2022

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-11-26
EXPEDIENTE : 182-2022

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

DIRECCIÓN : Av. Mercedes Indacochea N° 609, Huacho - Huaura - LIMA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA INCONFINADA

MARCA : TECNICAS
MODELO : PEI-001
NÚMERO DE SERIE : 1005
ALCANCE DE INDICACIÓN : 500 kgf
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,01 kgf
CLASE DE EXACTITUD : NO INDICA
PROCEDENCIA : CHINA
IDENTIFICACIÓN : NO INDICA
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

FECHA DE CALIBRACION : 2022-11-17

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 MECÁNICA DE SUELOS, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
Av. Mercedes Indacochea N° 609, Huacho - Huaura - LIMA


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

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
meirologia@exactitudperu.com
www.exactitudperu.com



Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LF-048-2022

Página 2 de 2

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	24,2 °C	24,3 °C
Humedad Relativa	68 %HR	68 %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

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".
- El equipo trabaja con un indicador digital; Marca: HIWEIGHT, Modelo: 315-X8 y 19H0301030
- El equipo trabaja con una celda de carga de 500 kgf. Marca: MAVIN, Serie: E1B01161

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				Exactitud	Incertidumbre U (k=2)
%	F _i (kgf)	F ₁ (kgf)	F ₂ (kgf)	F ₃ (kgf)	q (%)	(%)	
10	50,000	50,000	50,050	50,050	-0,07	0,07	
20	100,000	100,000	100,050	100,050	-0,03	0,03	
30	150,000	150,000	150,000	150,050	-0,01	0,02	
40	200,000	200,000	200,000	200,050	-0,01	0,02	
50	250,000	249,950	249,900	249,950	0,03	0,01	
60	300,000	299,950	299,950	300,000	0,01	0,01	
70	350,000	349,950	350,000	350,000	0,00	0,01	
80	400,000	399,950	400,000	400,000	0,00	0,01	
90	450,000	449,900	450,050	450,000	0,00	0,02	
100	500,000	499,850	499,950	500,000	0,01	0,02	
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
meirolgia@exactitudperu.com
www.exactitudperu.com



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LM-104-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-11-26
EXPEDIENTE : 182-2022

1. SOLICITANTE : **UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION**

DIRECCIÓN : Av. Mercedes Indacochea N° 609, Huacho - Huaura - LIMA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **BALANZA**

MARCA : OHAUS
MODELO : AX5202
NÚMERO DE SERIE : B742832733
ALCANCE DE INDICACIÓN : 5 200 g
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,01 g
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0,1 g
CLASE DE EXACTITUD : II
PROCEDENCIA : U.S.A.
IDENTIFICACIÓN : NO INDICA
TIPO : ELECTRÓNICA
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-11-18

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
Av. Mercedes Indacochea N° 609, Huacho - Huaura - LIMA

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.


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-104-2022

Página 2 de 3

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	24,4 °C	24,4 °C
Humedad Relativa	68 %HR	68 %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-1078-003-22
PESAS 1 g a 2 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1711-2022
PESAS 5 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1712-2022
PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M2)	CM-1713-2022

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 = 2 500,02 g			Carga L2 = 4 999,99 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	2 500,00	5	-20	5 000,00	5	10
2	2 500,00	5	-20	5 000,00	5	10
3	2 500,00	6	-21	5 000,00	5	10
4	2 500,00	5	-20	5 000,00	5	10
5	2 500,00	5	-20	5 000,00	5	10
6	2 500,00	5	-20	5 000,00	4	11
7	2 500,00	4	-19	5 000,00	5	10
8	2 500,00	5	-20	5 000,00	5	10
9	2 500,00	5	-20	5 000,00	6	9
10	2 500,00	5	-20	5 000,00	5	10
Diferencia Máxima			2			
Error máximo permitido			± 300,00 mg	± 300,00 mg		

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-104-2022

Página 3 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal		Temp. (°C)							
		Inicial	Final						
		24,4	24,4						
Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima*	I (g)	ΔL (mg)	E ₀ (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	1 500,00	1 500,00	5	-1	-1
2		0,10	5	0		1 500,00	5	-1	-1
3		0,10	5	0		1 500,00	4	0	0
4		0,10	5	0		1 500,00	5	-1	-1
5		0,10	5	0		1 500,00	5	-1	-1
					Error máximo permitido : ± 200,00 mg				

(* valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p (**)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,50	0,50	5	0	0	0,50	5	0	0	100,0
10,00	10,00	5	0	0	10,00	5	0	0	100,0
20,00	20,00	5	0	0	20,00	5	0	0	100,0
50,00	50,00	5	0	0	50,00	5	0	0	100,0
100,00	100,00	5	0	0	100,00	5	0	0	100,0
200,00	200,00	5	0	0	200,00	5	0	0	100,0
500,00	500,00	5	0	0	500,00	5	0	0	200,0
1 000,00	1 000,00	5	0	0	1 000,00	5	0	0	200,0
2 000,00	2 000,00	5	1	1	2 000,00	5	1	1	200,0
3 000,02	3 000,00	5	-21	-21	3 000,01	6	-11	-11	300,0
4 000,02	4 000,01	6	-14	-14	4 000,01	6	-14	-14	300,0
5 199,99	5 200,01	6	19	19	5 200,01	6	19	19	300,0

(**) error máximo permitido

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).
I : Indicación de la balanza.

E : Error del valor de indicación
E₀ : Error en cero.

E_c : Error corregido.
ΔL : Incremento de pesas patrones.

$$\text{Lectura corregida } R_{\text{CORREGIDA}} = R + 5,83 \times 10^{-8} \times R$$

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U = 2 \times \sqrt{3,31 \times 10^{-8} \text{ g}^2 + 2,68 \times 10^{-8} \times R^2}$$

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. | 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
LT-060-2022

Página 1 de 4

FECHA DE EMISIÓN : 2022-11-26
EXPEDIENTE : 182-2022

1. SOLICITANTE UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION

DIRECCIÓN Av. Mercedes Indacochea N° 609, Huacho - Huaura - LIMA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : ESTUFA

MARCA : A&A INSTRUMENTS
MODELO : STHX-3A
NÚMERO DE SERIE : 190513
PROCEDENCIA : CHINA
IDENTIFICACIÓN : NO INDICA
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-11-18

DESCRIPCIÓN	CONTROLADOR / SELECTOR	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
ALCANCE	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
DIV. DE ESCALA / RESOLUCIÓN	0,1 °C	0,1 °C
TIPO	DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

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. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

4. LUGAR DE CALIBRACION

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
Av. Mercedes Indacochea N° 609, Huacho - Huaura - LIMA


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

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
meirologia@exactitudperu.com
www.exactitudperu.com



Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-060-2022

Página 2 de 4

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	24,3 °C	24,3 °C
Humedad Relativa	63 %HR	63 %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
TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	CT-0570-2022

7. OBSERVACIONES

- (*) Código indicado en una etiqueta adherida sobre el equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 minutos.
- El controlador se seteo en 110 ° C

