



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio comparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico, Av. Cordillera Occidental, Chorrillos – Lima, 2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Bartolo Medina, Frank Kevin

<https://orcid.org/0000-0003-2445-371X>

Domínguez Carrasco, Campañolly Ivan

<https://orcid.org/0000-0002-0143-6397>

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

En este proyecto de investigación agradecemos a Dios por cuidarnos y no dejarnos caer en los momentos más difíciles.

A nuestros padres y hermanos por darnos todo el apoyo, amor y la orientación necesaria en toda la formación académica.

A mi novia y a mi hija por ser mi motivación para lograr uno de mis sueños más anhelados.

A todos nuestros docentes de la universidad Cesar Vallejo en especial a los docentes Pinto Barrantes, Raúl y Benites Zúñiga, Jose Luis por guiarme en todo el desarrollo de la tesis.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por bendecir nuestras vidas, por derramar mucho amor en todos nosotros, por guiarnos y apoyarnos en los momentos de dificultades y debilidades.

Agradecemos a nuestros Padres por ser el motivo de inspiración, por confiar y creer en nuestras expectativas, por su apoyo, por los consejos y valores que nos han enseñado en el transcurso de nuestras vidas.

Agradecemos a nuestro docente Pinto Barrantes, Raúl Antonio por haber compartido sus conocimientos, el apoyo y su paciencia en el transcurso de nuestro proyecto de investigación.

Índice de contenidos

| | |
|---|-----|
| Dedicatoria | i |
| Agradecimiento | ii |
| Índice de contenidos | iii |
| Índice de tablas | iv |
| Índice de gráficos y figuras..... | xii |
| Resumen | xv |
| Abstract | xvi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| III. METODOLOGÍA..... | 31 |
| 3.1. Tipo y Diseño de Investigación | 31 |
| 3.2. Variables y Operacionalización | 31 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo..... | 32 |
| 3.5. Procedimientos | 33 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 35 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 35 |
| IV. RESULTADOS | 36 |
| V. DISCUSIÓN..... | 155 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 158 |
| VII. RECOMENDACIONES. | 160 |
| REFERENCIAS..... | 161 |
| ANEXOS..... | 167 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| TABLA N° 1. Numero de calicatas para la exploración de suelos | 15 |
| TABLA N° 2. Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador | 17 |
| TABLA N° 3. Materiales que se usan para el ensayo Proctor estándar y modificado 19 | |
| TABLA N° 4. Determinación de la densidad máxima | 23 |
| TABLA N° 5. Categorías de sub-rasante | 24 |
| TABLA N° 6. Relación número de golpes con el facto para el límite líquido | 28 |
| TABLA N° 7. Tabla de estimados de precisión..... | 29 |
| TABLA N° 8. Tabla de Ensayos para la calicata más critica | 34 |
| TABLA N° 9. Tabla de Ensayos con diferentes cantidades..... | 34 |
| TABLA N° 10. Datos del laboratorio de la calicata C – 01 ensayado con la muestra patrón..... | 36 |
| TABLA N° 11. Fórmulas para el análisis granulométrico..... | 36 |
| TABLA N° 12. Tabla de datos para la curva granulométrica. | 37 |
| TABLA N° 13. Tamaño de las partículas. | 38 |
| TABLA N° 14. Descripción de la muestra..... | 38 |
| TABLA N° 15. Método de ensayo para determinar el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos NTP 339.129..... | 39 |
| TABLA N° 16. Tabla de datos y tamizados para la muestra patrón..... | 39 |
| TABLA N° 17. Clasificación de suelo..... | 41 |
| TABLA N° 18. Datos del laboratorio de la calicata C – 01 ensayado con la muestra patrón..... | 43 |
| TABLA N° 19. Datos del laboratorio de la calicata C – 01 ensayado de CBR con la muestra patrón. | 46 |
| TABLA N° 20. Datos de expansión de suelos de la calicata C – 01 ensayado de CBR con la muestra patrón. | 48 |

| | |
|---|----|
| TABLA N° 21. Datos de penetración de suelos de la calicata C – 01 ensayo de CBR con la muestra patrón..... | 48 |
| TABLA N° 22. Datos de penetración y presión o esfuerzo estándar | 49 |
| TABLA N° 23. C.B.R. al 100 % y al estado natural..... | 51 |
| TABLA N° 24. Datos del laboratorio de la calicata C – 02 ensayado con la muestra patrón. | 52 |
| TABLA N° 25. Distribución del tamaño de partícula C-02. | 53 |
| TABLA N° 26. Método de ensayo de Índice de plasticidad para de la C-02..... | 53 |
| TABLA N° 27. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos..... | 55 |
| TABLA N° 28. Método de ensayo para determinar el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos C-02..... | 56 |
| TABLA N° 29. Datos del laboratorio de la calicata C – 02 ensayo de CBR con la muestra patrón. | 57 |
| TABLA N° 30. Datos de expansión de suelos de la calicata C – 02 ensayo de CBR con la muestra patrón..... | 58 |
| TABLA N° 31. Datos de penetración de suelos de la calicata C – 02 ensayo de CBR con la muestra patrón..... | 59 |
| TABLA N° 32. Datos de penetración y presión o esfuerzo estándar. | 59 |
| TABLA N° 33. Datos de penetración y presión o esfuerzo estándar C-02. | 60 |
| TABLA N° 34. Datos del laboratorio de la calicata C – 03 ensayo de granulometría con la muestra patrón..... | 61 |
| TABLA N° 35. Distribución del tamaño de partículas C-03..... | 62 |
| TABLA N° 36. Método de ensayo de Índice de plasticidad para de la C-03..... | 63 |
| TABLA N° 37. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos. | 64 |
| TABLA N° 38. Datos de la muestra N°1 de la calicata C – 01 ensayado cenizas de residuos orgánicos más la muestra patrón..... | 64 |
| TABLA N° 39. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos. | 65 |

| | |
|---|----|
| TABLA N° 40. Datos de la muestra N°2 de la calicata C – 01 ensayado cenizas de residuos orgánicos más la muestra patrón..... | 65 |
| TABLA N° 41. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos. | 65 |
| TABLA N° 42. Datos de la muestra N°3 de la calicata C – 01 ensayado cenizas de residuos orgánicos más la muestra patrón..... | 66 |
| TABLA N° 43. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos. | 67 |
| TABLA N° 44. Datos de Clasificación de suelo para la muestra N°1..... | 67 |
| TABLA N° 45. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos. | 68 |
| TABLA N° 46. Datos de Clasificación de suelo para la muestra N°2..... | 68 |
| TABLA N° 47. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos. | 68 |
| TABLA N° 48. Datos de Clasificación de suelo para la muestra N°3..... | 69 |
| TABLA N° 49. Clasificación de suelos, método S.U.C.S. | 69 |
| TABLA N° 50. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos. | 70 |
| TABLA N° 51. Tabla para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°1..... | 70 |
| TABLA N° 52. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos. | 71 |
| TABLA N° 53. Tabla para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°2..... | 71 |
| TABLA N° 54. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos. | 71 |
| TABLA N° 55. Tabla para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°3..... | 72 |
| TABLA N° 56. Tabla de determinación de la Densidad Máxima seca y Optimo contenido de humedad de cada muestra. | 73 |
| TABLA N° 57. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos. | 73 |
| TABLA N° 58. Tabla del ensayo del CBR ASTM D 1883 de la muestra N°1..... | 74 |
| TABLA N° 59. Tabla de resultados de CBR de la muestra N°1..... | 74 |
| TABLA N° 60. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos. | 75 |
| TABLA N° 61. Tabla del ensayo del CBR ASTM D 1883 de la muestra N°2..... | 75 |

| | |
|--|----|
| TABLA N° 62. Tabla de resultados de CBR de la muestra N°2..... | 76 |
| TABLA N° 63. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos. | 76 |
| TABLA N° 64. Tabla del ensayo del CBR ASTM D 1883 de la muestra N°3..... | 76 |
| TABLA N° 65. Tabla de resultados de CBR de la muestra N°3..... | 77 |
| TABLA N° 66. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos | 77 |
| TABLA N° 67. Tabla de penetración para la muestra N°1..... | 78 |
| TABLA N° 68. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°1 | 78 |
| TABLA N° 69. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos | 78 |
| TABLA N° 70. Tabla de penetración para la muestra N°2..... | 79 |
| TABLA N° 71. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°2 | 79 |
| TABLA N° 72. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos | 79 |
| TABLA N° 73. Tabla de penetración para la muestra N°3..... | 80 |
| TABLA N° 74. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°3..... | 80 |
| TABLA N° 75. Dosificación de la muestra N°1 de Aditivo Químico. | 81 |
| TABLA N° 76. Datos de la muestra N°1 de la calicata C – 01 ensayado Aditivo Químico más la muestra patrón. | 81 |
| TABLA N° 77. Dosificación de la muestra N°2 de Aditivo Químico. | 82 |
| TABLA N° 78. Datos de la muestra N°2 de la calicata C – 01 ensayado Aditivo Químico más la muestra patrón. | 82 |
| TABLA N° 79. Dosificación de la muestra N°3 de Aditivo Químico | 82 |
| TABLA N° 80. Datos de la muestra N°3 de la calicata C – 01 ensayado Aditivo Químico más la muestra patrón. | 83 |
| TABLA N° 81. Dosificación de la muestra N°1 de Aditivo Químico y su clasificación de suelo SUCS..... | 84 |
| TABLA N° 82. Dosificación de la muestra N°2 de Aditivo Químico y su clasificación de suelo SUCS..... | 84 |
| TABLA N° 83. Dosificación de la muestra N°3 de Aditivo Químico y su clasificación de suelo SUCS..... | 85 |

| | |
|--|----|
| TABLA N° 84. Tabla de las muestras con sus respectivas clasificaciones de suelos SUCS. | 86 |
| TABLA N° 85. Tabla de su dosificación para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°1..... | 87 |
| TABLA N° 86. Tabla de su dosificación para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°2..... | 87 |
| TABLA N° 87. Tabla de su dosificación para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°3..... | 88 |
| TABLA N° 88. Tabla de determinación de la Densidad Máxima seca y Optimo contenido de humedad de cada muestra. | 89 |
| TABLA N° 89. Tabla de dosificación y CBR para la calicata C – 01 ensayado con aditivo terrasil más muestra patrón, muestra N°1..... | 90 |
| TABLA N° 90. Gráfico de penetración de CBR muestra N°1..... | 90 |
| TABLA N° 91. Tabla de dosificación y CBR para la calicata C – 01 ensayado con aditivo terrasil más muestra patrón, muestra N°2..... | 91 |
| TABLA N° 92. Gráfico de penetración de CBR muestra N°2..... | 91 |
| TABLA N° 93. Tabla de dosificación y CBR para la calicata C – 01 ensayado con aditivo terrasil más muestra patrón, muestra N°3..... | 92 |
| TABLA N° 94. Gráfico de penetración de CBR muestra N°3..... | 92 |
| TABLA N° 95. Tabla de Dosificación y Penetración de la muestra N°1 con el aditivo terrasil. | 93 |
| TABLA N° 96. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°1..... | 93 |
| TABLA N° 97. Tabla de Dosificación y Penetración de la muestra N°2 con el aditivo terrasil | 94 |
| TABLA N° 98. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°2 | 94 |
| TABLA N° 99. Tabla de Dosificación y Penetración de la muestra N°3 con el aditivo terrasil | 95 |
| TABLA N° 100. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°3..... | 95 |

| | |
|---|-----|
| TABLA N° 101. Resumen de los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo..... | 96 |
| TABLA N° 102. Cálculos del IMDS Y IMDA 2021..... | 97 |
| TABLA N° 103. IMDA para el año 2021 | 98 |
| TABLA N° 104. Proyección de tráfico para 4 años..... | 99 |
| TABLA N° 105. Fórmulas para calcular los ejes equivalentes (pavimentos flexibles) | |
| 99 | |
| TABLA N° 106. Cálculo de los ejes equivalentes..... | 100 |
| TABLA N° 107. Factores de Distribución Direccional y de Carril..... | 102 |
| TABLA N° 108. Nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño | 105 |
| TABLA N° 109. Valores recomendados de nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico | 105 |
| TABLA N° 110. Desviación estándar normal..... | 106 |
| TABLA N° 111. Índice de Serviciabilidad Δ PSI..... | 106 |
| TABLA N° 112. Serviciabilidad inicial p_i | 107 |
| TABLA N° 113. Serviciabilidad final p_t | 107 |
| TABLA N° 114. Coeficientes estructurales | 111 |
| TABLA N° 115. Coeficientes de drenajes (cd)..... | 111 |
| TABLA N° 116. Parámetros de cada capa | 113 |
| TABLA N° 117. Cálculo del SN* | 115 |
| TABLA N° 118. Espesores de cada capa..... | 115 |
| TABLA N° 119. Parámetros de diseño del pavimento propuesto | 115 |
| TABLA N° 120. Nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño | 118 |
| TABLA N° 121. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico | 118 |
| TABLA N° 122. Desviación estándar normal (Z_R)..... | 119 |
| TABLA N° 123. Índice de Serviciabilidad Δ PSI..... | 119 |

| | |
|---|-----|
| TABLA N° 124. Serviciabilidad inicial (PI) | 120 |
| TABLA N° 125. Serviciabilidad final (PT)..... | 120 |
| TABLA N° 126. Coeficientes estructurales | 124 |
| TABLA N° 127. Coeficientes de drenajes (CD) | 124 |
| TABLA N° 128. Parámetros de cada capa | 126 |
| TABLA N° 129. Cálculo del SN* | 128 |
| TABLA N° 130. Espesores de cada capa..... | 128 |
| TABLA N° 131. Parámetros de diseño del pavimento propuesto | 128 |
| TABLA N° 132. Nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño | 131 |
| TABLA N° 133. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico | 131 |
| TABLA N° 134. Desviación estándar normal (Z_R)..... | 132 |
| TABLA N° 135. Índice de Serviciabilidad Δ PSI..... | 132 |
| TABLA N° 136. Serviciabilidad inicial PI | 133 |
| TABLA N° 137. Serviciabilidad final PT | 133 |
| TABLA N° 138. Coeficientes estructurales | 137 |
| TABLA N° 139. Coeficientes de drenajes (CD) | 137 |
| TABLA N° 140. Parámetros de cada capa | 139 |
| TABLA N° 141. Cálculo del SN* | 141 |
| TABLA N° 142. Espesores de cada capa..... | 141 |
| TABLA N° 143. Parámetros de diseño del pavimento propuesto | 141 |
| TABLA N° 144. Clasificación de Suelos por método S.U.C.S. | 147 |
| TABLA N° 145. Tabla de CBR para la muestra patrón..... | 147 |
| TABLA N° 146. Proctor modificado | 148 |
| TABLA N° 147. CBR (California Bearing Ratio). Expansión del suelo..... | 149 |
| TABLA N° 148. CBR (California Bearing Ratio)..... | 150 |
| TABLA N° 149. Índice de plasticidad..... | 151 |

| | |
|---|-----|
| TABLA N° 150. Índice de plasticidad..... | 152 |
| TABLA N° 151. CBR (California Bearing Ratio). Expansión del suelo..... | 153 |
| TABLA N° 152. CBR (California Bearing Ratio)..... | 153 |
| TABLA N° 153. CBR (California Bearing Ratio)..... | 154 |

Índice de gráficos y figuras

| | |
|--|-----|
| FIGURA N°1. Av. Cordillera Occidental-Chorrillos..... | 2 |
| FIGURA N°2. Proceso para la identificación del tipo de suelo..... | 16 |
| FIGURA N°3. Proceso de estabilización de tipo de selección | 17 |
| FIGURA N°4. Molde cilíndrico de 4,0 pulgadas | 20 |
| FIGURA N°5. Molde cilíndrico de 6,0 pulgadas. | 21 |
| FIGURA N°6. Ejemplo de grafico de curva de compactación | 21 |
| FIGURA N°7. Molde cilíndrico 4,00 pulgadas. | 23 |
| FIGURA N°8. Equipos utilizados para el ensayo Proctor modificado..... | 25 |
| FIGURA N°9. Aparato manual para límite líquido. | 27 |
| FIGURA N°10. Muestreo del suelo antes y después de la prueba..... | 28 |
| FIGURA N°11. Curva de compactación | 37 |
| FIGURA N°12. Carta de plasticidad | 42 |
| FIGURA N°13. Curva de compactación | 45 |
| FIGURA N°14. Curva granulométrica C-02..... | 52 |
| FIGURA N°15. Carta de plasticidad | 56 |
| FIGURA N°16. Corrección de la curva. E.C..... | 60 |
| FIGURA N°17. Curva granulométrico C-03..... | 61 |
| FIGURA N°18. Curva granulométrica de todas las muestras de residuos orgánicos | |
| 66 | |
| FIGURA N°19. Curva de compactación o Proctor..... | 72 |
| FIGURA N°20. Curva granulométrica de todas las muestras de | 83 |
| FIGURA N°21. Curva granulométrica de todas las muestras del Aditivo Terrasil | 88 |
| FIGURA N°22. N° de vehículos / día..... | 96 |
| FIGURA N°23. Proyección de tráfico para 4 años | 99 |
| FIGURA N°24. Conjunto de ejes y numero de neumáticos..... | 100 |
| FIGURA N°25. Vista de sección transversal de la vía..... | 102 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA N°26. IMDA para un pedio de diseño de 20 años (2025-2045) | 103 |
| FIGURA N°27. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica Mr | 109 |
| FIGURA N°28. Abaco para calcular el a1 y Mr(base) | 109 |
| FIGURA N°29. Abaco para calcular el a2 y Mr(Sub Base) | 110 |
| FIGURA N°30. Cálculo del SN1 | 112 |
| FIGURA N°31. Cálculo del SN2 | 112 |
| FIGURA N°33. Cálculo del SN3 | 113 |
| FIGURA N°34. Parámetros de diseño de cada capa | 116 |
| FIGURA N°35. Dimensión de la Sección Longitudinal | 116 |
| FIGURA N°36. Dimensiones de del ancho de calzada de la vía | 116 |
| FIGURA N°37. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica Mr | 122 |
| FIGURA N°38. Abaco para calcular el a1 y Mr(base) | 122 |
| FIGURA N°39. Abaco para calcular el a2 y Mr(Sub Base) | 123 |
| FIGURA N°40. Cálculo del SN1 | 125 |
| FIGURA N°41. Cálculo del SN2 | 125 |
| FIGURA N°42. Cálculo del SN3 | 126 |
| FIGURA N°43. Parámetros de diseño de cada capa | 129 |
| FIGURA N°44. Dimensión de la Sección Longitudinal | 129 |
| FIGURA N°45. Dimensiones de del ancho de calzada de la vía | 129 |
| FIGURA N°46. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica Mr | 135 |
| FIGURA N°47. Abaco para calcular el a1 y Mr(base) | 135 |
| FIGURA N°48. Abaco para calcular el a2 y Mr(Sub Base) | 136 |
| FIGURA N°49. Cálculo del SN1 | 138 |
| FIGURA N°50. Cálculo del SN2 | 138 |
| FIGURA N°51. Cálculo del SN3 | 139 |
| FIGURA N°52. Parámetros de diseño de cada capa | 142 |
| FIGURA N°53. Dimensión de la Sección Longitudinal | 142 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA N°54. Dimensiones de del ancho de calzada de la vía..... | 142 |
| FIGURA N°55. Mapa político del Perú | 143 |
| FIGURA N°56. Mapa político del departamento de Lima..... | 144 |
| FIGURA N°57. Mapa del distrito de Chorrillos | 144 |
| FIGURA N°58. Mapa de la provincia de Lima | 144 |
| FIGURA N°59. Calicata N° 01..... | 145 |
| FIGURA N°60. Calicata N° 02..... | 146 |
| FIGURA N°61. Calicata N° 03..... | 146 |
| FIGURA N°62. Curva de Proctor..... | 148 |
| FIGURA N°63. Ensayo de C.B.R. | 150 |
| FIGURA N°64. Ejemplo de variables independiente y dependiente..... | 167 |

Resumen

En el presente proyecto de investigación tiene como objetivo determinar de qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivos químicos en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental – Chorrillos – Lima. Nuestro tipo de diseño de investigación es experimental ya que en el proyecto de investigación se da a conocer la utilidad de nuestras variables (Dependiente & Independiente). Estas variables serán usadas por estudios, tales como el CBR, Proctor Modificado, Limite Liquido y Limite Plástico; para así determinar la resistencia que nos ofrece cada estabilizador.

Como metodología, las cascaras de arroz y bagazo de caña de azúcar son productos de desechos provenientes de los campos de cultivos, siendo este un material que ayude a disminuir la contaminación del medio ambiente incluyendo este producto en el mejoramiento de la subrasante. Por otro lado, el Terrasil es un producto compuesto 100% de organozilanos, tiene como beneficio reducir la permeabilidad, mantener los valores de CBR en seco y tiene un control en la erosión de suelo, taludes y bermas.

Los resultados obtenidos, muestra que el tipo de suelo arenoso es pobremente graduado con limo en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), para el *CBR* (California Bearing Ratio) se adicionó 6% de CCA + 10% CBCA lo cual aumento de 3.90% a 15.00%, con 8% de CCA + 20% CBCA aumento de 3.90% a 18.80% y con 10% de CCA + 35% CBCA disminuye de 3.90% a 15.20%. y para el terrasil se adiciono 2% lo cual aumento de 3.90% a 5.70%, con 4% aumento de 3.90% a 9.70 % y con 7% aumento de 3.90% a 6.20%.

En conclusión se obtuvieron resultados favorables tanto para las cenizas de residuos orgánicos como el aditivo químico, mejorando sus propiedades físicas y el aumento de la capacidad portante, la cual beneficia a ese tipo de suelo poder estabilizar la subrasante.

Palabras clave: Sub-rasante, Estabilizar, cenizas de bagazo de caña de azúcar y cascara de arroz, Aditivo Terrasil.

Abstract

The objective of this research project is to determine how organic waste ash and chemical additives influence the stabilization of the subgrade on Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima. Our type of research design is experimental since the usefulness of our variables (Dependent & Independent) is disclosed in the research project. These variables will be used by studies, such as CBR, Modified Proctor, Liquid Limit and Plastic Limit; in order to determine the resistance offered by each stabilizer.

As a methodology, rice husks and sugarcane bagasse are waste products from crop fields, this being a material that helps reduce environmental pollution by including this product in the improvement of the subgrade. On the other hand, Terrasil is a product composed of 100% organozilanes, it has the benefit of reducing permeability, maintaining dry CBR values and having control over soil erosion, slopes and berms.

The results obtained show that the type of sandy soil is poorly graded with silt in the Unified Soil Classification System (SUCS), for the CBR (California Bearing Ratio) 6% CCA + 10% CBCA was added, which increased 3.90% to 15.00%, with 8% CCA + 20% CBCA increased from 3.90% to 18.80% and with 10% CCA + 35% CBCA decreased from 3.90% to 15.20%. and for terrasil 2% was added which increased from 3.90% to 5.70%, with 4% increase from 3.90% to 9.70% and with 7% increase from 3.90% to 6.20%.

In conclusion, favorable results were obtained for both the organic waste ashes and the chemical additive, improving their physical properties and increasing the bearing capacity, which benefits this type of soil to be able to stabilize the subgrade.

Keywords: Sub-grade, Stabilize, sugarcane bagasse ash and rice husk, Terrasil Additive.

I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos muy remotos los caminos y carreteras han sido de gran utilidad para que las personas puedan trasladarse de un lugar a otro, estos medios de transporte que se diseñaron eran muy duraderos, con bajo presupuestos y de gran envergadura. Así generando un beneficio social y económico. En la actualidad con el avance de la tecnología y la investigación, las carreteras han sido pavimentadas y mejoradas. Sin embargo, según el centro del comercio exterior (CCEX) de la cámara de comercio. El Perú está conformada por una red vial de 95 863 km de las cuales 16% esta pavimentada con una longitud de 15 496 km y el 84% restante es afirmado o trocha con una longitud de 80 367 km. Las carreteras que se encuentran a nivel de la subrasante o trochas presentan problemas como ahuellamiento, bacheos entre otros, y muchos de estos a causa del tipo de suelo que presentan. El manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), Indica que para estabilizar un suelo este debe tener el CBR menor al 6% de lo contrario no es necesario realizar un mejoramiento de las propiedades físicas o un amento a su capacidad portante. Bajo los argumentos mencionados nace la necesidad de investigar sobre la estabilización de la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivos químicos.

En la relación con realidad problemática internacional, Informa que cuando se va a ejecutar proyectos viales en el oriente ecuatoriano se puede encontrar con suelos inadecuados para la subrasante, debido a las propiedades que no garantizan una estabilidad a la estructura del pavimento, estos suelos suelen ser reemplazados por materiales con mejores características. En la construcción del paso lateral de la Ciudad de Macas – Ecuador, se encontraron suelos arcillosos con limite liquido mayor al 100%, especialmente en el km 3+000. Se hicieron ensayos de laboratorio en donde se determinó que el índice de plasticidad es mayor al 50% el porcentaje de humedad es 80%, CBR de 1% y porcentaje de material fino superior al 50%.¹

En relacional a la realidad problemática nacional, La comunicación es el desarrollo principal, es por ello que las carreteras deben estar en buenas condiciones para

¹ (CASTILLO, 2017 pág. 15)

poder interrelacionar con departamentos, provincias y distritos, y así poder llevar buenas relaciones económicas culturales y turísticas. En gran mayoría la infraestructura vial es afectado por el nivel freático que se presenta en la subrasante. En el distrito de Pachacama, el acceso a algunas principales vías se encuentra en abandono y mal estado, es por ello que aún cuentan con avenidas no pavimentadas. Como es el caso de la avenida 13 de julio de dicho distrito que se encuentra a nivel de la subrasante con un suelo arenoso y con baja capacidad portante presentados problemas de ahuellamientos, hundimientos, huecos, generando inseguridad para los conductores.²

En relación a la realidad problemática local, se encuentra ubicado en la Av. Cordillera Occidental distrito de Chorrillos. Esta avenida no está pavimentada y se encuentra en un mal estado debido a que es un suelo arenoso y no recibe un mantenimiento adecuado por parte de la entidad responsable. Se ha podido observar que presenta problemas de ahuellamiento, bacheos, huecos y asentamientos. Generando inseguridad para los conductores y peatones que transitan esta avenida, este tipo de problemas pueden producir accidentes vehiculares ocasionando pérdidas de vidas humanas y económicas. Es por ello que se realizara una investigación para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos orgánicos (cenizas de cascara de arroz y cenizas de bagazo de caña de azúcar) y aditivo químico (Terrasil)



FIGURA N°1. Av. Cordillera Occidental-Chorrillos.

Fuente: Elaboración propia

² (ALDO, 2019 pág. 25)

En esta investigación se planteó el primer problema general. ¿De qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021?. Y así mismo se planteó el primer problema específico: ¿De qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca en la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021?. Y como segundo problema específico tenemos ¿De qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en el Porcentaje de expansión del suelo en la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021?. Por consiguiente, tenemos el tercer problema específico ¿De qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la Resistencia de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021?. Del mismo modo se planteó el cuarto problema específico, ¿De qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en el índice de plasticidad de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021?.

Siguiendo con el desarrollo del proceso de la estructura que presenta este proyecto de investigación. Se justifica teóricamente con la contribución que se da sobre las teorías de estabilización de la subrasante y con el comportamiento de las variables o relación entre ellas. Con los resultados se pueden reforzar las teorías de estabilización de la subrasante con cenizas de residuos orgánicos, ya que aumenta su capacidad para soportar las cargas provocadas por los vehículos., se justifica técnicamente al pretender encontrar nuevas maneras de estabilizar la subrasante que poseen suelos arenosos con un CBR menor a 6%. Conociendo que el objetivo es mejorar la subrasante para soportar las cargas que va recibir por un extenso periodo de tiempo.

De tal modo se justifica socialmente con el aporte que brindamos a los estudiantes que realizan investigaciones acerca del mejoramiento de suelos, ya que contarán con diferentes alternativas de solución para la estabilización de la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico (terrasil). De obtener los resultados esperados, también beneficiara a la entidad encargada de realiza el mejoramiento de la avenida Ancón, ya que puede optar por utilizar este proyecto de investigación,

con resultados altamente favorable y un presupuesto minimizado, finalmente beneficiando a la sociedad, a los conductores y peatones que transitan esta avenida. Así mismo se justifica metodológicamente para poder obtener resultados confiables en la investigación es indispensable contar con el proceso metodológico, en esta investigación presentamos nuevos instrumentos para la recolección y análisis de datos.

A continuación, siguiendo con el proceso de la investigación se planteó como primer objetivo general. Determinar de qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021. Así mismo se planteó el primer objetivo específico. Determinar de qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca en la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021. Del mismo modo se planteó el segundo objetivo específico; Determinar de qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en el Porcentaje de expansión del suelo en la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021. El tercer objetivo específico se formuló de la siguiente manera. Determinar de qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la Resistencia de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021. Por consiguiente, tenemos el cuarto objetivo específico que es; Determinar de qué manera influye las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en el índice de plasticidad de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021.

En esta investigación se planteó como hipótesis general; Las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico influyen en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021. Como primera hipótesis específico tenemos; Las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico influyen en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca en la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021. De la misma manera se planteó la segunda hipótesis específica; Las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico influyen en el Porcentaje de expansión del suelo en la subrasante la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021. Del mismo modo se propuso la tercera hipótesis específico; Las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico influyen en la Resistencia de la

subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021. Por último y cuarta hipótesis específica tenemos; Las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico Influye en el índice de plasticidad de la subrasante en la Av. Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En esta investigación Rodríguez (2016) Su objetivo fue analizar la subrasante incluyendo el aditivo terrasil como un agente estabilizador. Fue un estudio de tipo experimental, nivel de investigación exploratorio – Descriptivo – Explicativo. Y cuenta con una población de 3.822 metros que se encuentra en la ciudad de Quevedo en el sector San Camilo. La separación de las calicatas fue de 500 metros, sumando así 9 muestras. Los instrumentos empleados fueron equipos para la realización de los ensayos de suelo. En los resultados se obtuvo que el aditivo Terrasil impermeabiliza el suelo y da un mejoramiento a su resistencia ya sea en suelos C, M, S; incluyendo el aditivo terrasil se redujo el material pétreo, dando así también la reducción de la base, que son utilizados como principal factor en la construcción vial.³

En esta investigación para Ramos y Lozano (2016) Su objetivo es mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante mediante una estabilización, con aditivos alternos como cenizas de carbón y convencionales como la cal, en porcentajes de 10%, 20% y 40%. En la ciudad de Bogotá. La investigación es de tipo experimental con un nivel de investigación aplicada. En la población, se consideró 2 kilómetros de la ciudad de Bogotá. En las muestras tenemos las calitas realizadas en la avenida. Los instrumentos empleados fueron fichas de y equipos para la realización de los ensayos. Teniendo como resultados al ensayo Proctor estándar donde el suelo patrón posee una máxima densidad seca mayor que las demás muestras con los aditivos (muestra patrón s100; máxima densidad seca 1.81gr/cm³, muestras con cal tenemos s60-ccm40; 1.76 gr/cm³, y las muestras con cenizas de carbón s90-ccm10; 1.78 gr/cm³) y un óptimo contenido de humedad menor a de los aditivos (muestra patrón s100; óptimo contenido de humedad 22.59%, muestras con cal tenemos s60-ccm10; 37%, y las muestras con cenizas de carbón s90-ccm10; 28%). En el caso de la humedad las muestras con cenizas de carbón requieren entre un 15% y 19% menos agua que las muestras con cal, por otro lado, los ensayos de compresión confinada demuestran que las muestras con cenizas de carbón son entre 348% y 1200% más resistente que las muestras con cal. También se observa que la cal actúa mejor en bajas concentraciones, mientras que las cenizas actúan

³ (RODRÍGUEZ, 2016 pág. 125)

mejor en altas concentraciones. Así mismo los ensayos de corte directo nos da como resultado que los ángulos de fricción aumenta y la cohesión de los suelos disminuyen cuando las concentraciones de los aditivos disminuyen, pasa todo lo contrario si la concentración de los aditivos aumenta. En resumen, las partículas internas van a permanecer unidas. en cuanto a costo por 1m³ tenemos: cal 10%; \$ 150 aprox. Con cenizas ce carbón 10%; \$60 aprox. Se puede decir que, con las muestras de cenizas de carbón se obtuvieron mejores resultados. Finalmente, concluyeron que para realizar la estabilización de la subrasante con el aditivo cal se debe usar el porcentaje de 10% y en cuanto a las cenizas de carbón se usara el porcentaje de 40% ya que con estas muestras se obtuvieron los mejores resultados. Se recomienda estabilizar la subrasante con cenizas de carbón ya que los costos son bajos y con un adecuado mejoramiento de la subrasante.⁴

En esta investigación para Cusme (2018) Tuvo como objetivo estabilizar la subrasante adicionando el aditivo químico permazyme 11X en porcentajes de 0,00075 %; 0,0015 %; 0,0030 %; 0,0060 % y 0,0090% para determinar su comportamiento en el proyecto mi lote en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas – Ecuador. Fue un estudio de tipo Experimental con un Nivel de Investigación Exploratorio – Descriptivo – Explicativo. En la población se consideró los suelos de la vía ubicada en la ciudad de Guayaquil. Teniendo como muestra a los suelos extraídos de una calicata de un 1.50 mt. de profundidad. Los instrumentos empleados fueron equipos para la realización de los ensayos de suelo. En los resultados se tiene al ensayo de CBR que aumento su valor a un 6%, también tenemos al ensayo Proctor modificado que se obtuvo la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad con la dosificación de 0.003%, los límites de atterberg disminuyo su valor en un 20%.⁵

Espinoza y Velásquez (2018) Tuvieron como objetivo mejorar la subrasante mediante la estabilización química (cenizas de bagazo de caña de azúcar) con porcentajes de 10%, 20% y 30%. En el tramo Pinar – Marian distrito de Independencia. Fue una investigación de tipo aplicada, con una población

⁴ (RAMOS Y LOZANO, 2016 pág. 27)

⁵ (CUSME, 2018 pág. 109)

conformada por los suelos arcillosos existentes en la carretera del tramo Pinar a Marian teniendo como muestra a los suelos extraídas de las calicatas realizadas en el tramo Pinar a Marian. Los instrumentos que se utilizados fueron las fichas de recolección de datos, formatos plasmados en las normas peruanas y extranjeras. Los principales resultados fueron el ensayo de CBR, adicionando el 10% C.C.A. con una lectura del 95% del CBR para la subrasante obteniendo un resultado de 11.56%. adicionando el 20% C.C.A. con una lectura del 95% del CBR para la subrasante obteniendo un resultado de 15.18%. adicionando el 30% C.C.A. con una lectura del 95% del CBR para la subrasante obteniendo un resultado de 10.42%. Para el límite de Atterberg se seleccionó la calicata patrón con mayor deficiencia con un I.P. de 16.11%, al adicionar 10% CCA se obtiene un IP de 11.59%, adicionando 20% C.C.A. se obtiene un I.P. 9.73% Y adicionando 30% C.C.A. se obtiene un I.P. 12.04%. Se concluyó que las muestras con sustitución de 20% de CCA fueron superiores a los demás.⁶

Diaz (2018). Tuvo como objetivo mejorar la subrasante agregando porcentajes de cenizas de cascara de arroz a la muestra patrón para mejor el óptimo contenido de humedad, el C.B.R. y el aumento de su capacidad portante. Fue un estudio de tipo Aplicada con un Nivel de Investigación Descriptiva – Aplicativa. Con una población que está conformado por los ensayos de mecánica de suelos y como muestra tuvieron muestra dos ensayos que está constituido por el ensayo de Proctor modificado y el ensayo de CBR. Los instrumentos empleados fueron equipos para la realización de ensayos de Proctor Modificado y CBR; y fichas de recolección de datos. En los resultados se obtuvieron que la combinación de suelo arcilloso y ceniza de cascara de arroz, el valor del CBR incrementó al 100% de la máxima densidad seca del Proctor Modificado de 9.7% hasta 15.2%, esto se logró con un contenido de 20% de ceniza de cascara de arroz; según el porcentaje obtenido, el óptimo contenido de humedad disminuyó un 11.2% a 8.1%, el porcentaje de absorción disminuye notablemente en cada molde de muestra, analizando se determinó añadiendo más ceniza de cascara de arroz disminuye los resultados de 2.20% hasta 0.98% en el molde 1, de 2.80% a 1.02% en el molde 2 y de 3.00% al 1.23% en el

⁶ (ESPINOZA Y VELÁSQUEZ, 2018 pág. 80)

molde 3; dado el contenido porcentual de la ceniza de cascara de arroz 20% se logró que la capacidad portante de la subrasante aumente, los resultados que se obtuvieron de CBR al 95% su aumento fue de 8.0% hasta 13.80% y el CBR al 100% fue de 9.7% al 15.2%.⁷

Marcos (2019) Tuvo como objetivo determinar el mejoramiento de las características estructurales de los pavimentos mediante la estabilización con químicos, también aplicar las tasas de los estabilizadores basando en recomendación y especificación de fabricante, determinar la óptima dosis de los agentes químicos; mediante parámetro in-situ (IRI) comprobar los niveles de servicio establecidos para el pavimento; analizar el presupuesto que generara este tipo de proyecto con el sistema de estabilizador recomendado, en los resultados se obtuvo que en los ensayos de laboratorio del tramo de prueba y de campo, la dosificación de 45kg/m³ de cemento y 0.3 kg/m³; también se obtiene un CBR mayores a 150% para suelos del tipo A-2-4 (0) con estabilización de Proes al 95% de la MDS; según los resultados del laboratorio en la parte de estabilizador liquido se puede asegurar las características solicitadas de capacidad portante de la base estabilizada; se muestra que el terrasil otorga un incremento en la capa estabilizada de 1.25 de su CBR, de igual manera no se consideró ejecutar este producto en la misma estabilización por motivos de consideración del producto y bajo la condición local trabajada; la mejor resultado para la estabilización con terrasil fue de 1% de cemento y 0.5% de aditivo liquido terrasil; el cemento es la principal agente de incremento en CBR que fue la más adecuada, ya que los aditivos líquidos y otros precisan de suelos más plásticos CL O CH para el incremento de CBR; los principales problemas son fisuras o grietas, en donde se deben moderar al tipo de estabilización realizada.⁸

Adeyanju, Okeke, Akinwumi, Busari (2020). The Objective of this study is to determine the mechanical properties of the natural subgrade, CKD – stabilized subgrade, and RHA – based goepolymer stabilized subgrade. Also, to determine the asphaltic pavement thickness using the result of the soaked CBR values for the natural subgrade, CKD stabilized subgrade and RHA based geopolymer stabilized

⁷ (DÍAZ Básquez, 2018 pág. 128)

⁸ (MARCOS, 2019 pág. 125)

subgrade. As a result, the natural moisture content of the soil was recorded to be 8.5%. In addition, its mechanical strength is low with medium free swelling potential. According to the Nigeria Highway Manual 2013, this soil is classified as SI subgrade. Such subgrades are recommended to have pavement thickness of approximately one meter for high volume traffic loads. It was recommended to dig up to 1.2 m where necessary during the construction of the road. In conclusion, to improve the mechanical resistance, reducing the thickness of the pavement to provide a good satisfactory service on the road in its useful life and design, it had to be divided into four phases. The first phase used the CKD as a stabilizer and the determination of the natural properties of the soil. [...]. The second phase used the RHA [...]. The last phase used the cost analysis of the natural subgrade as well as the stabilized subgrade.⁹

Yadav, Gaurav, Kishor, Suman (2017). It had as objective to explore the possibility of using rural waste materials RHA, SCBA and CDA in soil stabilization; To investigate the chemical and physical properties of stabilizing agents; to investigate the physical and engineering properties of natural soil and stabilized soil by adding 2.5%, 5 %, 7.5%, 10% and 12.5% of ash in soil; to compare the thickness of the pavement to get the maximum soaked CBR value obtained for stabilized soil also from natural soil. As a conclusion, alluvial soil was identified as an intermediate plastic; RHA, SCBA, CDA were used to stabilize the soil for road construction. Sufficient cementitious property was found in RHA and SCBA instead of CDA; With different ash, the plasticity decreases with an increase in the [...]; The compaction characteristic of the stabilized [...]; Soaked and unsoaked CBR of the soil [...]; A similar trend was obtained from the CBR for UCS. The UCS value [...]; Based on the maximum value of CBR and UCS, the ash the stabilization [...]; The implication of thickness indicates that there [...]; In this sequence, [...], but can still be used to improve the engineering properties of alluvial soil.¹⁰

Por último, tenemos a Patel, Mishra, Parmar y Gautam (2015). The objective was to study the changes in soil index properties in untreated loose soils and to use the dose

⁹ (Subgrade Stabilization using Rice Husk Ash-based Geopolymer (GRHA) and Cement Kiln Dust (CKD), 2020 págs. 2-3-7)

¹⁰ (Stabilization of alluvial soil subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads, 2017 págs. 255-261)

as a road construction stabilizer (Terrasil, Zycobond) to limit volume changes in highly plasticizable soils. Structural value or credit during packaging design. As a result, this is believed to be due to the fact that solidification is promoted by the chemical reaction of the soil, resulting in a denser material that reduce permeability; so that the soil goes from the fragile to the ductile state when it is moisture content. The reaction to the ground is revealed and its reflections are shown in a plastic limit; swelling is the process by which water passes through the pores through which dirt expands. [...]. The fleece Well Index has an intrinsic relationship with both the liquidity limit and the rate of expansion. [...]. In conclusion the work was to add terrasil 0.041%, zycobond 0.020% as part of the appropriate measure under the zydex trade agreement to provide manholes to improve the design characteristics of natural uses. [...] the soil begins to be coated with chemicals to form large agglomerates, [...]. The CBR estimates for untreated CL soils and the same soils treated with Terrasil 0.041% zycobond 0.020% show a range from 6.64% to 12.15%. [...].¹¹

Como Antecedentes en Artículos tenemos a Jiménez, Bastidas y Consuegras (2019). Tuvo como objetivo contrapesar el efecto ambiental de la extracción de material estéril de la minería de carbón aplicándolo en la estabilización de suelos para infraestructura vial. Se dieron dos objetivos: aumentar la capacidad del soporte del suelo y disminuir los costos, restricciones asociadas a las granulometría, plasticidad y costos de los aditivos. Los Instrumentos empleados fueron equipos para la realización del Proctor Modificado, CBR, Granulometría, Densidad real y aparente, Sanidad de los agregados, Resistencia al desgaste, Limite de Atterberg. Se obtuvo como resultado que, en las Características inicial del material, los materiales utilizados de los residuos tomadas de las pilas, eran homogénea, [...], los resultados que se obtuvieron en la composición mineralógica por parte de Bastidas, con respecto al índice de plasticidad se obtuvo que entre 10 y 30; y LL entre 40 y 60, con esto se determinó que la arcilla es de tipo arcilla caolinitas, [...]. En conclusión, se obtuvo que las herramientas usados por el Algoritmos Evolutivos (AEMO) se obtiene el porcentaje óptimos de cal y cemento que se mezclaran para ser usados como material afirmado, subbase, terraplén; La formulación de AEMO en descripción de funciones objetivo, restricciones y variables de optimización, se obtuvo mezclas

¹¹ (Patel, y otros, 2015 pág. 1089)

óptimas de residuos y porcentajes mínimos de cal y cemento [...]; se pueden usar herramientas en obras civiles para eludir posibles errores al ejecutar mezclas de residuos [...].¹²