8. RESULTADOS DE MEDICION

PARA LA TEMPERATURA DE 110 ° C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	T _{máx} -T _{mín}
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	106,0	108,6	107,7	106,6	107,8	105,9	112,9	107,7	107,0	109,3	108,0	7,0
02	110,1	106,0	108,6	107,8	106,6	107,9	105,9	113,1	107,7	107,0	109,2	108,0	7,2
04	110,2	106,2	108,8	108,0	106,9	108,1	106,0	113,1	107,8	107,1	109,4	108,1	7,1
06	110,2	106,2	108,9	107,9	106,8	108,1	106,0	113,2	107,9	107,2	109,3	108,2	7,2
08	110,1	106,0	108,6	107,7	106,4	107,9	105,8	112,8	107,7	107,0	109,1	107,9	7,0
10	110,0	106,0	108,7	107,9	106,7	107,8	105,8	113,0	107,6	107,0	109,2	108,0	7,2
12	110,1	106,2	108,8	108,1	106,9	108,1	106,0	113,4	107,9	107,2	109,7	108,2	7,4
14	110,0	106,1	108,7	107,7	106,6	107,9	105,9	113,0	107,8	107,1	109,3	108,0	7,1
16	110,0	106,0	108,6	107,7	106,6	107,8	105,7	112,9	107,6	107,0	109,2	107,9	7,2
18	110,0	106,1	108,9	108,1	106,8	108,0	105,9	113,3	107,8	107,2	109,4	108,2	7,4
20	110,1	106,1	108,6	107,6	106,7	107,8	105,9	113,1	107,7	107,1	109,4	108,0	7,2
22	109,9	105,8	108,3	107,5	106,4	107,6	105,6	112,8	107,5	106,8	109,0	107,7	7,2
24	110,0	106,1	108,8	108,0	106,9	107,9	106,0	113,4	107,8	107,1	109,4	108,1	7,4
26	110,1	106,0	108,6	107,7	106,6	108,0	105,9	113,0	107,8	107,1	109,4	108,0	7,1
28	109,9	105,8	108,5	107,6	106,4	107,7	105,8	113,0	107,6	106,9	109,3	107,9	7,2
30	110,1	106,2	108,9	108,1	106,9	108,0	106,0	113,3	107,9	107,2	109,5	108,2	7,3
32	110,1	106,2	108,8	107,8	106,7	108,1	105,8	112,9	107,8	107,2	109,3	108,1	7,1
34	110,0	105,9	108,5	107,7	106,5	107,8	105,8	113,0	107,6	107,0	109,3	107,9	7,2
36	110,1	106,0	108,8	108,0	106,8	108,0	105,9	113,4	107,9	107,1	109,3	108,1	7,5
38	110,1	106,2	108,8	107,9	106,7	108,0	106,0	113,3	107,9	107,2	109,6	108,2	7,3
40	110,2	106,0	108,5	107,6	106,5	107,7	105,7	113,0	107,6	107,0	109,2	107,9	7,3
42	110,1	106,0	108,7	107,8	106,7	107,8	105,8	113,1	107,8	107,1	109,2	108,0	7,3
44	110,0	106,1	108,7	107,9	106,7	108,0	105,9	113,2	107,8	107,1	109,4	108,1	7,3
46	110,1	106,0	108,5	107,7	106,5	107,8	105,7	113,0	107,6	107,0	109,3	107,9	7,3
48	110,1	106,0	108,6	107,7	106,6	107,8	105,8	113,0	107,6	107,0	109,3	107,9	7,2
50	110,1	106,1	108,7	107,9	106,7	107,8	105,9	113,3	107,8	107,1	109,4	108,1	7,4
52	110,0	106,0	108,5	107,7	106,6	107,8	105,7	113,1	107,7	107,0	109,2	107,9	7,4
54	110,0	106,0	108,6	107,7	106,6	107,8	105,7	112,9	107,7	107,0	109,1	107,9	7,2
56	110,1	106,2	108,8	108,1	106,8	108,0	105,9	113,3	107,9	107,2	109,4	108,2	7,4
58	110,0	106,2	108,7	108,0	106,7	108,1	105,9	113,2	107,8	107,2	109,3	108,1	7,3
60	109,9	105,9	108,5	107,7	106,4	107,7	105,7	112,9	107,7	106,9	109,2	107,9	7,2
T.PROM	110,1	106,1	108,7	107,8	106,6	107,9	105,8	113,1	107,8	107,1	109,4	108,0	
T.MAX	110,2	106,2	108,9	108,1	106,9	108,1	106,0	113,4	107,9	107,2	109,7		
T.MIN	109,9	105,8	108,3	107,5	106,4	107,6	105,6	112,8	107,5	106,8	109,0		
DTT	0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,4	0,7		

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° LT-060-2022

Página 3 de 4

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	113,4	0,3
Mínima Temperatura Medida	105,6	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,7	0,5
Desviación de Temperatura en el Espacio	7,2	0,5
Estabilidad Medida (±)	0,35	0,32
Uniformidad Medida	7,5	0,5

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
- T.MAX : Temperatura máxima.
- T.MIN : Temperatura mínima.
- DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

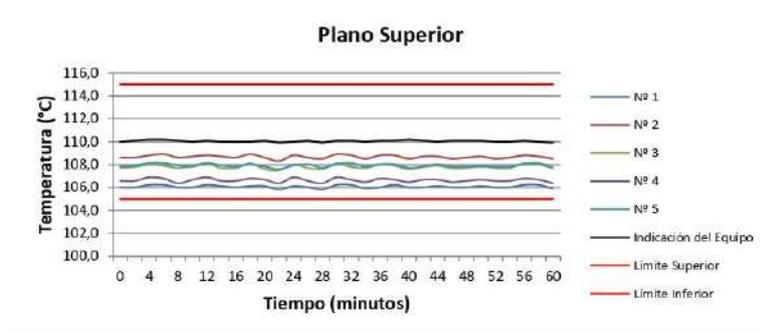
Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isothermo : 0,06 °C