En este mismo antecedente también tenemos a Goñas y Saldaña (2020), tuvo como objetivo estimar el influjo del subproducto que se consiguió en la quema de carbón mineral y vegetal que proviene de la industria ladrillera [...]; los instrumentos empleados fueron ficha técnica de ensayos del laboratorio; como conclusión se obtuvo que las cenizas de carbón perfeccionan las propiedades mecánicas de suelo tipo CH Y OH, aun cuando no logra el tipo de material para ser usado como subrasante apropiado ya que el valor del CBR es de 3.5% y 3.7%, sin alcanzar el 6% valor mínimo según manual de carretera “Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos”; Capacidad de soporte sin cenizas de carbón por la calicata 1 y 2 fue de 2.1% y 2.2% a nivel de la subrasante; Tipo de suelo CH de la calicata 1 y OH para la calicata 2, esto se obtuvo con la capacidad de soporte de 2.3%, 2.9% y 3.5% incrementando la cenizas de carbón de 15%, 20% y 25% y la capacidad de soporte (CBR) de 2.6%, 3.0% y 3.7% con el mismo porcentaje de cenizas de carbón; con esto se determinó que la adición del 25% de cenizas de carbón produce un mejor comportamiento de la subrasante del suelo ya sea para la calicata 1 y 2.¹³

Para Ospina, Chaves y Jiménez (2020) Tuvieron como objetivo estabilizar la subrasante de tipo arcilloso, adicionando escoria de acero en porcentajes de 25%, 50% y 75%. Fue un estudio de tipo Experimental con un Nivel de Investigación Exploratorio – Descriptivo. En la población, se consideró todas las calicatas realizadas para extraer la muestra patrón, en cuanto a las muestras se consideró 2390 gr de muestra patrón para realizar los ensayos requeridos. Los instrumentos que se emplearon fueron las fichas y cuaderno de obra para anotar el número de calicata, profundidad y cantidad de muestra a extraer. Finalmente, en los resultados tenemos al ensayo de CBR que aumentó en un 378.92%, también tenemos el ensayo de índice de plasticidad reduciéndolo hasta un 0%. Se concluye que la escoria de acero es un aditivo sumamente efectivo para mejorar la subrasante de suelos de arcilla caolinita. La muestra que mejor resultado dio es la dosificación de 25% de

¹² (Jiménez, y otros, 2019 pág. 249)

¹³ (Goñas Labajos, y otros, 2020 pág. 30)

escoria de acero y 75% de muestra acilla caolinita ya que aumentó significativamente el CBR y la densidad máxima seca.¹⁴

Residuos orgánicos es un material descompuesto que es muy proveniente de diferentes especies de flora y fauna, ya sea sobras de cualquier producto o desechos.¹⁵

Residuos orgánicos son productos derivados de producción y consumo, que no llegaron a un valor económico.¹⁶

El Aditivo Estabilizador se emplea materiales orgánicos o de granulometría muy finas y esto debe ser capaz de mezclarse tanto íntima como homogéneamente con el suelo con la finalidad de tener un mejor tratamiento ya que deberá presentar mejores propiedades de resistencia.¹⁷

La ceniza es un término analítico al residuo inorgánico, extra yente al calcinar una materia orgánica esto causa una pérdida de volatilización, por lo cual no tienen las mismas sustancias de lo que tenía antes de ser calcinado.¹⁸

La cáscara de arroz es un desecho muy importante producido por el arroz con una consistencia quebradiza, abrasiva con una densidad baja, obteniendo así varios componentes químicos tales como el Sílice. La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral¹⁹

La cascarilla de arroz es un subproducto naciente de la molienda del grano de arroz que proviene de los campos de cultivo.²⁰

El arroz es un cereal que está incluido en la base alimenticia del ser humano, es cultivado y utilizado a nivel mundial mayormente comestible en Asia y Sudamérica.²¹

El bagazo es una biomasa residual perteneciente de la caña de azúcar, es renovable por lo que se puede cultivar, sus factores de las propiedades de bagazo como

¹⁴ (Ospina Garcia, y otros, 2020 pág. 185)

¹⁵ (Ambiental, 2017 pág. 41)

¹⁶ (Navarro, y otros, 1995 pág. 11)

¹⁷ (NORMA CE.020, 2012 pág. 3)

¹⁸ (LABORATORIO DE ALIMENTOS UNAM, 2008 pág. 6)

¹⁹ (ORINOQUIA, 2010 pág. 25)

²⁰ (Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, 2013)

²¹ (MAPFRE, 2021)

combustible pueden variar como su humedad de 45% a 55%, las cenizas de 1.5% a 8% y el de 1% a 2.5%.²²

La caña de azúcar proporciona sacarosa para la azúcar blanco y moreno, se puede extraer el bagazo, también se puede extraer compost agrícolas, vinazas, ceras, fibras, etc.²³

El azúcar es un producto utilizado en mayormente en las bebidas y comida a nivel mundial, es extraído de la caña de azúcar.²⁴

El Terrasil es un producto de última generación compuesto al 100% por organozilanos, capaz de rechazar el agua, elimina el hinchazón y absorción del suelo, que brinda mejores beneficios como aumento de valores del CBR, consigue mejores características hidrófobas.²⁵

Es un estabilizante de suelos basado en la nanotecnología con fines de incrementar el CBR, reduce los efectos de la erosión, elimina el índice de plasticidad, etc.²⁶

El Terrasil es un aditivo químico que tiene como beneficio reducir la permeabilidad, mantener los valores de CBR en seco y tiene un control en la erosión de suelo, taludes y bermas.²⁷

Según la norma CE 020 Suelos y taludes. Estabilización está definido como un proceso físico o químico que nos permite mejorar la resistencia del suelo.²⁸

Para la Norma MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos. Para encontrar las características físicas y mecánicas de los materiales de la subrasante se realizarán excavaciones de las calicatas con una profundidad mínima de 1.5 metros. A continuación, se detallará el número mínimo de calicatas por kilómetro

²² (MANSO, y otros, 2017 pág. 1)

²³ (INFOAGRO, 2011)

²⁴ (ESCALANTE, 2018)

²⁵ (OPTIMASOIL, 2014)

²⁶ (BREM S.A.C., 2015)

²⁷ (ECOROAD S.A.C., 2021)

²⁸ (CE.020 SUELOS Y TALUDES, 2012 pág. 2)

TABLA N° 1. Numero de calicatas para la exploración de suelos

| Tipo de Carretera | Profundidad (m) | Número mínimo de Calicatas | Observación |
|---|--|--|--|
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido | Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada |
| Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido | |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles. | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km | Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada |
| Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles. | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km | |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles. | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km | |
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada. | 1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km | |

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

Fuente: Norma MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos

Para la Norma MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos. Define a la estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos que sigue un proceso mecánico que usaran productos químicos naturales o sintéticos. Estas estabilizaciones generalmente se realizan en las subrasantes inadecuadas o pobres. Y también estas estabilizaciones se les conoce como suelo cemento, suelo cal entre otros. A diferencia que cuando se estabiliza una subbase o base granular se le conoce como base o subbase granular tratada. Los criterios geotécnicos para la estabilización se suelos indica que la capa de la subrasante de suelos es buna o apta, cuando tiene un CBR mayor o igual al 6% si el CBR es mejor al 6% la subrasante debe ser estabilizada ya que el contiene un suelo inadecuado o un suelo pobre ²⁹

²⁹ (MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos, 2014 pág. 92)

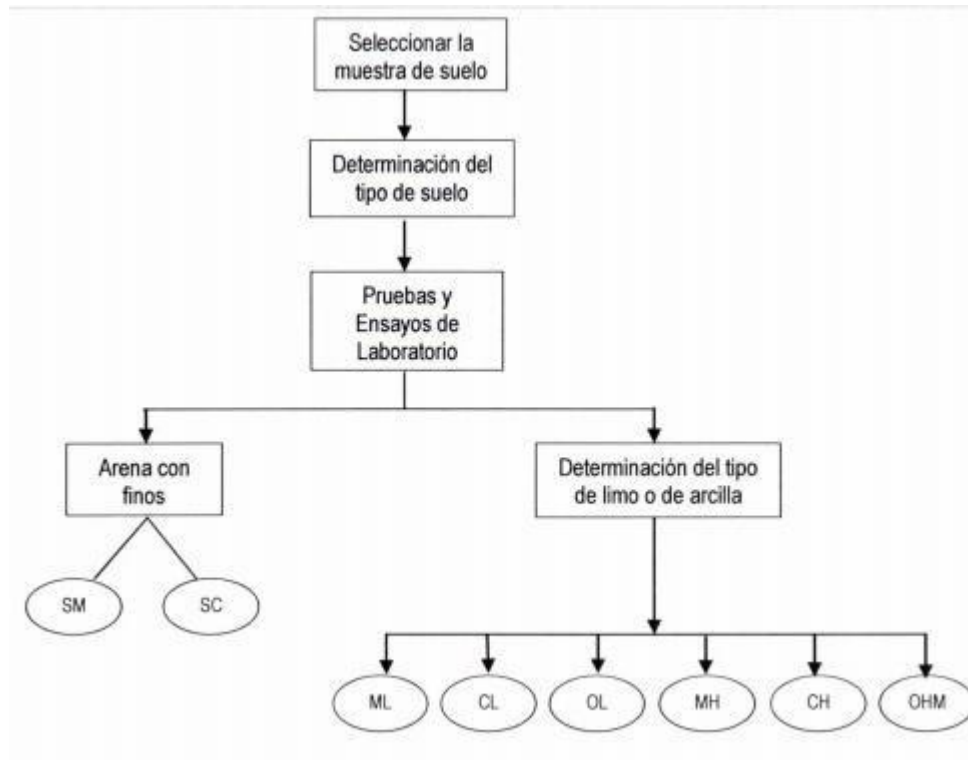


FIGURA N°2. Proceso para la identificación del tipo de suelo

Fuente: Norma MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos

Factores a considerar para la estabilización adecuada

- a) Tipo de suelo a estabilizar
- b) Uso propuesto de suelo estabilizado
- c) Tipo de aditivo estabilizador de suelos
- d) Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
- e) Disponibilidad de tipo de aditivo estabilizador
- f) Disponibilidad de equipo adecuado
- g) Costos comparativos

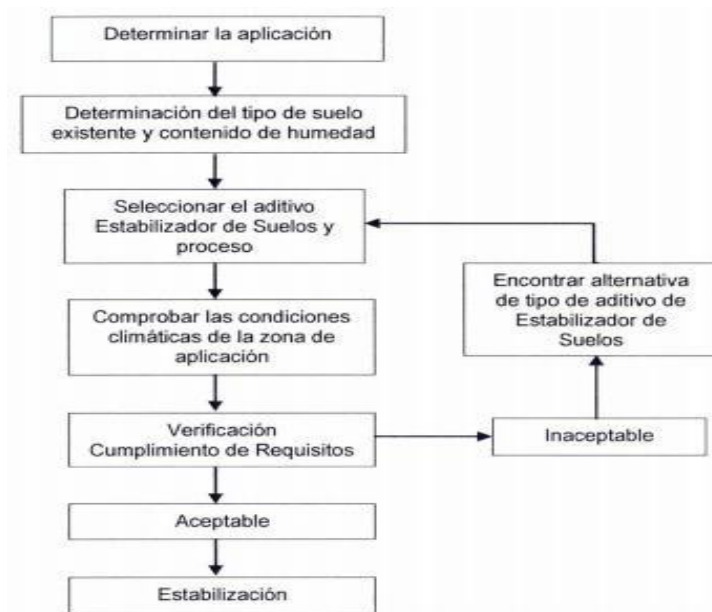


FIGURA N°3. Proceso de estabilización de tipo de selección

Fuente: Norma MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos

TABLA N° 2. Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador

| Área | Clase de suelo | Tipo de Estabilizador Recomendado | Restricción en LL e IP del suelo | Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200 | Observaciones |
|------|--|-----------------------------------|----------------------------------|--|---------------|
| 1 A | SW o SP | (1) Asfalto | | | |
| | | (2) Cemento Portland | | | |
| | | (3) Cal-Cemento-Cenizas volantes | IP no excede de 25 | | |
| 1 B | SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC | (1) Asfalto | IP no excede de 10 | | |
| | | (2) Cemento Portland | IP no excede de 30 | | |
| | | (3) Cal | IP no menor de 12 | | |
| | | (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes | IP no excede de 25 | | |
| 1 C | SM o SC o SM-SC | (1) Asfalto | IP no excede de 10 | No debe exceder el 30% en peso | |
| | | (2) Cemento Portland | (b) | | |
| | | (3) Cal | IP no menor de 12 | | |
| | | (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes | IP no excede de 25 | | |

| | | | | | | |
|---|--|-----|--|--|------------------------------------|--|
| 2 A | GW o GP | (1) | Asfalto | | | Solamente material bien graduado. |
| | | (2) | Cemento Portland | | | El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4. |
| | | (3) | Cal-Cemento-Cenizas volantes | IP no excede de 25 | | |
| 2B | GW - GM o GP - GM o GW - GC o GP-GC | (1) | Asfalto | IP no excede de 10 | | Solamente material bien graduado. |
| | | (2) | Cemento Portland | IP no excede de 30 | | El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4. |
| | | (3) | Cal | IP no menor de 12 | | |
| | | (4) | Cal-Cemento-Cenizas volantes | IP no excede de 25 | | |
| 2C | GM o GC o GM - GC | (1) | Asfalto | IP no excede de 10 | No debe exceder el 30% en peso | Solamente material bien graduado. |
| | | (2) | Cemento Portland | (b) | | El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4. |
| | | (3) | Cal | IP no menor de 12 | | |
| | | (4) | Cal-Cemento-Ceniza | IP no excede de 25 | | |
| 3 | CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL | (1) | Cemento Portland | LL no menor de 40 IP no menor de 20 | | Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios |
| | | (2) | Cal | IP no menor de 12 | | |
| IP = Índice Plástico (b) $IP = 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la Malla N° 200}) / 4$ | | | Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador | | Fuente: US Army Corps of Engineers | |

Fuente: Norma MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos

Para la norma CE 020 Suelos y taludes. La estabilización de suelos mediante métodos químicos solo se aplicará cuando el suelo o terrenos no cumpla con los requisitos mínimos de resistencia o deformaciones en obras de ingeniería civil. o este no pueda ser eliminado o remplazado por otro. En este método tenemos: la Estabilización con cal, estabilización con cemento, estabilización con asfalto en to otras más que nos sirven como referencias³⁰

Para la norma CE 020 Suelos y taludes. Las estabilizaciones de suelos mediante métodos físicos se realizan con adecuados equipos mecánicos de compactación para optimizar el rendimiento en la ejecución de la obra, dicho equipo será

³⁰ (CE.020 SUELOS Y TALUDES, 2012 pág. 3)

establecido por el profesional responsable. En este método tenemos a la estabilización por compactación³¹

Para Sans el objetivo del ensayo Proctor modificado es determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca para una mejor compactación de una energía dada. Procedimiento para el Proctor modificado en laboratorio. Este cuenta con un con un molde o envase de 6 pulgadas de diámetro en la parte exterior, igualmente con una altura 6 de pulgadas, posteriormente se procederá a realizar la compactación esto se hará en 5 capas, cada capa tendrá un diámetro de 2.5 cm de espesor y 25 golpes por cada capa con un compactador que tiene un peso de 10 libras. Lo cual se dejará caer desde una altura de 18 pulgadas.³²

TABLA N° 3. Materiales que se usan para el ensayo Proctor estándar y modificado

$E = (N \cdot n \cdot P \cdot h) / V$
 Donde:
 E = Energía de compactación
 N = Número de golpes por capa
 n = Número de capas de suelo
 P = Peso del pisón
 h = Altura de caída libre del pisón
 V = Volumen de suelo compactado

| Ensayo | Proctor Estándar | Proctor Modificado |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Norma | NTP-339.142 | NTP-339.141 |
| Energía de Compactación | 12,300 Lb.ft/ft ³ | 56,250 Lb.ft/ft ³ . |
| Peso del martillo | 5.5 lb | 10 lb |
| Altura de caída del martillo | 12 pulgadas | 18 pulgadas |
| Número de golpes por capas | depende del molde | depende del molde |
| Número de capas | 3 | 5 |
| volumen del molde cm ³ | depende del método de prueba | depende del método de prueba |

Fuente: CE 020 Estabilización de suelos y taludes

Para Das, el objetivo Proctor modificado usados en laboratorios nos permite determinar optimo contenido de humedad en relación al peso unitarios de suelo seco (Curva de compactación), la muestra se compactará en un molde de 4 o 6 pulgadas de diámetro, el pisón consta de lbf que se deja caer desde una altura de 18 pulgadas generándose una energía de compactación de 56000 lb pie/pie³ (2 700 kn m/m³).

³¹ (CE.020 SUELOS Y TALUDES, 2012)

³² (SANS Llanos, 1975 pág. 41)

Este ensayo se realizará a suelos que contenga material igual o menor a 30% de peso retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ de pulgada³³

Aparatos

- Ensamblaje de molde
- Molde de 4 o 6 pulgadas
- Pisón o martillo
- Balanza horno de secado
- Regla
- Tamices o mallas
- Herramientas de mezcla

Según el manual de ensayos de materiales el Proctor modificado es un ensayo utilizado para la compactación de suelos este ensayo se realiza en laboratorio y se usa una energía modificada de (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).³⁴

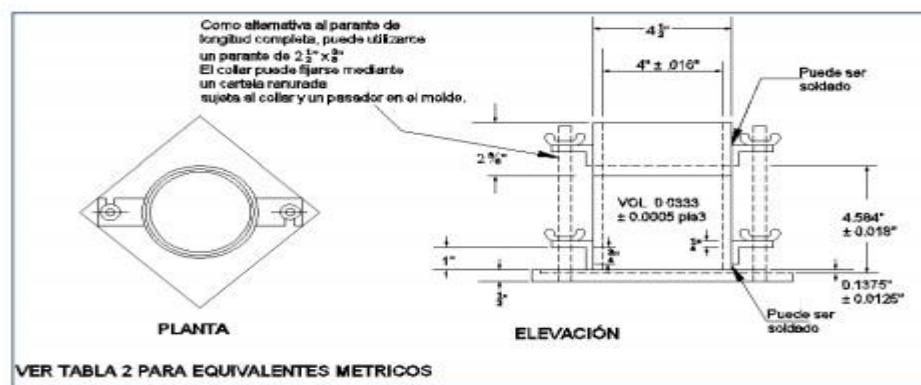


FIGURA N°4. Molde cilíndrico de 4,0 pulgadas

Fuente: elaborado por manual de materiales Proctor modificado

³³ (DAS, 2014 pág. 90)

³⁴ (MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016 pág. 105)

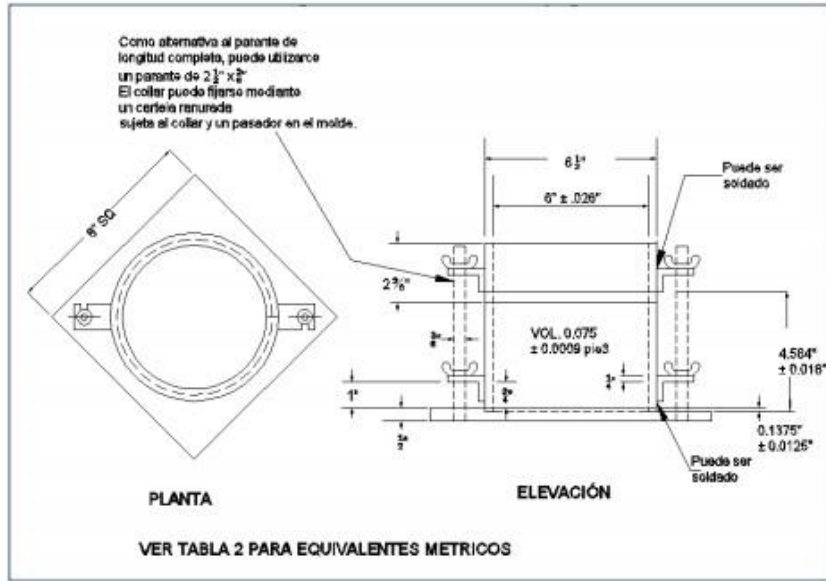


FIGURA N°5. Molde cilíndrico de 6,0 pulgadas.