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.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C \pm 5 °C



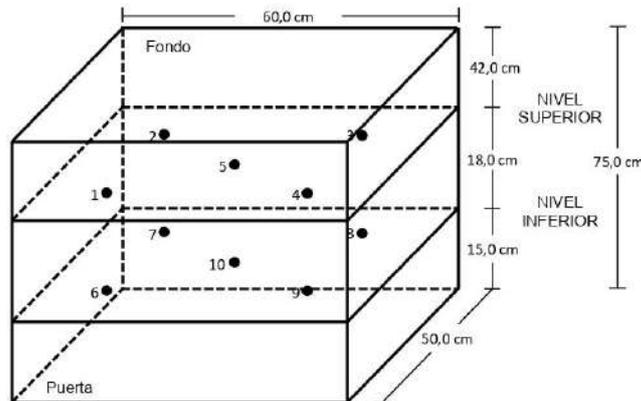
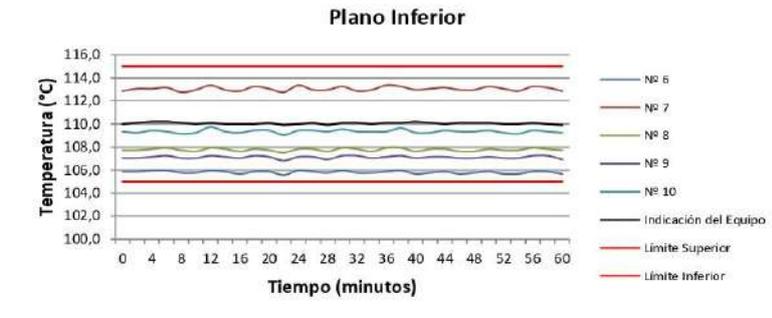


Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-060-2022

Página 4 de 4



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 7 cm de las paredes laterales y a 6 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

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
LTF-001-2023

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2023-02-15
EXPEDIENTE : 011-2023

1. SOLICITANTE : **UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION**

DIRECCIÓN : Av. Mercedes Indacochea N° 609, Huacho - Huaura - LIMA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES**

MARCA : UTEST

MODELO : UTA-0600

NÚMERO DE SERIE : 19/000631

ALCANCE DE INDICACIÓN : 9999 VUELTAS

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 VUELTAS

PROCEDENCIA : TURQUIA

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

TIPO : DIGITAL

UBICACIÓN : LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023-02-08

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al DM INACAL, tomado como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
Av. Mercedes Indacochea N° 609, Huacho - Huaura - LIMA

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.


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



Q&M EXACTITUD PERÚ S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LTF-001-2023

Página 2 de 3

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	27,6 °C	27,6 °C
Humedad Relativa	67 %HR	67 %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
TACÓMETRO DIGITAL	C-IN-0023-21
REGLA METALICA	1AD-1253-2022
BALANZA ELECTRONICA	LM-104-2022
PIE DE REY	L-0072-2022

7. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Tiempo (seg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN			Giro de la Máquina (rpm)
	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	
0	0	0	0	0
60	33	33	33	33
120	65	65	65	32
180	98	98	98	33
240	131	131	131	33
300	164	164	164	33
360	196	196	196	32
420	229	229	229	33
480	262	262	262	33
540	295	295	295	33
600	327	327	327	32
660	360	360	360	33
720	393	393	393	33
780	426	426	426	33
840	458	458	458	32
900	491	491	491	33

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° LTF-001-2023

Página 3 de 3

Características de las esferas		
N°	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro (mm)	Peso (g)
1	47,61	440,6
2	47,61	440,8
3	47,62	440,7
4	46,02	398,0
5	46,01	398,0
6	47,61	440,9
7	46,03	398,1
8	46,02	398,7
9	46,02	398,2
10	47,61	440,6
11	46,02	398,1
12	46,02	398,0

Características del tambor del equipo	
Diámetro Interior	711 mm
Longitud Interior	508 mm

Nota 1.- El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g. el diámetro debe estar entre 46,00 mm y 47,63 mm.

Nota 2.- El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm.

Nota 3.- El rango admisible para el diámetro interior del tambor del equipo es de 711 ± 5 mm.