Fuente: Elaborado por manual de materiales Proctor modificado

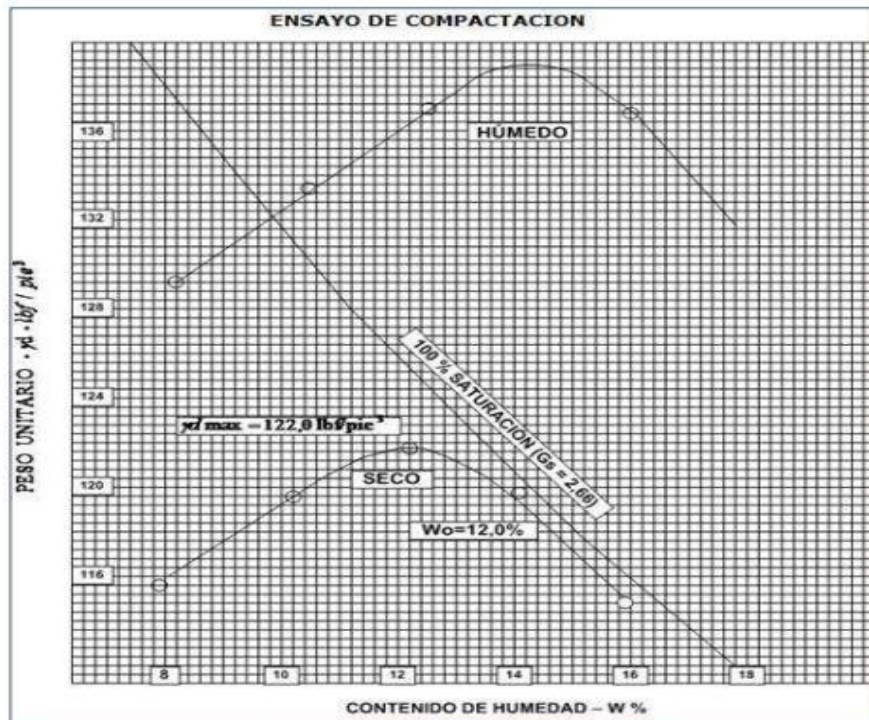


FIGURA N°6. Ejemplo de gráfico de curva de compactación

Fuente: Elaborado por manual de materiales Proctor modificado

Según la norma técnica peruana (N.T.P) El contenido de humedad es el peso de agua obtenida de una muestra o suelo seco al peso de las partículas y esta expresado en porcentajes. Se hallar el peso de agua eliminada. Secando la muestra o suelo húmedo en un horno a una temperatura de 110°C° más mes 5°C°. la pérdida de peso debido al secado es el peso del agua³⁵

Según Martines el contenido de humedad expresa la cantidad de agua en un material sólido [...] el término humedad se utiliza para describir cuan húmedo es un material o sustancia. Gran parte de los materiales solidos estas formados por suelo seco y agua es por ello que la masa total sería la masa seca más la masa de agua.³⁶

Para el M.T.C. E 215 el contenido de humedad se halla a través del secado de la muestra, las partículas de los agregados mayores a 50 mm deberán secarse más tiempo para que desaparezca la humedad del interior de la partícula hasta la superficie³⁷

Huerta en su artículo afirma que la densidad es la propiedad que posee cualquier fluido o líquido y se define como la masa por unidad de volumen³⁸

En la web Green fast, define a la densidad como una relación entre el peso de una sustancia y su volumen que ocupa dicha sustancia³⁹

El A.S.T.M. D1557, define a la densidad máxima seca como la relación entre el contenido de humedad y la densidad de esta al ser expuestos a una variación a trabajos mecánicos externos⁴⁰

³⁵ (NORMA TÉCNICA PERUANA 329. 127 , 2014 pág. 2)

³⁶ (MARTINES, 2010 pág. 2)

³⁷ (M.T.C E 215, 2016 pág. 361)

³⁸ (HUERTA, 2021 pág. 6)

³⁹ (Green facts , 2021)

⁴⁰ (EI A.S.T.M. D1557 , 2000)

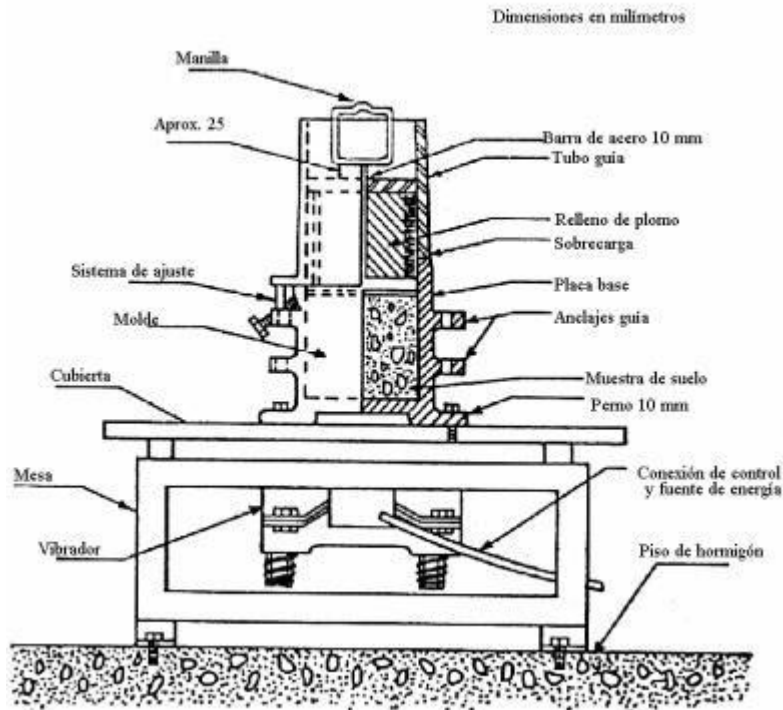


FIGURA N°7. Molde cilíndrico 4,00 pulgadas.

Fuente: Elaborado por manual de materiales Proctor modificado

TABLA N° 4. Determinación de la densidad máxima

| Determinación de la densidad máxima | | |
|--|---|---|
| Método : vía seca - vía húmeda | | |
| Espesor de la placa de sobrecarga (cm) = | | |
| Muestra N° | 1 | 2 |
| Promedio de lecturas de diales iniciales | | |
| Promedio de lecturas de diales finales | | |
| Area del molde | | |
| Volumen del molde | | |
| Peso del suelo vibrado (sólo vía seca) | | |
| Peso del suelo vibrado y seco (sólo vía húmeda) | | |
| Densidad máxima seca (vía) (grs / cm ³) | | |

Fuente: Elaborado por manual de materiales Proctor modificado

Para Quintana y Lizcano el CBR (Californian Bearing Ratio) sirve para determinar la calidad del material del suelo en función a su resistencia, el CBR es un ensayo que,

si su valor está por debajo de 6% el terreno necesita ser estabilizado o mejorado, pero si su valor esta igual o por encima de 6% este terreno se considera regular⁴¹

TABLA N° 5. Categorías de sub-rasante

| CATEGORIAS DE SUBRASANTE | CBR |
|---|-----------------|
| S ₀ : Sub-rasante inadecuada | CBR < 3% |
| S ₁ : Sub-rasante insuficiente | 3% ≤ CBR < 6% |
| S ₂ : Sub-rasante regular | 6% ≤ CBR < 10% |
| S ₃ : Sub-rasante buena | 10% ≤ CBR < 20% |
| S ₄ : Sub-rasante muy buena | 20% ≤ CBR < 30% |
| S ₅ : Sub-rasante excelente | CBR ≥ 30% |

Fuente: MTC E-132

Para la NTP (Norma Técnica Peruana) 339.145. El objetivo del ensayo CBR es determina o evaluar la resistencia de los materiales cohesivos, la muestra que se usara tiene que tener una graduación de los materiales que pasen por el tamiz de 19.00mm ¾ de pulgada y más del 75% del peso que pasan por dicho tamiz, si la muestra retenida en el tamiz ¾ de pulga es mayor a 25% en peso. Este material se cambia con otra muestra igual en peso que se encuentra entre los tamices ¾ de pulga y N° 4.⁴²

Aparatos para el ensayo del CBR

- Máquina de carga:
- Molde
- Disco espaciador
- Apisonador
- Aparato para medir la expansión
- Pesas pistón de penetración

Para el MTC E-132, el CBR de suelos (laboratorio) su objetivo es determinar el índice de resistencia de los suelos, este índice se usa para para evaluar la capacidad de soporte de la sub-rasante, sub base y afirmado o material de base. los ensayos para

⁴¹ (RONDON, y otros, 2015 pág. 380)

⁴² (NTP 139.145 pág. 18)

determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

Equipos que se utilizan en el laboratorio⁴³

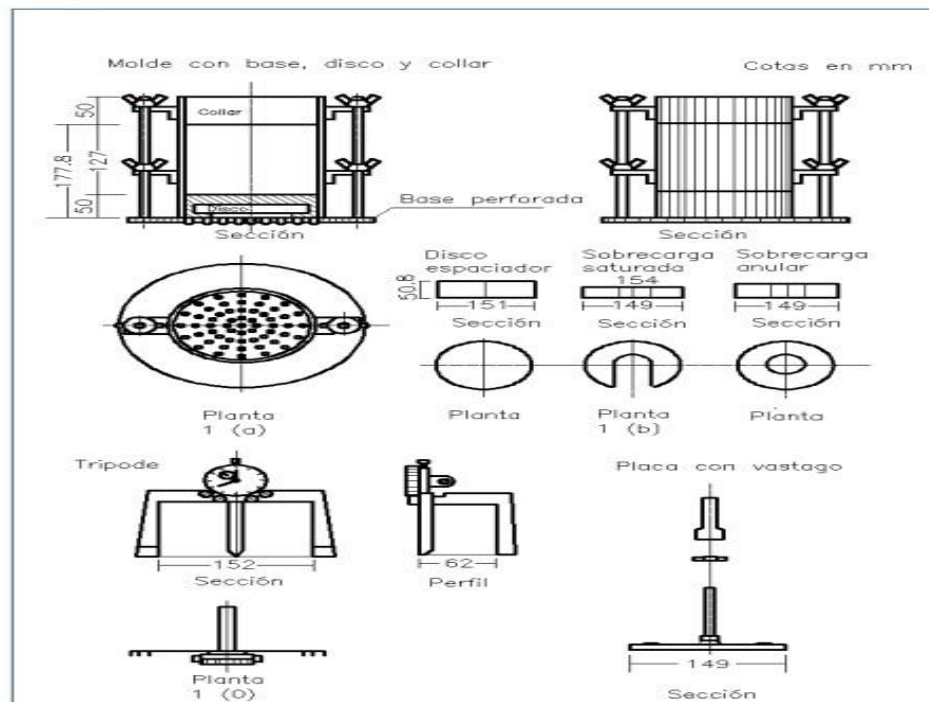


FIGURA N°8. Equipos utilizados para el ensayo Proctor modificado.

Fuente: Elaborado por MTC E-132

El porcentaje también conocido como el tanto por cien de algo, esta es una fracción que equivale a una cantidad determinada de cada 100.⁴⁴

Un suelo expansivo es un efecto ocasionado a cualquier suelo o material rocoso, estos suelos en condiciones de humedad suelen aparecer cambios de hinchazón o encogimiento. Estos suelos expansivos no es el causante de variedades de problemas a menos que se construya alguna estructura sobre ella y esta sea dañada inadecuadamente.⁴⁵

El suelo es un material mineral y orgánico, que se ha formado por la desintegración de las rocas a través del tiempo por las acciones de los micro o macro organismos y entre otros factores como son el viento y el agua y/o factores climáticos.⁴⁶

⁴³ (MANUAL DE ESAYO DE MATERIALES, 2016 pág. 72)

⁴⁴ (VARELA, 2019)

⁴⁵ (MÉNDEZ S., y otros, 2015 pág. 7)

⁴⁶ (Ministerio de Agricultura y Riego., 2015)

La resistencia es parte de los elementos estructurales que son capas de aguantar los esfuerzos a la cual están sometidos sin romper⁴⁷.

La sub-rasante es un nivel superior del movimiento de tierra, cuando este haya sido finalizado respecto al proyecto integrado, se construirá sobre este mismo la estructura del pavimento que esté compuesto por su sub-base, base y carpeta asfáltica.⁴⁸

Resistencia de la sub-rasante se detalla mayormente en los ensayos de campo o laboratorio y esto varia con respecto al tipo de suelo. El ensayo de impacto que cuenta con un equipo denominado difractor de impacto, es mayormente utilizado para obtener una vasta de información, ya que es una tecnología no destructiva.

Para Crespo. El límite líquido se caracteriza como el contenido de humedad en función al peso seco de la muestra, así cambiando de estado de líquido a plástico. el límite líquido contiene una pequeña resistencia de suelos plástico con respecto al esfuerzo cortante. Para realizar el ensayo del límite líquido primero colocamos la muestra húmeda en la copa de Casagrande para posteriormente dividirlo en dos partes con el acanalador siguiendo el proceso se pasa a realizar los respectivos golpes para cerrar la ranura de la muestra.⁴⁹

Según la Norma Técnica Peruana (N.T.P.) el límite líquido es el contenido de humedad que esta expresado en porcentajes. El cual este se encuentra al momento de cerrarse la ranura de ½ pulgas cuando se deja caer la cosa por 25 veces con una altura de 1 cm a razón de 2 caídas pro segundo.⁵⁰

Para el MTC E 110 el límite líquido está definido como el contenido de humedad y expresado en porcentajes donde el LL se encuentra en el límite entre los estados sólidos y líquidos. Se le considera el contenido de humedad al cual la muestra preparada está dividida por un surco de ½ pulgada el cual se va cerrando al momento de dejar caer la copa 25 veces con una altura de 1 cm a razón de 2 caídas por segundo.⁵¹

⁴⁷ (TORRES, 2014 pág. 25)

⁴⁸ (MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos, 2014)

⁴⁹ (CRESPO Villalaz, 2004 pág. 70)

⁵⁰ (NTP 339. 129, 2014 pág. 3)

⁵¹ (MTC E 110 pág. 67)

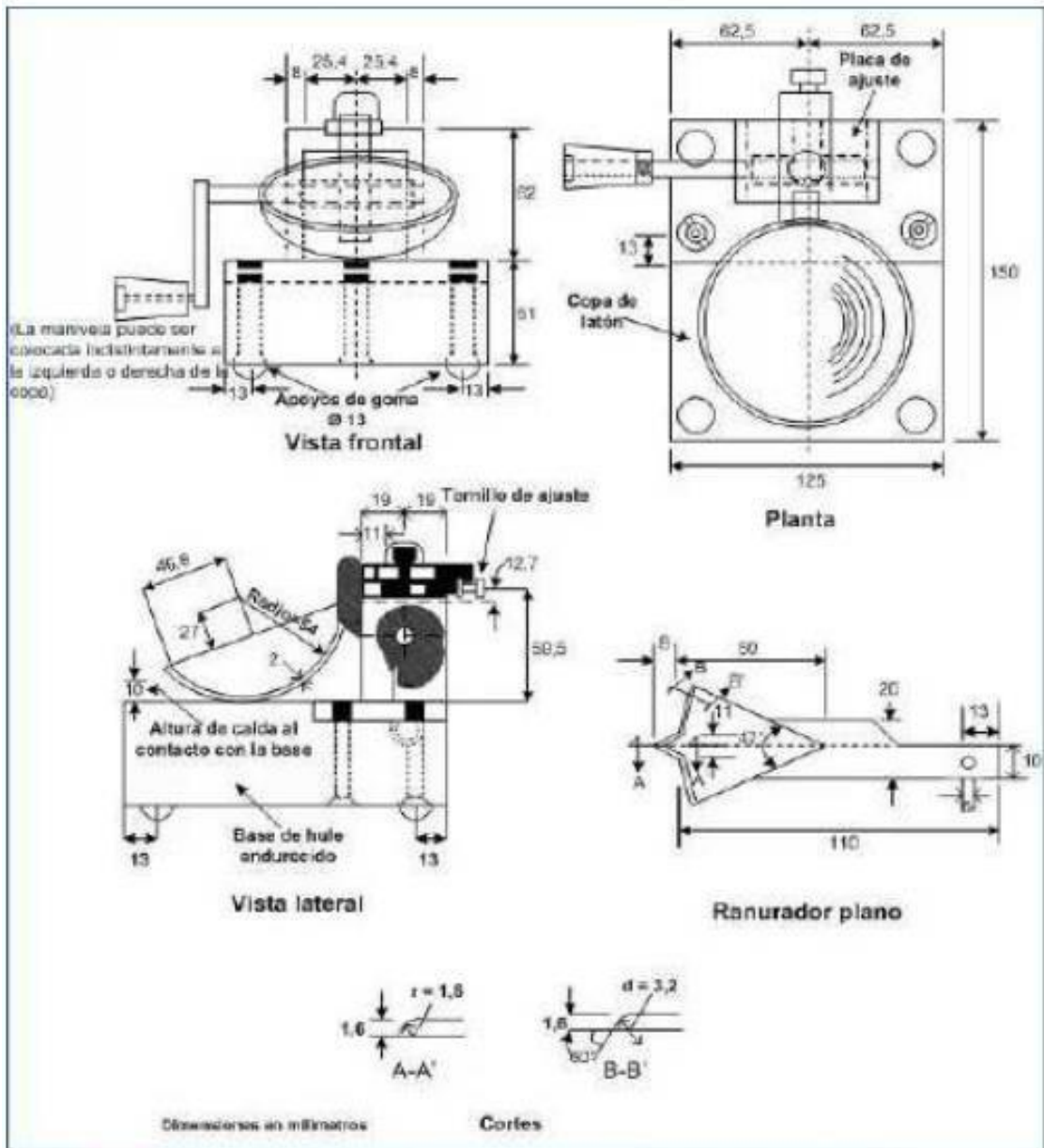


FIGURA N°9. Aparato manual para límite líquido.

Fuente: Elaborado por MTC E 110



FIGURA N°10. Muestreo del suelo antes y después de la prueba.

Fuente: Elaborado por MTC E 110

Fórmulas para el límite líquido

Donde:

N = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad

W^2 = Contenido de humedad del suelo

K = Factor dado en la tabla A1

TABLA N° 6. Relación número de golpes con el facto para el límite líquido

Tabla A -1

| N (Numero de golpes) | K (Factor para límite líquido) |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| 20 | 0,974 |
| 21 | 0,979 |
| 22 | 0,985 |
| 23 | 0,990 |
| 24 | 0,995 |
| 25 | 1,000 |
| 26 | 1,005 |
| 27 | 1,009 |
| 28 | 1,014 |
| 29 | 1,018 |
| 30 | 1,022 |

Fuente: Elaborado por MTC E 110

Para Crespo el Límite plástico está definido como el contenido de humedad que se expresa en porcentajes respecto al peso del suelo secado en horno. por lo general para realizar el ensayo del límite plástico se usa el material sobrante que se preparó para el límite líquido con una muestra aproximadamente de 20 gr, luego se amasa la muestra hasta que disminuya su humedad formando rollitos o forma de cilindros pequeños hasta que se pueda enrollar sobre la placa de vidrio sin que se pegue en las manos, tenemos que enrollar hasta que estos tengan un diámetro de 1/8 de pulgada. El ensayo debe continuar hasta que los rollitos se cuarteen o empiecen a rajarse y desmoronarse luego estos se colocan en un recipiente para ser secado en la estufa para hallar el contenido de humedad.⁵²

Para la Norma Técnica Peruana (N.T.P) El límite líquido es el contenido de humedad que su valor numérico se encuentra expresado en porcentaje. Donde la el suelo o la muestra se encuentran en estados entre estado plástico y semi sólido.⁵³

Según el manual de ensayos de materiales el límite plástico lo define como la humedad más baja con la que es capaz de formarse barrita de suelo de 1/8 de pulgada sobre un vidrio templado, sin que este se agriete o desmoronen

TABLA N° 7. Tabla de estimados de precisión

| Índice de precisión y tipo de ensayo | Desviación Estándar | Rango Aceptable de dos resultados |
|--|---------------------|-----------------------------------|
| Precisión de un operador simple | | |
| Límite Plástico | 0,9 | 2,6 |
| Precisión Multilaboratorio | | |
| Límite Plástico | 3,7 | 10,6 |

Fuente: Elaborado por el manual de ensayos de materiales

El límite plástico está expresado en porcentajes de humedad y casi siempre se aproxima a un número entero.⁵⁴

⁵² (CRESPO Villalaz, 2004 pág. 76)

⁵³ (NTP 139.145 pág. 3)

⁵⁴ (MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016 pág. 73)

Para Sanz el índice de plasticidad (Id) es muy importante ya que nos permite conocer o clasificar los suelos. Un índice de plasticidad alto nos indica que es un suelo muy arcilloso y un índice de plasticidad bajo indica que el suelo es poco arcilloso.

I.P. > 20 Suelos muy arcillosos

I.P. > 10 Suelos arcillosos

I.P. < 4 Suelos poco arcillosos

I.P. = 0 Suelos carecen de arcillas

Los límites de atterberg e índice de plasticidad existen solo en suelos finos de plasticidad que están por debajo de 20 micras. Sin embargo, aún existen quienes usan el I.P. en suelos que no son necesarios o que no satisfacen esta condición. Diciendo que el IP es igual a 0 o nulo.⁵⁵

Según el manual de ensayos de materiales el índice de plasticidad es la diferencia del límite líquido y el límite plástico. Si por alguna razón no se puede determinar el LL y el LP el índice de plasticidad se colocará la abreviatura NP que significa (no plástico). Por otro lado, si el límite plástico es igual o excede el valor del límite líquido igualmente no se tendrá un Límite plástico y se colocará la abreviatura NP (no plástico)⁵⁶

Formula del índice de plasticidad (I.P.)

Donde:

L.L. = Límite líquido

L.P. = Límite plástico

I.P.= Límite plástico

L.L Y L.P., son números enteros

⁵⁵ (SANS Llanos, 1975 pág. 38)

⁵⁶ (MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016 pág. 73)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es de tipo Aplicada busca averiguar para así actuar, construir y modificar; esto preocupa la aplicación rápida sobre la realidad concreta, en esta investigación se realiza para conocer la realidad ya sea en cualquier clase de su ámbito, y planificar soluciones reales y factibles al problema explorado.⁵⁷

En esta investigación se realiza para conocer la realidad ya sea en cualquier clase de su ámbito, y planificar soluciones reales y factibles al problema explorado.

Diseño de investigación: Diseño experimental: se refiere a un término de experimentos donde las variables son manipuladas intencionalmente en la cual la variable independiente es la causa y la variable dependiente es el efecto.⁵⁸

Es diseño experimental, por lo que en nuestra investigación se da a conocer la utilidad de nuestras variables (Dependiente e Independiente).

Nivel de investigación: Investigación Explicativa se centra en identificar la razón por la que ocurre un fenómeno determinado, para así implantar en que condición se encuentra este, y por qué la relación de dos o más variables.⁵⁹

Es explicativo, ya que en nuestra investigación las dos variables tienen una relación de causa y efecto,

Enfoque de investigación: Enfoque cuantitativo trabaja junto a la recolección de datos experimentar las hipótesis en base a una medición numérica y estadística con el objetivo de probar teorías.⁶⁰

Es cuantitativo ya que los resultados lo determinamos en porcentajes.

3.2. Variables y Operacionalización

La variable es aplicada en seres vivos, objeto y hechos en las cuales obtiene variedades de valores en relación a una variable determinada. Ejemplo: la persona se puede clasificar de acuerdo a su inteligencia, no todos pueden tener el mismo nivel de inteligencia, es decir varias su inteligencia.⁶¹

⁵⁷ (VALDERRAMA, 2015 pág. 38)

⁵⁸ (HERNANDEZ, 2014 pág. 129)

⁵⁹ (VALDERRAMA, 2015 pág. 38)

⁶⁰ (HERNANDEZ, 2014 pág. 4)

⁶¹ (HERNANDEZ, 2014 pág. 105)

La operacionalización es una agrupación entre métodos y actividades en la cual se desarrolla para mensurar una variable.⁶²

Variable independiente: Cenizas de residuos orgánicos y un aditivo químico

Variable dependiente: Estabilización de la subrasante

3.3. Población, muestra y muestreo

Según Hernández la población es un grupo o conjunto de cosas que tienen relación entre sí.⁶³ En esta investigación la población es 1.50 kilómetro de la avenida Cordillera Occidental del distrito de Chorrillos.

Para Hernández la muestra es un subconjunto, parte o cantidad pequeña pero representativa de la población o universo del cual se extraigan los datos.⁶⁴ Para nuestra investigación la muestra que se tomó es 848.50 metros de la avenida Cordillera Occidental del distrito de Chorrillos.

El muestreo es un proceso o método que tenemos que seguir para poder seleccionar los elementos de la muestra que deben ser representativos de la población. Según Valderrama Consiste en una serie de procedimientos y criterios para poder obtener los componentes de la población.

Muestreo probabilístico:

- Muestreo aleatorio simple
- Muestreo sistemático
- Muestreo estratificado
- Muestreo por conglomerados

Muestro no probabilístico

- Muestreo por cuotas
- Muestreo intencional o de conveniencia
- Muestreo bolo de nieve⁶⁵

⁶² (HERNANDEZ, 2014 pág. 120)

⁶³ (HERNANDEZ, 2014 pág. 174)

⁶⁴ (HERNANDEZ, 2014 pág. 171)

⁶⁵ (VALDERRAMA, 2015 pág. 188)

En esta investigación se hará uso del muestreo no probabilístico intencional o de conveniencia. Ya que la muestra o los componentes no dependen de la probabilidad si no del propósito del investigador o grupo de investigadores. también de las características de la investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para Valderrama recolectar datos implica preparar un plan que nos permita recolectar la información con un propósito específico.

Fuentes primarias:

- Observación y encuestas

Fuentes secundarias

- Bibliotecas, tesis y hemerotecas: ⁶⁶

En esta investigación se utilizó la técnica de la observación.

Para Valderrama los instrumentos de recolección de datos son los medios materiales que utilizamos para la juntar reunir o almacenar la información [...] pueden ser formularios listos de chequeos, inventarios fichas de investigación entre otros.⁶⁷

En esta investigación para la recolección de datos se utilizarán los instrumentos de fichas de investigación con la finalidad de obtener y recopilar todos los datos en decampo para optimizar la trabajabilidad.

3.5. Procedimientos

Primeramente, se realizó un recorrido en toda la avenida Cordillera Occidental – Chorrillos. Para posteriormente realizar los estudios de mecánica de suelos con fines de pavimentación que geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM:

➤ Punto de Inicio del Tramo 18 L 283082.12 E; 8650726.26 N

➤ Punto de final del Tramo 18 L 282456.99 E; 8651308.12 N

se realizaron 3 calicatas que se encuentran ubicados a cada 350 metros aproximadamente en la avenida Cordillera occidental – Chorrillos, las dimensiones

⁶⁶ (VALDERRAMA, 2015 pág. 194)

⁶⁷ (VALDERRAMA, 2015 pág. 195)

de las calicatas es de 1m x 1m x 1.50m de profundidad. Las muestras extraídas fueron de 3 sacos con 70 kg por cada calicata.

Los ensayos que se realizaron fueron:

TABLA N° 8. Tabla de Ensayos para la calicata más critica

| Muestra patrón | | | | | | |
|----------------|-------------------------|---------|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------|
| CANTIDAD | | ENSAYOS | | Proctor modificado | C.B.R (California Bearing Ratio) | Índice de plasticidad |
| | | | | | | |
| Calicata 1 | Muestra 2 ^{da} | | | | | |
| Calicata 1 | Muestra 3 ^{ra} | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 9. Tabla de Ensayos con diferentes cantidades

| Calicata más crítica (C1) | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|------|---------|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------|
| CANTIDAD | | | ENSAYOS | | Proctor modificado | C.B.R (California Bearing Ratio) | Índice de plasticidad |
| | | | | | | | |
| 6% | 10% | | | | | | |
| Muestra 2 ^{da} | CCA | CBCA | | | | | |
| | 8% | 20% | | | | | |
| Muestra 3 ^{ra} | CCA | CBCA | | | | | |
| | 10% | 35% | | | | | |
| Aditivo químico | Muestra 1 ^{ra} | | 2% | | | | |
| | Muestra 2 ^{da} | | 4% | | | | |
| | Muestra 3 ^{ra} | | 7% | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Donde:

C.C.A: Cenizas de cascara de arroz

C.B.C.A: Cenizas de bagazo de caña de azúcar

Aditivo químico: Terrasil

3.6. Método de análisis de datos

En este proyecto para realizar el análisis de datos se utilizó el programa Excel 2020.

3.7. Aspectos éticos

Para este proyecto se revisó e investigó diferentes antecedentes los cuales tienen una relación con nuestras variables de estudio, y a través de ello se propone desarrollar y mejorar los conocimientos sobre el aditivo orgánico de cenizas de cascara de arroz y bagazo de caña de azúcar también sobre el aditivo químico terrasil. Estos aditivos se usarán como componentes para estabilizar la subrasante con suelos arenosos. Así mismo la información plasmada en este proyecto de investigación está citada conforme dicta el sistema ISO 690.

IV. RESULTADOS

CÁLCULOS:

Análisis granulométrico de suelos por tamizado NTP 339.128

TABLA N° 10. Datos del laboratorio de la calicata C – 01 ensayado con la muestra patrón.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| CALICATA | C - 01 | CÓDIGO DEL PROYECTO | EKV-0004 |
| MUESTRA | M - 01 | NÚMERO DE SOLICITUD | LEM2110002-01 |
| PROFUNDIDAD | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. (mm) | PESO RET. (g) |
|-----------|-------------|---------------|
| 3 in | 76.200 | 0.000 |
| 2 in | 50.800 | 0.000 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.000 |
| 1 in | 25.400 | 0.000 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.000 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.000 |
| N°. 4 | 4.750 | 0.500 |
| N°. 10 | 2.000 | 23.800 |
| N°. 20 | 0.841 | 21.600 |
| N°. 40 | 0.419 | 27.200 |
| N°. 60 | 0.250 | 43.500 |
| N°. 140 | 0.105 | 116.800 |
| N°. 200 | 0.074 | 56.700 |
| < N°. 200 | 0.074 | 38.900 |

TABLA N° 11. Fórmulas para el análisis granulométrico

| TAMIZ | ABERT. (mm) | PESO RET. (g) | % RET. PARC. | % QUE PASA |
|-------|----------------|----------------|------------------------|--|
| i | d _i | W _i | W _i /WT*100 | W' _i =100- W _i /WT*100 |
| i-1 | d(i-1) | W(i-1) | W(i-1) /WT*100 | W'(i-1) = W' _i - W(i-1) /WT*100 |
| i-3 | d(i-2) | W(i-2) | W(i-2) /WT*100 | W'(i-2) = W'(i-1)- W(i-2) /WT*100 |
| i-4 | d(i-3) | W(i-3) | W(i-3) /WT*100 | W'(i-3) = W'(i-2)- W(i-3) /WT*100 |
| - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - |
| Fondo | d(i-n) | W fondo | W fondo | 0 |

$$\Sigma = WT$$

$$\Sigma = 100\%$$

Calculando datos para graficar la curva granulométrica

TABLA N° 12. Tabla de datos para la curva granulométrica.

| TAMIZ | ABERT. (mm) | PESO RET. (g) | % RET. PARC. | % RET. AC. | % QUE PASA |
|-----------|-------------|---------------|--------------|------------|------------|
| 3 in | 76.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 2 in | 50.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 1 in | 25.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| N°. 4 | 4.750 | 0.500 | 0.152 | 0.152 | 99.848 |
| N°. 10 | 2.000 | 23.800 | 7.234 | 7.386 | 92.614 |
| N°. 20 | 0.841 | 21.600 | 6.565 | 13.951 | 86.049 |
| N°. 40 | 0.419 | 27.200 | 8.267 | 22.219 | 77.781 |
| N°. 60 | 0.250 | 43.500 | 13.222 | 35.441 | 64.559 |
| N°. 140 | 0.105 | 116.800 | 35.502 | 70.942 | 29.058 |
| N°. 200 | 0.074 | 56.700 | 17.234 | 88.176 | 11.824 |
| < N°. 200 | 0.074 | 38.900 | 11.824 | 100.000 | 0.000 |
| | WT= | 329.000 | | | |

Fuente: Elaboración propia

La curva granulométrica se construye con el diámetro de partículas (eje de las abscisas a una escala logarítmica) vs el % que pasa por los tamices (eje de las ordenadas a una escala lineal). Por lo tanto, la curva granulométrica tendrá una escala semilogarítmica

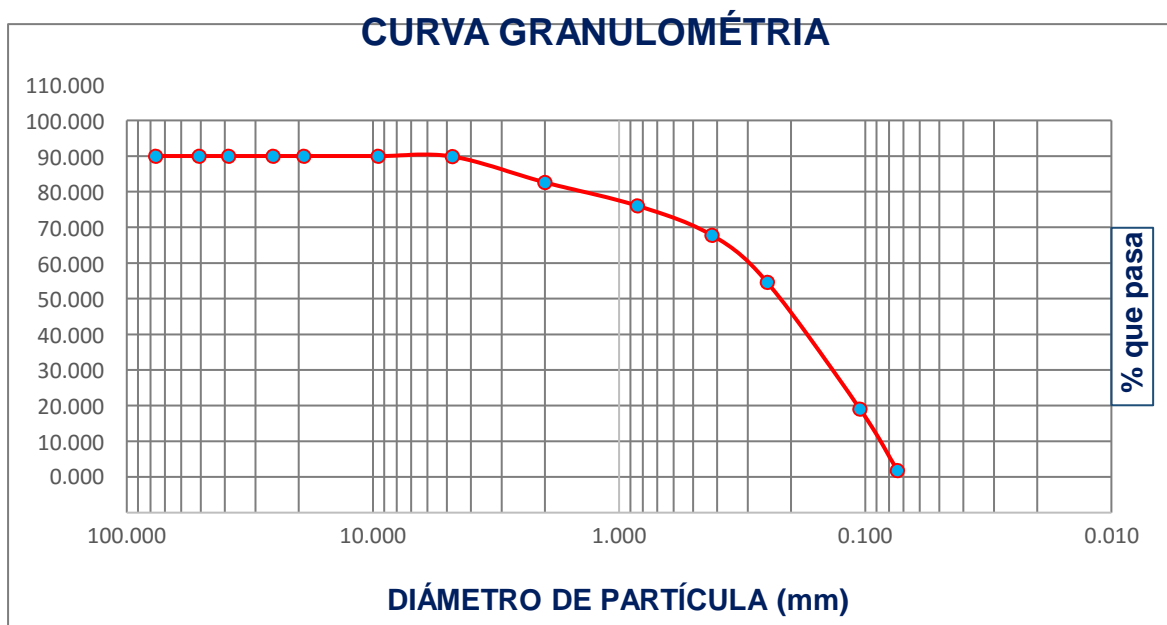


FIGURA N°11. Curva de compactación

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 13. Tamaño de las partículas.

| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|--------|---|---------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") | 0.00 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 14.80 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) | 0.20 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200) | 66.00 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 7.20 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm | 11.80 % |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 14. Descripción de la muestra.

| | |
|---------------------|------------|
| PESO TOTAL | 329.00gr |
| FRACCION | 0.303951gr |
| PESO FRACCION | 0.0 gr |
| FRACCION 2 | N/A % |
| GRAVA | 0.2 % |
| ARENA | 88.0 % |
| FINOS | 11.8 % |
| Tam. Máx. Partícula | 2 ln |
| D10 | 0.074 |
| D30 | 0.107 |
| D60 | 0.224 |
| Coef. Uniformidad | 3.02 |
| Coef. Curvatura | 0.70 |

Fuente: Elaboración propia

La fracción se pesa en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La sumatoria de las fracciones más el peso de la muestra inicial no debe diferir más del 1% (dato laboratorio).

$$100\% = 100\%$$

$$100\% = 100 - 99.848 = 0.2 \%$$

$$100\% = 100\%$$

$$100\% = 100 - 11.824$$

$$100\% = 100\%$$

$$100\% = 88.2 - 0.2 = 88\%$$

Calculando los diámetros efectivos D10, D30 Y D50

$$D_x = \left(\frac{D_2 - D_1}{L_2 - L_1} * (L_1 - L_2) \right) + D_1$$

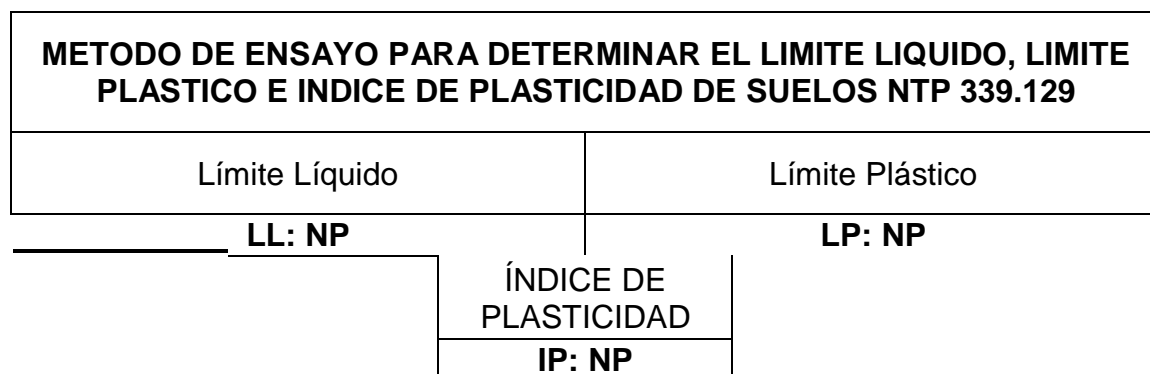
Coeficiente de uniformidad

$$U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Coeficiente de curvatura

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

TABLA N° 15. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos NTP 339.129.



Fuente: Elaboración propia

CLASIFICACIÓN DE SUELOS MEDIANTE EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.) NTP 339.134

TABLA N° 16. Tabla de datos y tamizados para la muestra patrón.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | |
|---|-----------------|---------------------|---------------|
| CALICATA | C - 01 | CÓDIGO DEL PROYECTO | EKV-0004 |
| MUESTRA | M - 01 | NÚMERO DE SOLICITUD | LEM2110002-01 |
| PROFUNDIDAD | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. (mm) | PESO RET. (g) | % RET. PARC. | % RET. AC. | % QUE PASA |
|--------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| 3 in | 76.200 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 2 in | 50.800 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 1 in | 25.400 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 100.000 |
| N°. 4 | 4.750 | 0.500 | 0.152 | 0.152 | 99.848 |
| N°. 10 | 2.000 | 23.800 | 7.234 | 7.386 | 92.614 |
| N°. 20 | 0.841 | 21.600 | 6.565 | 13.951 | 86.049 |
| N°. 40 | 0.419 | 27.200 | 8.267 | 22.219 | 77.781 |
| N°. 60 | 0.250 | 43.500 | 13.222 | 35.441 | 64.559 |
| N°. 140 | 0.105 | 116.800 | 35.502 | 70.942 | 29.058 |
| N°. 200 | 0.074 | 56.700 | 17.234 | 88.176 | 11.824 |
| < N°. 200 | 0.074 | 38.900 | 11.824 | 100.000 | 0.000 |
| | WT= | 329.000 | | | |

Fuente: Elaboración propia

1) Primeramente analizamos el porcentaje que pasa por el tamiz # 200 (0.075mm) de la muestra del suelo:

$$\begin{aligned} & \text{#200} > 50\% \\ & \text{#200} < 50\% \end{aligned}$$

Para la calicata – 01 el porcentaje pasante por el tamiz #200 de la muestra patrón es:

= % por lo tanto, el suelo que predomina es un suelo grueso

2) Al ser la muestra un suelo grueso, analizaremos la malla #4 (475mm)

$$\begin{aligned} & \text{#4} > 50\% \\ & \text{#4} < 50\% \end{aligned}$$

Para la calicata – 01 el porcentaje pasante por el tamiz # 4 de la muestra patrón es:

= % por lo tanto, los suelos que predominan son arenas

3) nuevamente analizaremos la malla #200 (0.075mm)

$$5\% < < 12\%$$

Para la calicata – 01 el porcentaje pasante por el tamiz #200 de la muestra patrón es:

= % Es un porcentaje que se encuentra dentro del rango establecido

Tenemos:

| ARENA | |
|---------|---------|
| SP – SM | SW - SM |
| SP – SC | SW - SC |

TABLA N° 17. Clasificación de suelo.

| SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.) | | | |
|--|---------|-----------------------|--------|
| Tipo de suelo | Prefijo | Subgrupo | Sufijo |
| Grava | G | Bien graduada | W |
| Arena | S | Pobrememente graduada | P |
| Limo | M | Limoso | M |
| Arcilla | C | Arcilloso | C |
| Orgánico | O | Baja plasticidad | L |
| | | Alta plasticidad | H |

Fuente: Elaboración propia

Criterios a tomar en cuenta:

1). Granulometría

$$d_{60} = 60 \quad d_{10} \leq 2.5$$

$$d_{40} = 40 \quad d_{10} \leq 2.5$$

Cu = Coeficiente de uniformidad

$$Cu = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

$$Cu = \frac{0.224}{0.074} = 3.027$$

Cc = Coeficiente de curvatura

$$Cc = \frac{d_{30}^2}{d_{60} * d_{10}}$$

$$Cc = \frac{0.107^2}{0.224 * 0.074} = 0.174$$

Como **Cu = 3.027** entonces es un suelo arenoso pobrememente graduada (SP)

2). Límites de Atterberg

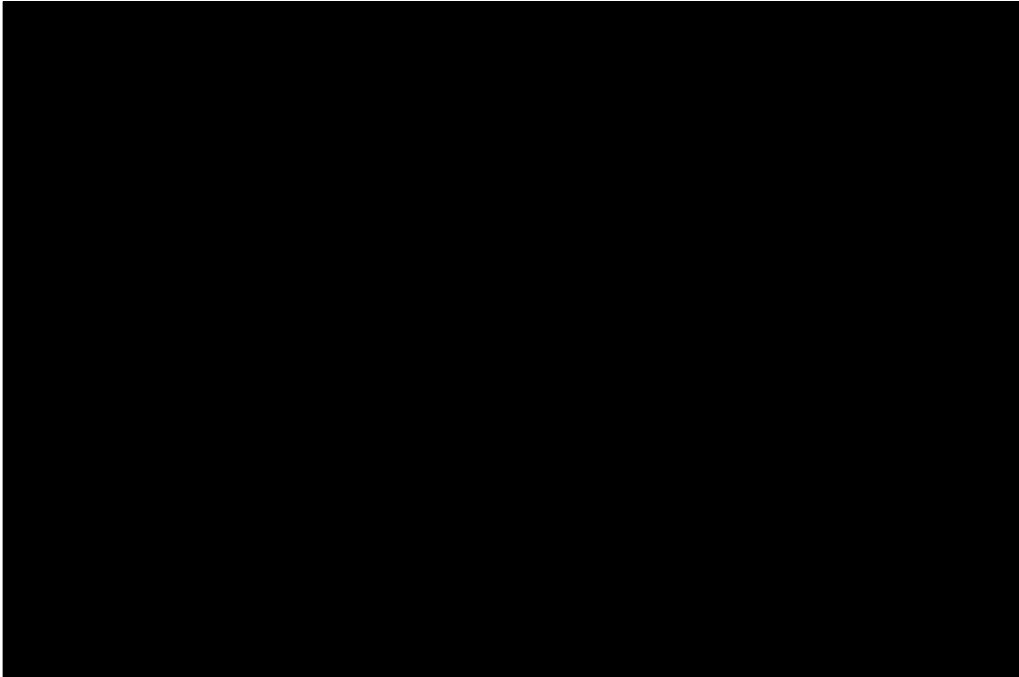


FIGURA N°12. Carta de plasticidad

Fuente: Elaboración propia

En la carta de plasticidad tenemos en el eje de las abscisas el límite líquido (LL) y en el eje de las ordenadas el índice de plasticidad. Uniendo esos dos puntos se conocerá el complemento de la clasificación de suelos

Las muestras extradas de las calicatas no presentan límite líquido y limite plástico ya que son suelos arenosos o suelos exentos de arcillas. son suelos no plásticos

CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. PARA LA CALICATA C – 01 ES:

ARENA POBREMENTE GRADUADA CON LIMO: SP SM

Método de compactación del suelo en el laboratorio energía de compactación (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³)) NTP 339.141

TABLA N° 18. Datos del laboratorio de la calicata C – 01 ensayado con la muestra patrón.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------|--------|---------------|--------|
| CALICATA | C - 01 | CÓDIGO DEL PROYECTO | | EKV-0004 | |
| MUESTRA | M - 01 | NÚMERO DE SOLICITUD | | LEM2110002-01 | |
| PROFUNDIDAD | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO | | 30/09/2021 | |
| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
| N° DE MOLDE | | | 1 | | |
| VOLUMEN DEL MOLDE (Cm ³): | | | 2124 | | |
| MASA DEL MOLDE (g): | | | 6448 | | |
| 1 | N°. pruebas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo húmeda (g) | 9941 | 10112 | 10137 | 10128 |
| 3 | Masa del Suelo Húmeda compactado (g) | 3493 | 3664 | 3689 | 3680 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm ³) | 1.645 | 1.725 | 1.737 | 1.733 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | N°. pruebas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo húmedo + Tara (g) | 511.69 | 542.54 | 591.51 | 539.63 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | 508.2 | 535.03 | 576.6 | 524.4 |
| 8 | Masa de Tara (g.) | 219.8 | 288.8 | 285.3 | 303.3 |
| 9 | Masa de Agua (g) | 3.490 | 7.510 | 14.910 | 15.230 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g.) | 288.40 | 246.23 | 291.30 | 221.10 |
| 11 | Humedad % | 1.21 | 3.05 | 5.12 | 6.89 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm ³) | 1.625 | 1.674 | 1.652 | 1.621 |