Nota 4.- El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de 508 ± 5 mm.

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.

ANEXO 06: JUICIO DE EXPERTOS

JUICIO DE EXPERTOS

Yo, JOSE LUIS CAÑARI RAVICHAGUA, ingeniero civil con grado de MAGISTER y con CIP 64405, identificado con DNI 07 671318, confirmo mediante el presente documento la evaluación de la investigación "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN, 2023" realizada por los tesisistas Verde Sánchez Diland Sebastian y Samanamud Díaz Andrés Alejandro.

El análisis realizado se basó en múltiples indicadores de acuerdo a cada uno de los aspectos más importantes durante una investigación para obtener el título de ingeniero civil. Luego de evaluados los indicadores escogidos se pasó a calificar cada uno de estos con notas del 1 al 20, en la que una nota de 1-5, 5-10, 10-15 y 15-20 representan que se obtuvieron resultados malos, regulares, buenos y muy buenos, respectivamente.

Indicador	Criterio	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1-5	5-10	10-15	15-20
Claridad	Está redactado en un lenguaje apropiado y específico.				16
Objetividad	Se refleja a través de comportamientos observables que indican el alcance del proyecto.				18
Estructura	El contenido sigue una organización lógica y un orden coherente.				18
Eficiencia	Incluye los elementos esenciales de cantidad y calidad al recopilar o registrar datos.			15	
Actualidad	En consonancia con los progresos científicos.				16
Consistencia	Fundamentado en aspectos teóricos-científicos, orientado a identificar y determinar lo necesario para la investigación.				17
Coherencia	El instrumento utilizado en el análisis establece la conexión entre las variables de estudio y sus correspondientes indicadores, unidades e incidencias.				16
Metodología	La estrategia a implementar se ajusta tanto al pronóstico derivado del diagnóstico como a la evaluación posterior.				17
Intencionalidad	Apropiado para evaluar tanto los instrumentos de investigación como los aspectos estratégicos propuestos.				18

Finalmente, se obtuvo un promedio de evaluación de 16.77, lo cual se interpreta como MUY BUENO.


 JOSE LUIS CAÑARI RAVICHAGUA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 064405

63

JUICIO DE EXPERTOS

Yo, GLADYS ROSARIO VERGARA LOVERA, ingeniero civil con grado de INGENIERO y con CIP 36761, identificado con DNI 15758471, confirmo mediante el presente documento la evaluación de la investigación “ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE USANDO ACEITE VEHICULAR RECICLADO Y POLVO DE PIEDRA EN CAMINO HUAMILANCHA, SAYÁN, 2023” realizada por los tesisistas Verde Sánchez Diland Sebastian y Samanamud Díaz Andrés Alejandro.

El análisis realizado se basó en múltiples indicadores de acuerdo a cada uno de los aspectos más importantes durante una investigación para obtener el título de ingeniero civil. Luego de evaluados los indicadores escogidos se pasó a calificar cada uno de estos con notas del 1 al 20, en la que una nota de 1-5, 5-10, 10-15 y 15-20 representan que se obtuvieron resultados malos, regulares, buenos y muy buenos, respectivamente.

Indicador	Criterio	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1-5	5-10	10-15	15-20
Claridad	Está redactado en un lenguaje apropiado y específico.				18
Objetividad	Se refleja a través de comportamientos observables que indican el alcance del proyecto.			14	
Estructura	El contenido sigue una organización lógica y un orden coherente.				17
Eficiencia	Incluye los elementos esenciales de cantidad y calidad al recopilar o registrar datos.			15	
Actualidad	En consonancia con los progresos científicos.			15	
Consistencia	Fundamentado en aspectos teóricos-científicos, orientado a identificar y determinar lo necesario para la investigación.				16
Coherencia	El instrumento utilizado en el análisis establece la conexión entre las variables de estudio y sus correspondientes indicadores, unidades e incidencias.			15	
Metodología	La estrategia a implementar se ajusta tanto al pronóstico derivado del diagnóstico como a la evaluación posterior.			14	
Intencionalidad	Apropiado para evaluar tanto los instrumentos de investigación como los aspectos estratégicos propuestos.			15	

Finalmente, se obtuvo un promedio de evaluación de 15.4, lo cual se interpreta como BUENO.


 Gladys Rosario Vergara Lovera
 Ingeniera Civil
 CIP N° 36761