Fuente: Elaboración propia

3) Masa del Suelo Húmeda compactado (g)

$$M_{\text{húmeda}} = (M_{\text{molde}} + M_{\text{húmeda}}) - M_{\text{molde}}$$

$$M_{\text{húmeda}} = 9941 \text{ gr} - 6448 \text{ gr} = 3493 \text{ gr}$$

4) Densidad Humedad (g/cm³)

$$\delta_{\text{húmeda}} = \frac{M_{\text{húmeda}}}{V_{\text{molde}}}$$

$$\delta_{\text{húmeda}} = \frac{3493 \text{ gr}}{2124 \text{ cm}^3} = 1.645 \text{ g/cm}^3$$

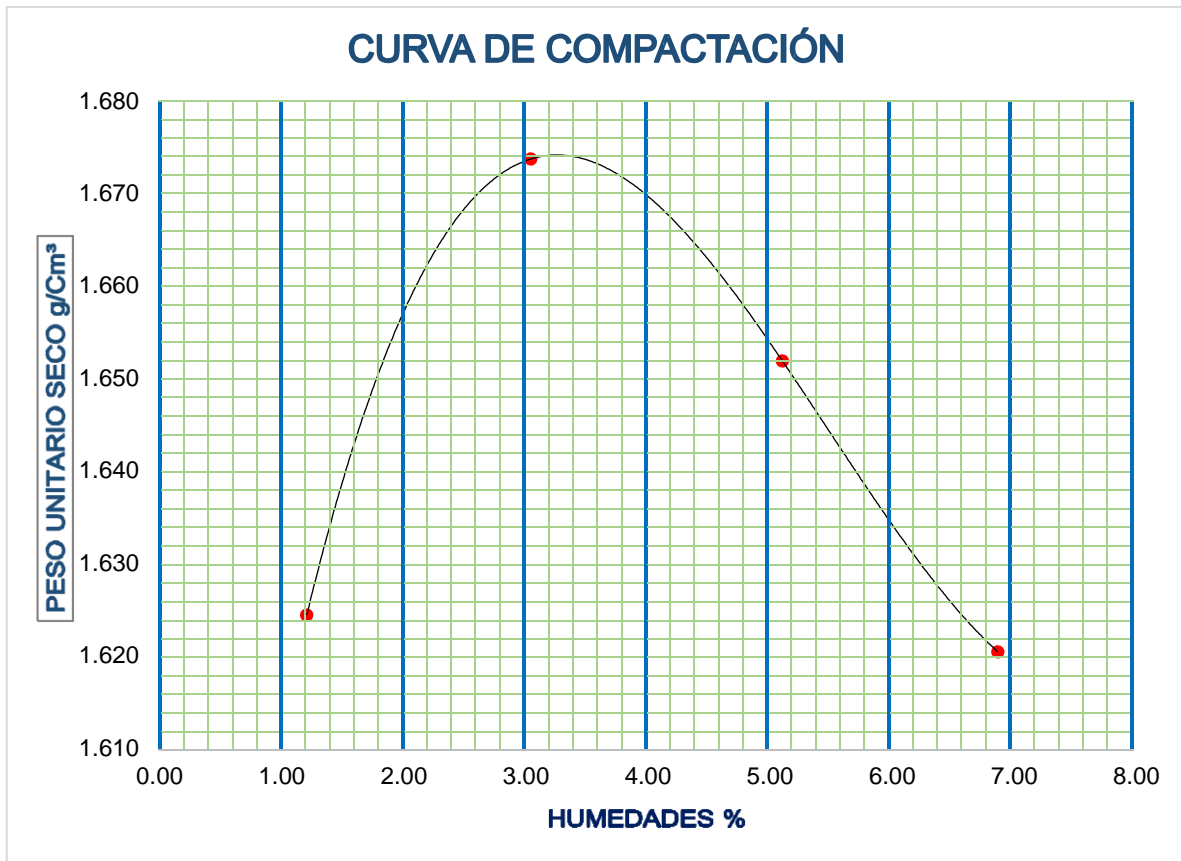


FIGURA N°13. Curva de compactación

Fuente: Elaboración propia

Densidad Máxima Seca (g/cm³) = 1.674 (g/cm³)

Gravedad Especifica de los sólidos (ASTM D 854) (ASTM C 127) = 2.754

Humedad Optima (%) = 3.16 %

Humedad 100% de sat. (%) = 23.43 %

Standard test method for california bearing ratio (CBR) of laboratory-compacted soils ASTM D1883

TABLA N° 19. Datos del laboratorio de la calicata C – 01 ensayado de CBR con la muestra patrón.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | | | | |
|--|-----------------|---------------------|---------|-----------|---------------|-----------|
| CALICATA | C - 01 | CÓDIGO DEL PROYECTO | | | EKV-0004 | |
| MUESTRA | M - 01 | NÚMERO DE SOLICITUD | | | LEM2110002-01 | |
| PROFUNDIDAD | 0.00 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO | | | 2021-10-07 | |
| ENSAYO CBR ASTM D 1883 | | | | | | |
| N° DE MOLDE | 10 | | 11 | | 12 | |
| N° de capa | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 10 | |
| Condición de la muestra | NO SAT. | SATURAD O | NO SAT. | SATURAD O | NO SAT. | SATURAD O |
| Peso molde + Suelo húmedo | 10226 | 10737 | 11538 | 12051 | 10784 | 11312 |
| Peso de molde (g) | 6560 | 6560 | 7857 | 7857 | 7273 | 7273 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 3666 | 4177 | 3681 | 4194 | 3511 | 4039 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2112 | 2112 | 2132 | 2132 | 2119 | 2119 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 1.736 | 1.978 | 1.727 | 1.967 | 1.657 | 1.906 |
| % de humedad | 2.981 | 16.89 | 3.02 | 16.9 | 2.96 | 18.01 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.686 | 1.692 | 1.676 | 1.683 | 1.609 | 1.615 |
| Densidad Máxima Laboratorio (g/cm ³) | | | | | | |
| Tarro N° | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g) | 565.6 | 698.4 | 685 | 688.5 | 446.3 | 691.5 |
| Tarro + Suelo seco (g) | 555.8 | 628.2 | 673.6 | 620.9 | 439.9 | 616.3 |
| Peso del Agua (g) | 9.8 | 70.2 | 11.4 | 67.6 | 6.4 | 75.2 |
| Peso del tarro (g) | 227 | 212.6 | 296.4 | 220.8 | 223.7 | 198.8 |
| Peso del suelo seco (g) | 328.8 | 415.6 | 377.2 | 400.1 | 216.2 | 417.5 |
| % de humedad | 2.981 | 16.891 | 3.022 | 16.896 | 2.960 | 18.012 |
| Promedio de Humedad (%) | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Peso del Suelo Húmeda compactado (g)

$$P_{\text{Suelo Húmedo}} = (P_{\text{Molde + Suelo Húmedo}} + P_{\text{Molde}}) - P_{\text{Molde}}$$

$$P_{\text{Suelo Húmedo}} = 10226 \text{ gr} - 6560 \text{ gr} = 3666 \text{ gr}$$

Densidad Humedad (g/cm³)

$$\delta \text{ hú} = \frac{\text{Peso del Suelo húmedo} - \text{Peso del Tarro}}{\text{Volumen del Suelo húmedo}}$$

$$\delta \text{ hú} = \frac{3666 \text{ gr} - 2112 \text{ gr}}{2112 \text{ cm}^3} = 1.736$$

Densidad Seca. (g/cm³)

$$\delta = \frac{\delta \text{ hú}}{1 + \frac{\delta \text{ hú} \times h}{100}}$$

$$\delta = \frac{1.736}{1 + \frac{1.736 \times 2.981}{100}} = 1.686$$

Peso del Agua (g)

$$\text{Peso del Agua} = \text{Peso del Suelo húmedo} + \text{Tara (g)} - \text{peso del Suelo Seco} + \text{Tara (g)}$$

$$\text{Peso del Agua} = 565.6 \text{ gr} - 555.8 \text{ gr} = 9.8 \text{ gr}$$

Peso de Suelo Seco (g.)

$$\text{Peso de Suelo Seco} = \text{Peso del Suelo Seco} + \text{peso del tarro (g)} - \text{peso del tarro (g)}$$

$$\text{Peso de Suelo Seco} = 555.8 \text{ gr} - 227 \text{ gr} = 328.8 \text{ gr}$$

Humedad %

$$\text{Hum.} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso de Suelo Seco}} \times 100$$

$$\text{Hum.} = \frac{9.8}{328.8} \times 100 = 2.981\%$$

$$* 100 = 2.981 \%$$

TABLA N° 20. Datos de expansión de suelos de la calicata C – 01 ensayado de CBR con la muestra patrón.

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------|-----------|---|------|-----------|---|-----------|---|
| FECHA | HORA | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | EXPANSIÓN | |
| | | | mm | % | | mm | % | mm | % |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| subtotal | | | | | | | | | |
| Total | | 0.00% | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Los datos de penetración para la calicata C-01 muestra patrón son lo siguiente:

TABLA N° 21. Datos de penetración de suelos de la calicata C – 01 ensayo de CBR con la muestra patrón

| | | MOLDE N° 10 | | | | MOLDE N° 11 | | | | MOLDE N° 12 | | | |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|------|---------------|---------------------|---------------------|------|---------------|---------------------|---------------------|-----|
| N° de capa | | 5 | | | | 5 | | | | 5 | | | |
| Golpes por capa N° | | 56 | | | | 25 | | | | 10 | | | |
| PENETRACIÓN (in) | PRESIÓN STAND kg/c m ² | CARGA kg-f | CORRECCIÓN | | | CARGA kg-f | CORRECCIÓN | | | CARGA kg-f | CORRECCIÓN | | |
| | | | kg/c m ² | kg/c m ² | % | | kg/c m ² | kg/c m ² | % | | kg/c m ² | kg/c m ² | % |
| 0 | | 0 | 0.0 | | | 0 | 0.0 | | | 0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 38.2 | 2.0 | | | 29.5 | 1.6 | | | 18.4 | 1.0 | | |
| 0.05 | | 73.1 | 3.8 | | | 58.6 | 3.1 | | | 38.2 | 2.0 | | |
| 0.075 | | 117 | 6.1 | | | 99.2 | 5.2 | | | 55.6 | 2.9 | | |
| 0.1 | 70 | 167.9 | 8.7 | 11.6 | 16.6 | 150.1 | 7.8 | 11 | 15.8 | 78.1 | 4.1 | 4 | 5.8 |
| 0.125 | | 224.2 | 11.6 | | | 199.7 | 10.4 | | | 100.9 | 5.3 | | |
| 0.15 | | 278.5 | 14.4 | | | 251.7 | 13.1 | | | 125 | 6.5 | | |
| 0.175 | | 329.8 | 17.1 | | | 299.9 | 15.5 | | | 147.8 | 7.7 | | |
| 0.2 | 105 | 383.7 | 19.9 | 21.5 | 20.5 | 345.5 | 17.9 | 19.5 | 18.6 | 169.2 | 8.8 | 8.8 | 8.4 |
| 0.3 | | 516.4 | 26.7 | | | 446.1 | 23.1 | | | 252.3 | 13.1 | | |
| 0.4 | | 591.8 | 30.6 | | | 421.9 | 21.9 | | | 321 | 16.6 | | |
| 0.5 | | 540.9 | 28.0 | | | 391.8 | 20.3 | | | 368.6 | 19.1 | | |
| AREA DEL PISTON | | 19.35cm ² | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 22. Datos de penetración y presión o esfuerzo estándar

| PENETRACIÓN | | | PRESIÓN | |
|-------------|----------|-------------------|---------------------|---------------------|
| mm | pulgadas | MN/m ² | kgf/cm ² | lb/plg ² |
| 2,54 | 0,1 | 6,90 | 70,31 | 1,000 |
| 5,08 | 0,2 | 10,35 | 105,46 | 1,500 |

Fuente: Elaboración propia

Fórmula para calcular los esfuerzos kg/cm²

$$E = \frac{P \cdot 1000}{A \cdot 100} \text{ cm}^2$$

Cálculo de penetración para el monde 10 con 56 golpes

Para una penetración de 0.025 pulgadas

$$E = \frac{38.2}{19.35 \text{ cm}^2} = 2.0$$

Para una penetración de 0.05 pulgadas

$$E = \frac{73.1}{19.35 \text{ cm}^2} = 3.8$$

Para una penetración de 0.75 pulgadas

$$E = \frac{117}{19.35 \text{ cm}^2} = 6.1$$

Para una penetración de 0.1 pulgadas

$$E = \frac{167.9}{19.35 \text{ cm}^2} = 8.7$$

Para una penetración de 0.125 pulgadas

$$\frac{224.2}{19.35 \text{ cm}^2}$$

$$\text{[Corrosion Diagram]} = 19.35 \text{ cm}^2 = 11.6 \text{ [Corrosion Diagram]}$$

Para una penetración de 0.15 pulgadas

$$\text{[Corrosion Diagram]} = \frac{278.5 \text{ [Corrosion Diagram]}}{19.35 \text{ cm}^2} = 214.4 \text{ [Corrosion Diagram]}$$

Para una penetración de 0.175 pulgadas

$$\frac{329.8 \text{ lb}}{19.35 \text{ cm}^2} = 17.1 \text{ lb/cm}^2$$

Para una penetración de 0.2 pulgadas

$$\frac{383.7 \text{ lb}}{19.35 \text{ cm}^2} = 19.9 \text{ lb/cm}^2$$

lb/cm²

Para una penetración de 0.3 pulgadas

$$\frac{516.4 \text{ lb}}{19.35 \text{ cm}^2} = 26.7 \text{ lb/cm}^2$$

lb/cm²

Para una penetración de 0.4 pulgadas

$$\frac{591.4 \text{ lb}}{19.35 \text{ cm}^2} = 30.6 \text{ lb/cm}^2$$

lb/cm²

Para una penetración de 0.5 pulgadas

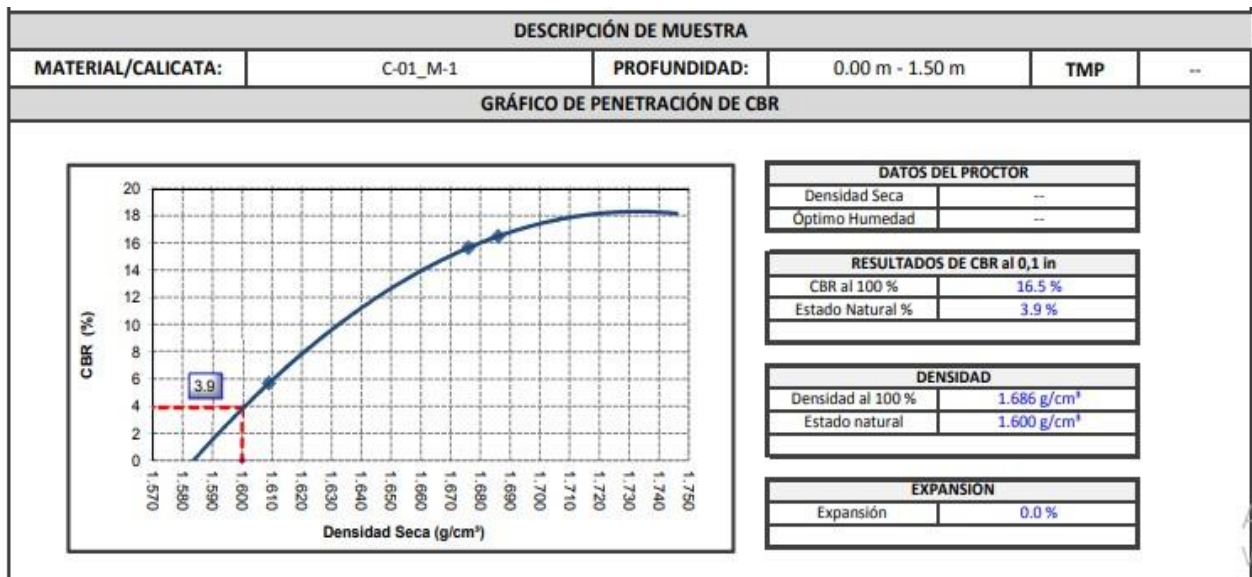
$$\frac{540 \text{ lb}}{19.35 \text{ cm}^2} = 28.0 \text{ lb/cm}^2$$

Corrección del Curva E.C.

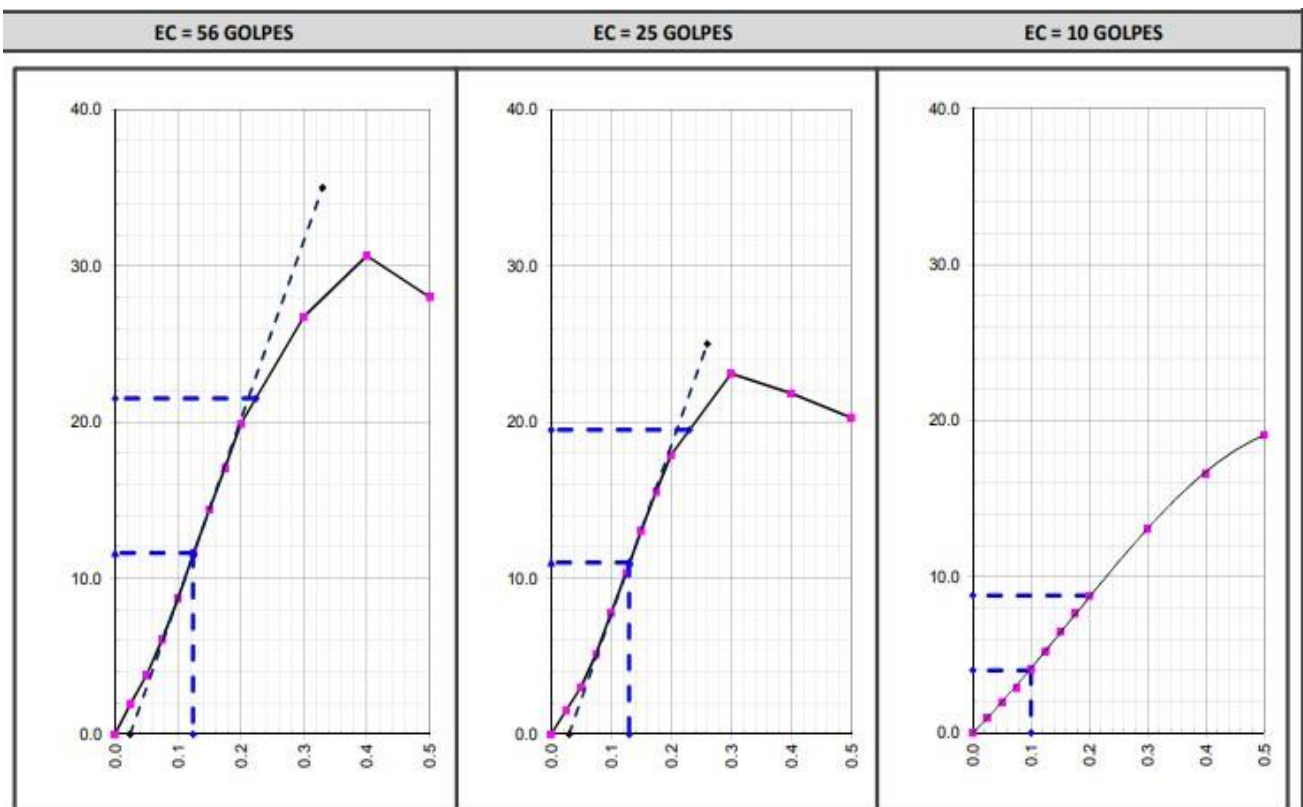
Para realizar la corrección se debe graficar la curva para cada espécimen, la penetración en el eje de las abscisas y las presiones en el eje de las ordenadas, si la curva no tiene punto de inflexión se tomarán los valores correspondientes para 0.1 in y 0.2 in de penetración, si la curva presenta punto de inflexión entonces se corregirá trazando una línea recta que intercepte con la tangente y corte con el eje de las abscisas colocando el cero desde dicho corte.

Fórmula para calcular los valores de Relación de Soporte corregidos

TABLA N° 23. C.B.R. al 100 % y al estado natural.




Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 25. Distribución del tamaño de partícula C-02.

| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|--------|--|--------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 12.7 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 20.1 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 51.0 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 5.5 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 10.7 % |
| LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| ELABORADO POR : | | REVISADO POR: | |
| TECNICO : _____ | |  RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 | |
| | | SUP. DE LABORATORIO : _____ | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

Clasificación de suelos mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) NTP 339.134

TABLA N° 26. Método de ensayo de Índice de plasticidad para de la C-02.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| CALICATA | C - 02 | CÓDIGO DEL PROYECTO | EKV-0004 |
| MUESTRA | M - 01 | NÚMERO DE SOLICITUD | LEM2110002-01 |
| PROFUNDIDAD | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO | 30/09/2021 |

| Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------------|--------|
| MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | | |
| NTP 339.128 | | | | | | | | |
| TAMIZ. | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 7.30 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 12.81 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 210.3 | 2.07 | 2.07 | 97.9 | ARENAS | Arenas Gruesa % | 11.25 |
| 1 in | 25.400 | 102.3 | 1.01 | 3.08 | 96.9 | | Arenas Media % | 18.59 |
| 3/4 in | 19.050 | 428.2 | 4.22 | 7.30 | 92.7 | | Arenas Fina % | 39.38 |
| 3/8 in | 9.525 | 514.2 | 5.07 | 12.37 | 87.6 | FINOS | Limos y Arcillas % | 10.7 |
| No. 4 | 4.750 | 785.3 | 7.74 | 20.12 | 79.9 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 22.70 | 5.54 | 25.66 | 74.3 | | | |
| No. 20 | 0.841 | 23.40 | 5.71 | 31.37 | 68.6 | | GRAVAS | 20.1 % |
| No. 40 | 0.419 | 28.60 | 6.98 | 38.34 | 61.7 | ARENAS | | |
| No. 60 | 0.250 | 47.60 | 11.61 | 49.96 | 50.0 | | | 69.2 % |
| No. 140 | 0.105 | 98.30 | 23.98 | 73.94 | 26.1 | FINOS | | |
| No. 200 | 0.074 | 63.10 | 15.40 | 89.34 | 10.7 | | | 10.7 % |
| < No. 200 | 0.074 | 43.70 | 10.66 | 100.00 | 0.0 | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

1) Primeramente analizamos el porcentaje que pasa por el tamiz # 200 (0.075mm) de la muestra del suelo:

~~000000?00?00000?~~#200 > 50% ~~?? ?? 0000? ??~~

~~000000?00?00000?~~#200 < 50% ~~?? ?? 000? 000000?~~

Para la calicata – 02 el porcentaje pasante por el tamiz #200 de la muestra patrón es:

#~~000~~ = ~~000~~% por lo tanto, el suelo que predomina es un suelo grueso

2) Al ser la muestra un suelo grueso, analizaremos la malla #4 (475mm)

~~000000?00?00000?~~#4 > 50% ~~000 000000?~~

~~000000?00?00000?~~#4 < 50% ~~000 000000?~~

Para la calicata – 01 el porcentaje pasante por el tamiz # 4 de la muestra patrón es:

#~~0~~ = ~~000~~% por lo tanto, los suelos que predominan son arenas

3) nuevamente analizaremos la malla #200 (0.075mm)

5% < ~~000~~ < 12%

Para la calicata – 01 el porcentaje pasante por el tamiz #200 de la muestra patrón es:

#~~000~~ = ~~000~~% Es un porcentaje que se encuentra dentro del rango establecido

Tenemos:

| ARENA | |
|---------|---------|
| SP – SM | SW - SM |
| SP – SC | SW - SC |

TABLA N° 27. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

| SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.) | | | |
|--|---------|-----------------------|--------|
| Tipo de suelo | Prefijo | Subgrupo | Sufijo |
| Grava | G | Bien graduada | W |
| Arena | S | Pobrememente graduada | P |
| Limo | M | Limoso | M |
| Arcilla | C | Arcilloso | C |
| Orgánico | O | Baja plasticidad | L |
| | | Alta plasticidad | H |

Fuente: Elaboración propia

Criterios a tomar en cuenta:

1). Granulometría

$$D_{60} = D_{20} > 6 \quad D_{10} \leq D_{20} \leq 3$$

$$D_{40} = D_{20} > 4 \quad D_{10} \leq D_{20} \leq 3$$

Cu = Coeficiente de uniformidad

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cu = 5.26$$

Cc = Coeficiente de curvatura

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

$$Cc = 0.51$$

Como:

Cu = 5.26 entonces es un suelo arenoso pobrememente graduada (SP)

2). Límites de Atterberg

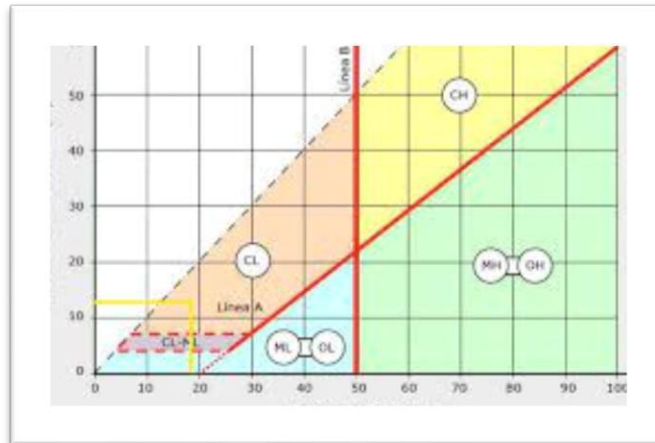


FIGURA N°15. Carta de plasticidad

Fuente: Elaboración XDOCS

Las muestras extradas de las calicatas no presentan límite líquido y limite plástico ya que son suelos arenosos o suelos exentos de arcillas. son suelos no plásticos.

TABLA N° 28. Método de ensayo para determinar el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de suelos C-02.

| METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129 | |
|--|-----------------|
| Límite Líquido | Límite Plástico |
| LL: NP | LP: NP |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD | |
| IP: NP | |

Fuente: Elaboración propia

Clasificación de suelos SUCCS para la calicata C – 02 es arena pobremente graduada con limo con grava: **SP SM**

Standard test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

TABLA N° 29. Datos del laboratorio de la calicata C – 02 ensayo de CBR con la muestra patrón.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|----------|---------------|----------|
| CALICATA | C - 02 | CÓDIGO DEL PROYECTO | | | EKV-0004 | |
| MUESTRA | M - 01 | NÚMERO DE SOLICITUD | | | LEM2110002-01 | |
| PROFUNDIDAD | 0.00 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO | | | 2021-10-07 | |
| DESCRIPCIÓN DE MUESTRA | | | | | | |
| MATERIAL/CALICATA: | C-02_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- | |
| ENSAYO CBR ASTM D 1883 | | | | | | |
| Molde N° | 14 | 15 | 21 | | | |
| N° Capa | 5 | 5 | 5 | | | |
| Golpes por capa N° | 56 | 25 | 10 | | | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso molde + Suelo húmedo | 12349 | 12717 | 11881 | 12300 | 11436 | 11862 |
| Peso de molde (g) | 8248 | 8248 | 8017 | 8017 | 7629 | 7629 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4101 | 4469 | 3864 | 4283 | 3807 | 4233 |
| Volumen del molde (cm³) | 2113 | 2113 | 2113 | 2113 | 2116 | 2116 |
| Densidad húmeda (g/cm³) | 1.941 | 2.115 | 1.829 | 2.027 | 1.799 | 2.000 |
| % de humedad | 5.08 | 14.10 | 5.24 | 16.00 | 5.48 | 16.71 |
| Densidad seca (g/cm³) | 1.847 | 1.854 | 1.738 | 1.747 | 1.706 | 1.714 |
| Densidad Máxima Laboratorio (g/cm³) | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Tarro N° | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g) | 652.80 | 771.00 | 1053.70 | 915.90 | 1341.50 | 920.40 |
| Tarro + Suelo seco (g) | 635.90 | 714.70 | 1016.00 | 820.00 | 1290.90 | 819.50 |
| Peso del Agua (g) | 16.90 | 56.30 | 37.70 | 95.90 | 50.60 | 100.90 |
| Peso del tarro (g) | 303.40 | 315.50 | 297.20 | 220.80 | 366.90 | 215.60 |
| Peso del suelo seco (g) | 332.50 | 399.20 | 718.80 | 599.20 | 924.00 | 603.90 |
| % de humedad | 5.1 | 14.1 | 5.2 | 16.0 | 5.5 | 16.7 |
| Promedio de Humedad (%) | | | | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

Peso del Suelo Húmeda compactado (g)

$$P_{s\ h\ h\ c} = (P_{m\ h\ h} + P_{s\ h\ h}) - P_{m\ h\ h}$$

Densidad Humedad (g/cm3)

$$\rho_{s\ h} = \frac{P_{s\ h\ h}}{V_m}$$

Densidad Seca. (g/cm³)

$$\rho_{\text{seca}} = \frac{\rho_{\text{hú}}}{1 + \frac{w}{100}}$$

Peso del Agua (g)

$$W = P_{\text{del Suelo húmedo}} + \text{Tara (g)} - \text{peso del Suelo Seco} + \text{Tara (g)}$$

Peso de Suelo Seco (g.)

$$P_{\text{del Suelo Seco}} = \text{Peso del Suelo Seco} + \text{peso del tarro (g)} - \text{peso del tarro (g)}$$

Humedad %

$$w = \frac{W}{P_{\text{del Suelo Seco}}} * 100$$

TABLA N° 30. Datos de expansión de suelos de la calicata C – 02 ensayo de CBR con la muestra patrón.

| EXPANSIÓN | | | | | | | | | |
|-----------|-------|------|-----------|---|------|-----------|---|-----------|---|
| FECHA | HORA | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | EXPANSIÓN | |
| | | | mm | % | | mm | % | mm | % |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| subtotal | | | | | | | | | |
| Total | 0.00% | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 31. Datos de penetración de suelos de la calicata C – 02 ensayo de CBR con la muestra patrón.

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|------|-------------|--------------------|--------------------|-----|-------------|--------------------|--------------------|-----|
| PENETRACIÓN (in) | CARGA | MOLDE N° 14 | | | | MOLDE N° 15 | | | | MOLDE N° 21 | | | |
| | STAND. | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 71.4 | 3.7 | | | 23.1 | 1.2 | | | 14.5 | 0.8 | | |
| 0.050 | | 127.0 | 6.6 | | | 41.9 | 2.2 | | | 25.5 | 1.3 | | |
| 0.075 | | 179.0 | 9.3 | | | 63.0 | 3.3 | | | 44.6 | 2.3 | | |
| 0.100 | 70 | 236.6 | 12.2 | 12.2 | 17.4 | 85.1 | 4.4 | 4.4 | 6.3 | 57.0 | 3.0 | 3.2 | 4.6 |
| 0.125 | | 294.9 | 15.3 | | | 104.2 | 5.4 | | | 70.4 | 3.6 | | |
| 0.150 | | 352.2 | 18.2 | | | 124.3 | 6.4 | | | 85.1 | 4.4 | | |
| 0.175 | | 414.2 | 21.4 | | | 142.8 | 7.4 | | | 98.9 | 5.1 | | |
| 0.200 | 105 | 474.2 | 24.5 | 24.5 | 23.3 | 160.9 | 8.3 | 8.3 | 7.9 | 113.9 | 5.9 | 6.4 | 6.1 |
| 0.300 | | 656.2 | 34.0 | | | 230.9 | 12.0 | | | 178.6 | 9.2 | | |
| 0.400 | | 745.3 | 38.6 | | | 296.3 | 15.3 | | | 250.7 | 13.0 | | |
| 0.500 | | 757.0 | 39.2 | | | 356.2 | 18.4 | | | 326.4 | 16.9 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

TABLA N° 32. Datos de penetración y presión o esfuerzo estándar.

| PENETRACIÓN | | | PRESIÓN | |
|-------------|----------|-------------------|---------------------|---------------------|
| mm | pulgadas | MN/m ² | kgf/cm ² | lb/plg ² |
| 2,54 | 0,1 | 6,90 | 70,31 | 1,000 |
| 5,08 | 0,2 | 10,35 | 105,46 | 1,500 |

Fuente: Elaboración propia

Fórmula para calcular los esfuerzos kg/cm²

$$\frac{\text{CARGA}}{\text{ÁREA}} = \frac{\text{CARGA}}{\text{ÁREA}} \text{ cm}^2$$

Corrección del Curva E.C.

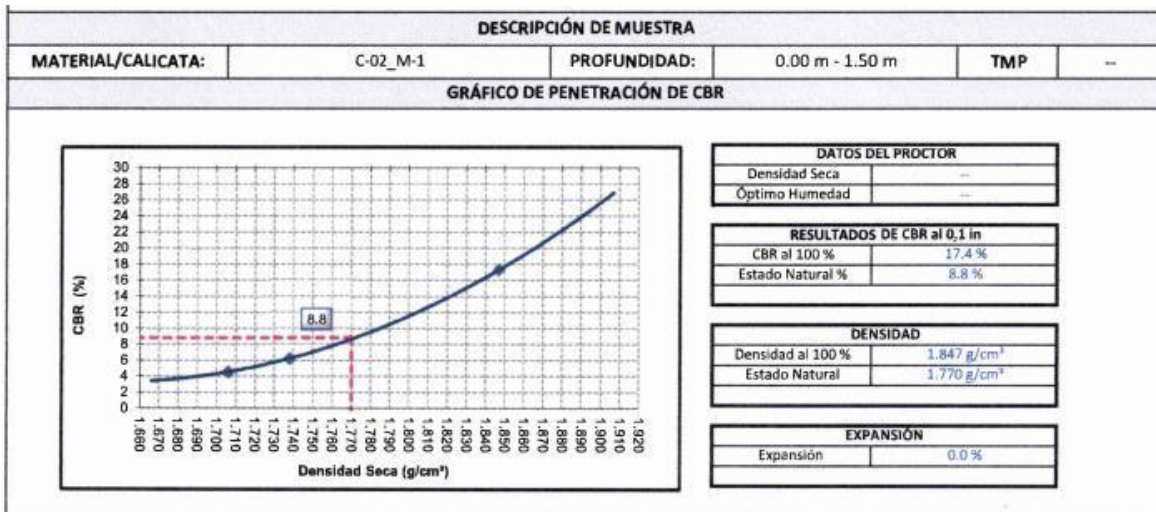
Para realizar la corrección se debe graficar la curva para cada espécimen, la penetración en el eje de las abscisas y las presiones en el eje de las ordenadas, si la curva no tiene punto de inflexión se tomarán los valores correspondientes para 0.1 in y 0.2 in de penetración, si la curva presenta punto de inflexión entonces se corregirá trazando una línea recta que intercepte con la tangente y corte con el eje de las abscisas colocando el cero desde dicho corte.

Fórmula para calcular los valores de Relación de Soporte corregidos

$$\% \frac{\text{CBR}_{\text{correctado}}}{\text{CBR}_{\text{estándar}}} = \frac{\text{CBR}_{\text{medido}}}{\text{CBR}_{\text{estándar}}}$$

Esfuerzo de referencia estándar: ver la tabla 32

TABLA N° 33. Datos de penetración y presión o esfuerzo estándar C-02.



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

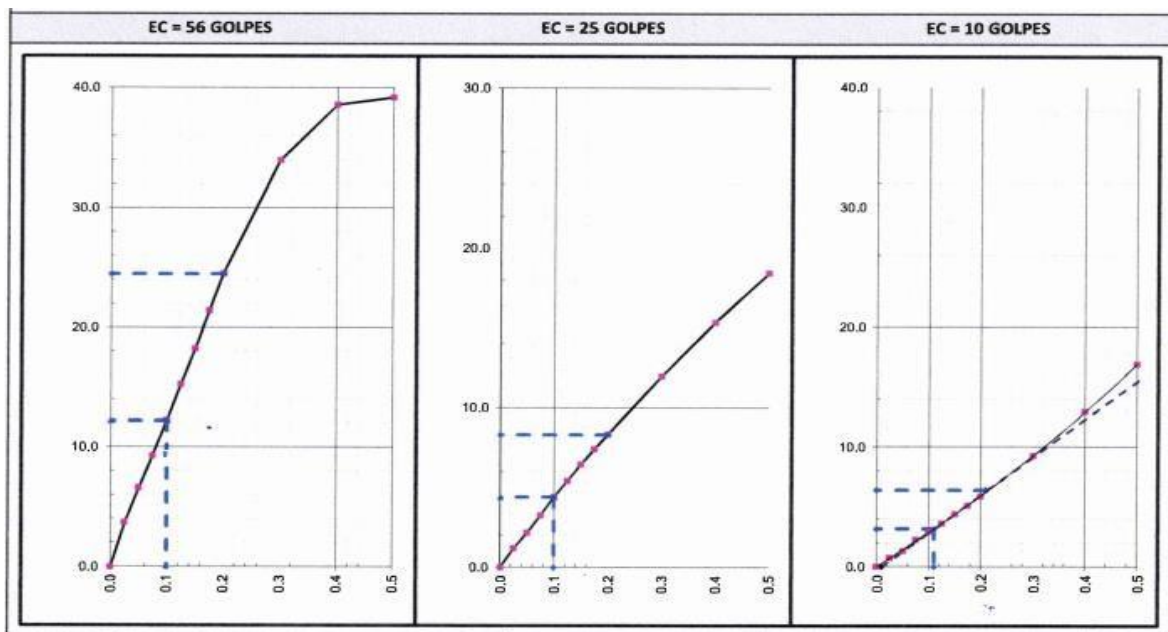


FIGURA N°16. Corrección de la curva. E.C.

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

Análisis granulométrico de suelos por tamizado NTP 339.128

TABLA N° 34. Datos del laboratorio de la calicata C – 03 ensayo de granulometría con la muestra patrón.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---------------|---------------------|-----------|---------------|---------------------------|-------------|
| CALICATA | C - 03 | | CÓDIGO DEL PROYECTO | | EKV-0004 | | |
| MUESTRA | M - 01 | | NÚMERO DE SOLICITUD | | LEM2110002-01 | | |
| PROFUNDIDAD | 0.50 m - 1.50 m | | FECHA DE ENSAYO | | 30/09/2021 | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 277.8 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.359971 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.3 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 91.8 % |
| No. 4 | 4.750 | 0.8 | 0.3 | 0.3 | 99.7 | FINOS | 7.9 % |
| No. 10 | 2.000 | 1.67 | 0.6 | 0.9 | 99.1 | Tam. Máx. Particula | 2 In |
| No. 20 | 0.841 | 1.39 | 0.5 | 1.4 | 98.6 | D10 | 0.088 |
| No. 40 | 0.419 | 10.83 | 3.9 | 5.3 | 94.7 | D30 | 0.125 |
| No. 60 | 0.250 | 72.23 | 26.0 | 31.3 | 68.7 | D60 | 0.214 |
| No. 140 | 0.105 | 135.01 | 48.6 | 79.9 | 20.1 | Coef. Uniformidad | 2.43 |
| No. 200 | 0.074 | 33.89 | 12.2 | 92.1 | 7.9 | Coef. Curvatura | 0.83 |
| < No. 200 | 0.074 | 21.9 | 7.9 | 100.0 | 0.0 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

La curva granulométrica se construye con el diámetro de partículas (eje de las abscisas a una escala logarítmica) vs el % que pasa por los tamices (eje de las ordenadas a una escala lineal). Por lo tanto, la curva granulométrica tendrá una escala semilogarítmica

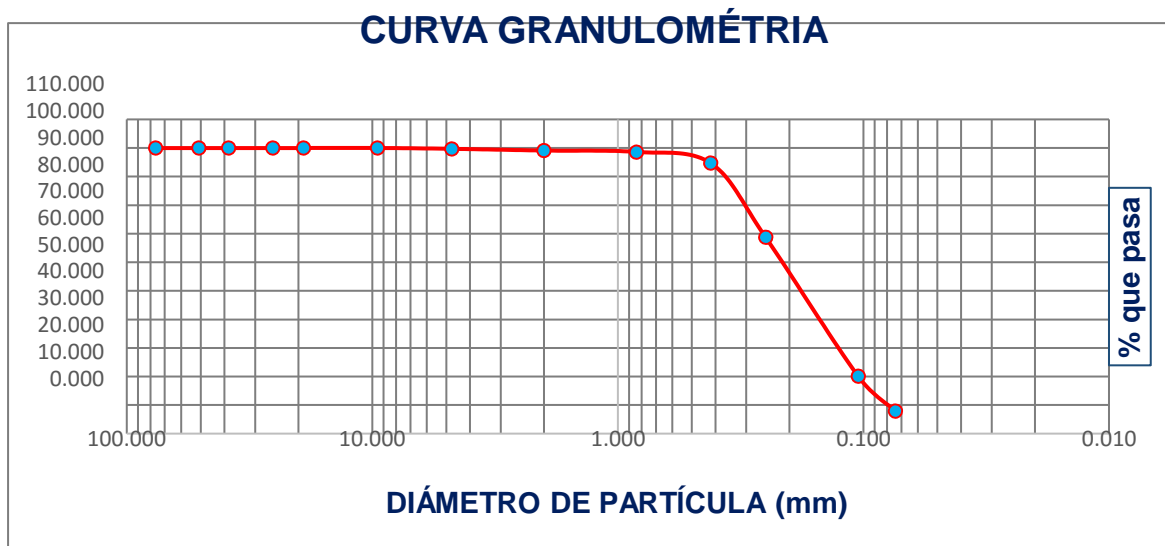


FIGURA N°17. Curva granulométrico C-03

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 35. Distribución del tamaño de partículas C-03

| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|--------|---|---------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") | 0.00 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 4.4% |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) | 0.30 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200) | 86.00 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 0.60 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm | 7.90 % |

Fuente: Elaboración propia

La fracción se pesa en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La sumatoria de las fracciones más el peso de la muestra inicial no debe diferir más del 1% (dato laboratorio)

$$100\% = 100\%$$

$$100\% = 100\%$$

$$100\% = 100\%$$

Calculando los diámetros efectivos D10, D30 Y D50

$$D_x = \left(\frac{D_2 - D_1}{P_2 - P_1} * (P - P_1) \right) + D_1$$

Coeficiente de uniformidad

$$U = \frac{D_{60}}{D_{30}}$$

Coeficiente de curvatura

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Clasificación de suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) NTP 339.134

TABLA N° 36. Método de ensayo de Índice de plasticidad para de la C-03.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| CALICATA | C - 01 | CÓDIGO DEL PROYECTO | EKV-0004 |
| MUESTRA | M - 01 | NÚMERO DE SOLICITUD | LEM2110002-01 |
| PROFUNDIDAD | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO | 30/09/2021 |

| <i>Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS</i> | | | | | | | | |
|---|------------|---------------|-------------|-----------------|-----------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | |
| NTP 339.128 | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RÉT. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 0.30 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | ARENAS | Arenas Gruesa % |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Media % | | 29.90 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Fina % | | 60.80 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | FINOS | | Limos y Arcillas % |
| No. 4 | 4.750 | 0.8 | 0.30 | 0.30 | 99.7 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 1.67 | 0.60 | 0.90 | 99.1 | | | |
| No. 20 | 0.841 | 1.39 | 0.50 | 1.40 | 98.6 | | GRAVAS | 0.3 % |
| No. 40 | 0.419 | 10.83 | 3.90 | 5.30 | 94.7 | | | |
| No. 60 | 0.250 | 72.23 | 26.00 | 31.30 | 68.7 | | ARENAS | 91.8 % |
| No. 140 | 0.105 | 135.01 | 48.60 | 79.90 | 20.1 | | | |
| No. 200 | 0.074 | 33.89 | 12.20 | 92.10 | 7.9 | FINOS | 7.9 % | |
| < No. 200 | 0.074 | 21.95 | 7.90 | 100.00 | 0.0 | | | |
| METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS | | | | | | | | |
| NTP 339.129 | | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | LIMITE PLASTICO | | | | |
| LL: | NP | | | LP: | NP | | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | | | | | | |
| IP: NP | | | | | | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.C.S. PARA LA CALICATA C – 03 ES:

arena pobremente graduada con limo: **SP SM**

RESULTADOS CON RESIDUOS ORGÁNICOS

Los resultados a mostrar se detallan a la calicata más crítica, en este caso es la calicata C-01, ya que sus propiedades resultaron ser de baja calidad para la estabilización de suelo contando con un CBR a 0.1 in de 3.9% a comparación de las otras calicatas (C-02 Y C-03) que sobrepasaron el porcentaje de 6% lo que indica la norma MTC.

Análisis granulométrico de suelos por tamizado NTP 339.128

Se muestra las siguientes tablas indicando las dosificaciones de residuos orgánicos adicionando la muestra extraída del suelo natural.

TABLA N° 37. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 1 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 6% | 10% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 38. Datos de la muestra N°1 de la calicata C – 01 ensayado cenizas de residuos orgánicos más la muestra patrón.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|---------------|---------------------|---------------|-----------|---------------------------|
| CALICATA | C - 01 | | CÓDIGO DEL PROYECTO | EKV-0004 | | |
| MUESTRA | M - 02 | | NÚMERO DE SOLICITUD | LEM2110002-01 | | |
| PROFUNDIDAD | 0.50 m - 1.50 m | | FECHA DE ENSAYO | 30/09/2021 | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL 399.4 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 0.250376 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA 1.3 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA 85.2 % |
| No. 4 | 4.750 | 5.2 | 1.3 | 1.3 | 98.7 | FINOS 13.5 % |
| No. 10 | 2.000 | 4.39 | 1.1 | 2.4 | 97.6 | Tam. Máx. Partícula 2 in |
| No. 20 | 0.841 | 15.98 | 4.0 | 6.4 | 93.6 | D10 0.074 |
| No. 40 | 0.419 | 54.72 | 13.7 | 20.1 | 79.9 | D30 0.113 |
| No. 60 | 0.250 | 47.93 | 12.0 | 32.1 | 67.9 | D60 0.212 |
| No. 140 | 0.105 | 164.95 | 41.3 | 73.4 | 26.6 | Coef. Uniformidad 2.86 |
| No. 200 | 0.074 | 52.32 | 13.1 | 86.5 | 13.5 | Coef. Curvatura 0.81 |
| < No. 200 | 0.074 | 53.9 | 13.5 | 100.0 | 0.0 | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 39. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 2 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 8% | 20% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 40. Datos de la muestra N°2 de la calicata C – 01 ensayado cenizas de residuos orgánicos más la muestra patrón.

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 380.0 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.263158 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.9 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 84.2 % |
| No. 4 | 4.750 | 3.4 | 0.9 | 0.9 | 99.1 | FINOS | 14.9 % |
| No. 10 | 2.000 | 4.56 | 1.2 | 2.1 | 97.9 | Tam. Máx. Particula | 2 In |
| No. 20 | 0.841 | 8.74 | 2.3 | 4.4 | 95.6 | D10 | 0.074 |
| No. 40 | 0.419 | 44.46 | 11.7 | 16.1 | 83.9 | D30 | 0.101 |
| No. 60 | 0.250 | 52.44 | 13.8 | 29.9 | 70.1 | D60 | 0.199 |
| No. 140 | 0.105 | 144.40 | 38.0 | 67.9 | 32.1 | Coef. Uniformidad | 2.68 |
| No. 200 | 0.074 | 65.36 | 17.2 | 85.1 | 14.9 | Coef. Curvatura | 0.69 |
| < No. 200 | 0.074 | 56.6 | 14.9 | 100.0 | 0.0 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 41. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 3 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 10% | 35% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 42. Datos de la muestra N°3 de la calicata C – 01 ensayado cenizas de residuos orgánicos más la muestra patrón.

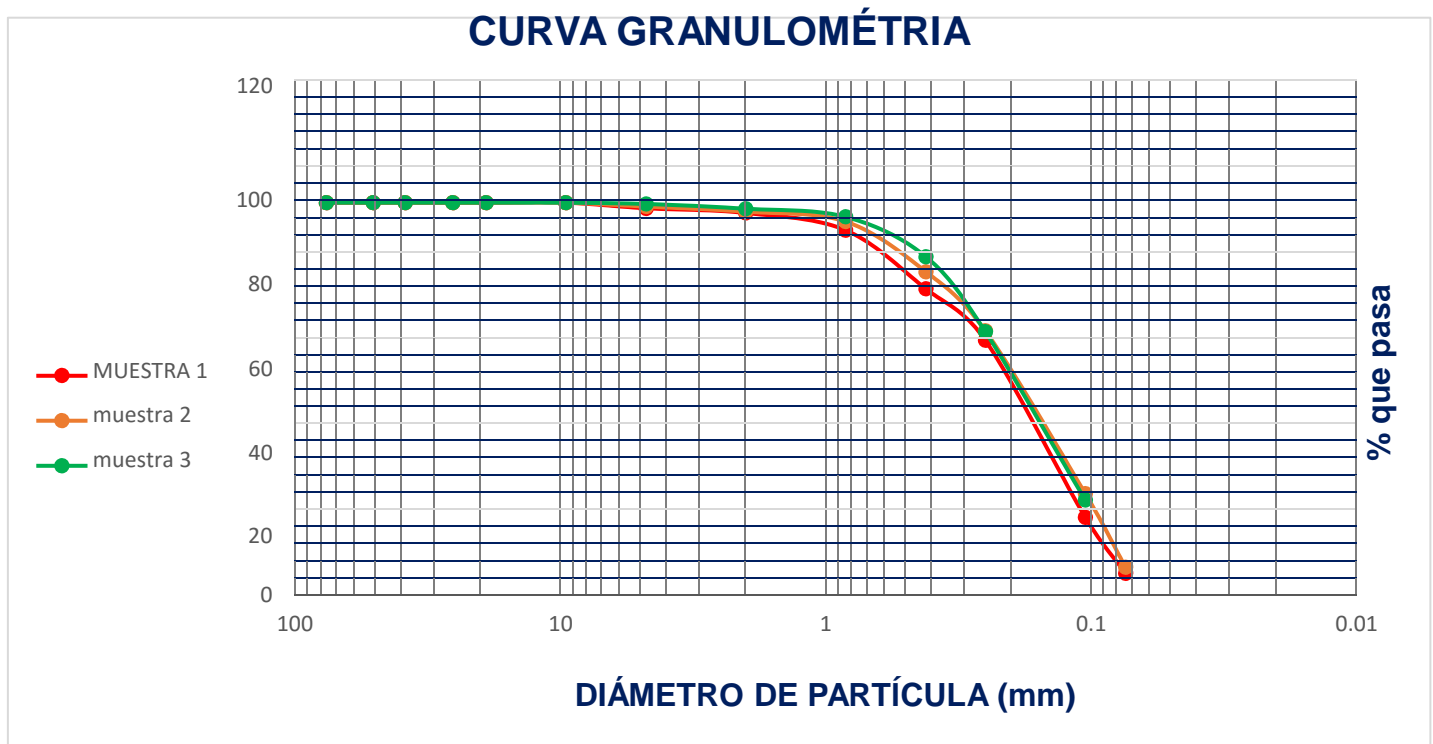
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|----------|----|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 522.1 | gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.191534 | gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 | gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A | % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.3 | % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 83.3 | % |
| No. 4 | 4.750 | 1.6 | 0.3 | 0.3 | 99.7 | FINOS | 16.4 | % |
| No. 10 | 2.000 | 5.74 | 1.1 | 1.4 | 98.6 | Tam. Máx. Particula | 2 In | |
| No. 20 | 0.841 | 9.92 | 1.9 | 3.3 | 96.7 | D10 | 0.074 | |
| No. 40 | 0.419 | 48.56 | 9.3 | 12.6 | 87.4 | D30 | 0.103 | |
| No. 60 | 0.250 | 91.37 | 17.5 | 30.1 | 69.9 | D60 | 0.201 | |
| No. 140 | 0.105 | 205.19 | 39.3 | 69.4 | 30.6 | Coef. Uniformidad | 2.72 | |
| No. 200 | 0.074 | 74.14 | 14.2 | 83.6 | 16.4 | Coef. Curvatura | 0.72 | |
| < No. 200 | 0.074 | 85.6 | 16.4 | 100.0 | 0.0 | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

Grafica de las curvas granulométricas de las muestras m1, m2 y m3

La curva granulométrica se construye con el diámetro de partículas (eje de las abscisas a una escala logarítmica) vs el % que pasa por los tamices (eje de las ordenadas a una escala lineal). Por lo tanto, la curva granulométrica tendrá una escala semilogarítmica.

FIGURA N°18. Curva granulométrica de todas las muestras de residuos orgánicos



Fuente: Elaboración propia.

Clasificación de suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) NTP 339.134

Se mostrarán el peso retenido tanto para la primera, segunda y tercera muestra, para extraer los resultados de composición granulométrica de cada una de ellas.

TABLA N° 43. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 1 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 6% | 10% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 44. Datos de Clasificación de suelo para la muestra N°1.

| <i>Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS</i> | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|-------------|-----------|-----------------|----------------------------|------------------|---|--------|
| METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339.128 | | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa | % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina | % | 1.30 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Gruesa | % | 5.10 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Media | % | 25.70 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina | % | 54.40 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | FINOS | Limos y Arcillas | % | 13.5 |
| No. 4 | 4.750 | 5.2 | 1.30 | 1.30 | 98.7 | | | | |
| No. 10 | 2.000 | 4.39 | 1.10 | 2.40 | 97.6 | | | | |
| No. 20 | 0.841 | 15.98 | 4.00 | 6.40 | 93.6 | GRAVAS | | | 1.3 % |
| No. 40 | 0.419 | 54.72 | 13.70 | 20.10 | 79.9 | ARENAS | | | 85.2 % |
| No. 60 | 0.250 | 47.93 | 12.00 | 32.10 | 67.9 | FINOS | | | 13.5 % |
| No. 140 | 0.105 | 164.95 | 41.30 | 73.40 | 26.6 | | | | |
| No. 200 | 0.074 | 52.32 | 13.10 | 86.50 | 13.5 | | | | |
| < No. 200 | 0.074 | 53.92 | 13.50 | 100.00 | 0.0 | | | | |
| METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129 | | | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | LIMITE PLASTICO | | | | |
| LL: | NP | | | | LP: | NP | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 45. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 2 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 8% | 20% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 46. Datos de Clasificación de suelo para la muestra N°2

| Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS | | | | | | | | | |
|---|------------|---------------|-------------|-----------|-----------------|----------------------------|--------------------|--|--------|
| METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | |
| NTP 339.128 | | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | | 0.90 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Gruesa % | | 3.50 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Media % | | 25.50 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina % | | 55.20 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | | | |
| No. 4 | 4.750 | 3.4 | 0.90 | 0.90 | 99.1 | FINOS | Limos y Arcillas % | | 14.9 |
| No. 10 | 2.000 | 4.56 | 1.20 | 2.10 | 97.9 | | | | |
| No. 20 | 0.841 | 8.74 | 2.30 | 4.40 | 95.6 | GRAVAS | | | 0.9 % |
| No. 40 | 0.419 | 44.46 | 11.70 | 16.10 | 83.9 | | | | |
| No. 60 | 0.250 | 52.44 | 13.80 | 29.90 | 70.1 | ARENAS | | | 84.2 % |
| No. 140 | 0.105 | 144.40 | 38.00 | 67.90 | 32.1 | | | | |
| No. 200 | 0.074 | 65.36 | 17.20 | 85.10 | 14.9 | FINOS | | | 14.9 % |
| < No. 200 | 0.074 | 56.62 | 14.90 | 100.00 | 0.0 | | | | |
| METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS | | | | | | | | | |
| NTP 339.129 | | | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | LIMITE PLASTICO | | | | |
| LL: | NP | | | | | LP: | NP | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | | | | | | | |
| IP: NP | | | | | | | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 47. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 3 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 10% | 35% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 48. Datos de Clasificación de suelo para la muestra N°3.

| Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|-------------|-----------|------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------|--------|
| METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | |
| NTP 339.128 | | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa | % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina | % | 0.30 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | ARENAS | Arenas Gruesa | % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Media | | % | 26.80 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Fina | | % | 53.50 |
| No. 4 | 4.750 | 1.6 | 0.30 | 0.30 | 99.7 | FINOS | Limos y Arcillas | % | 16.4 |
| No. 10 | 2.000 | 5.74 | 1.10 | 1.40 | 98.6 | | | | |
| No. 20 | 0.841 | 9.92 | 1.90 | 3.30 | 96.7 | GRAVAS | | | 0.3 % |
| No. 40 | 0.419 | 48.56 | 9.30 | 12.60 | 87.4 | ARENAS | | | 83.3 % |
| No. 60 | 0.250 | 91.37 | 17.50 | 30.10 | 69.9 | | | | |
| No. 140 | 0.105 | 205.19 | 39.30 | 69.40 | 30.6 | FINOS | | | 16.4 % |
| No. 200 | 0.074 | 74.14 | 14.20 | 83.60 | 16.4 | | | | |
| < No. 200 | 0.074 | 85.62 | 16.40 | 100.00 | 0.0 | | | | |
| METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS | | | | | | | | | |
| NTP 339.129 | | | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | LIMITE PLASTICO | | | | |
| LL: NP | | | | | LP: NP | | | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | | | | | | | |
| IP: NP | | | | | | | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 49. Clasificación de suelos, método S.U.C.S.

| CALICATA MÁS CRÍTICA (C - 01) | | | | |
|---|-------------------------|-----|------|------------------------|
| CLASIFICACIÓN DE SUELOS (Método S.U.C.S) | | | | |
| RESIDUOS ORGÁNICOS | Muestra 1 ^{ra} | CCA | CBCA | SM Arena limosa |
| | | 6% | 10% | |
| | Muestra 2 ^{da} | CCA | CBCA | SM Arena limosa |
| | | 8% | 20% | |
| | Muestra 3 ^{ra} | CCA | CBCA | SM Arena limosa |
| | | 10% | 35% | |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla N°47 se observa que todas las muestras con diferentes porcentajes de residuos orgánicos, nos dice que son suelos clasificados como Arenas Limosas **SM**.

Método de compactación del suelo en el laboratorio energía de compactación (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³)) NTP 339.141

Se ejecutó el ensayo del Proctor Modificado para cada muestra con sus diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos con el fin de obtener los resultados de la Densidad Máxima Seca y la Humedad Optima (Optimo contenido de Humedad).

Esto se demuestra en las siguientes tablas:

TABLA N° 50. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 1 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 6% | 10% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 51. Tabla para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°1.

| DATOS DE LABORATORIO | | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|---------------|----------------------------|-------------|-------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROJ.: | EKV-0004 | | | |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-05 | | | |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 | | | |
| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | | |
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm ³): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 | |
| 1 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9889.67034 | 10103.28971 | 10152.23072 | 10097.52222 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3441.67034 | 3655.289708 | 3704.230724 | 3649.522219 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm ³) | | 1.620 | 1.721 | 1.744 | 1.718 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 280.19 | 281.04 | 316.81 | 485.89 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 278.70 | 277.60 | 310.90 | 474.60 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 155.70 | 162.40 | 189.50 | 303.30 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 1.49 | 3.44 | 5.91 | 11.29 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 123.00 | 115.20 | 121.40 | 171.30 |
| 11 | Humedad % | | 1.21 | 2.99 | 4.87 | 6.59 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm ³) | | 1.601 | 1.671 | 1.663 | 1.612 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm ³) | | 1.676 | Humedad Optima (%) | 3.62 | |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 23.36 | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 52. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 2 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 8% | 20% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 53. Tabla para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°2

| DATOS DE LABORATORIO | | | | | |
|--|--|--------------------------|---------------|----------------------------|--------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 | | |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-06 | | |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 | | |
| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9930 | 10055 | 10106 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3482 | 3607 | 3658 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm3) | | 1.639 | 1.698 | 1.722 |
| | | | | | 1.714 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 400.70 | 482.81 | 479.98 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 398.70 | 477.20 | 470.90 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 219.80 | 288.80 | 285.30 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 2.00 | 5.61 | 9.08 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 178.90 | 188.40 | 185.60 |
| 11 | Humedad % | | 1.12 | 2.98 | 4.89 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm3) | | 1.621 | 1.649 | 1.642 |
| | | | | | 1.606 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm3) | | 1.651 | Humedad Optima (%) | 3.52 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 24.26 |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 54. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 3 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 10% | 35% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 55. Tabla para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°3.

| DATOS DE LABORATORIO | | | | | |
|--|--|--------------------------|----------------------------|---------------------|--------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 | | |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-07 | | |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 | | |
| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | 9947 | 10037 | 10071 | 10077 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | 3499 | 3589 | 3623 | 3629 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm ³) | 1.647 | 1.690 | 1.706 | 1.709 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | 494.70 | 489.02 | 559.07 | 557.08 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | 492.20 | 483.40 | 544.90 | 542.60 |
| 8 | Masa de Tara (g) | 190.60 | 207.80 | 182.60 | 301.30 |
| 9 | Masa de Agua (g) | 2.50 | 5.62 | 14.17 | 14.48 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | 301.60 | 275.60 | 362.30 | 241.30 |
| 11 | Humedad % | 0.83 | 2.04 | 3.91 | 6.00 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm ³) | 1.634 | 1.656 | 1.642 | 1.612 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm ³) | 1.657 | Humedad Optima (%) | | 2.56 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | | 24.04 |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

CURVA DE COMPACTACIÓN

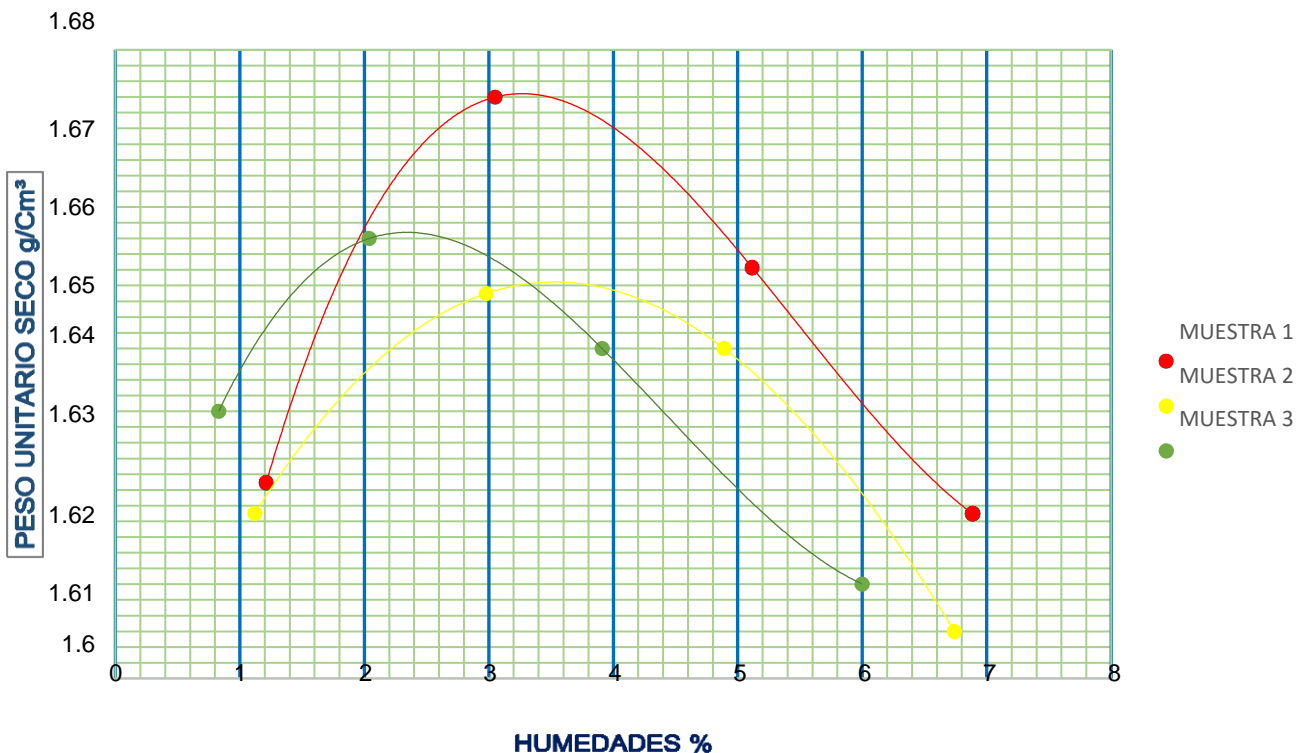


FIGURA N°19. Curva de compactación o Proctor

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°19 se observa la curva de compactación de cada muestra que es generado por los valores de Humedad % y Peso Unitario seco (g/cm^3).

TABLA N° 56. Tabla de determinación de la Densidad Máxima seca y Optimo contenido de humedad de cada muestra.

| CALICATA MÁS CRÍTICA (C - 01) | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|--------|------|---|------------------------------------|
| PROCTOR MODIFICADO | | | | | |
| RESIDUOS ORGÁNICOS | Muestra | Ensayo | | Densidad maxima seca (g/cm^3) | Óptimo contenido de humedad (%) |
| | | CCA | CBCA | | |
| | 1 ^{ra} | 6% | 10% | 1.676 | 3.62 |
| | | CCA | CBCA | | |
| | 2 ^{da} | 8% | 20% | 1.676 | 3.52 |
| | | CCA | CBCA | | |
| | 3 ^{ra} | 10% | 35% | 1.657 | 2.56 |
| | | CCA | CBCA | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°52, se observa que la densidad máxima seca para la muestra 1 es de $1.676 \text{ g}/\text{cm}^3$, para la muestra 2 con $1.676 \text{ g}/\text{cm}^3$ y la muestra 3 con $1.657 \text{ g}/\text{cm}^3$; prosiguiendo con el Optimo contenido de humedad para la muestra 1 con 3.62 %, para la muestra 2 con 3.52% y la muestra 3 con 2.56%.

Standard test method for California Bearing Ratio (CBR) of laboratory-compacted soils ASTM D1883

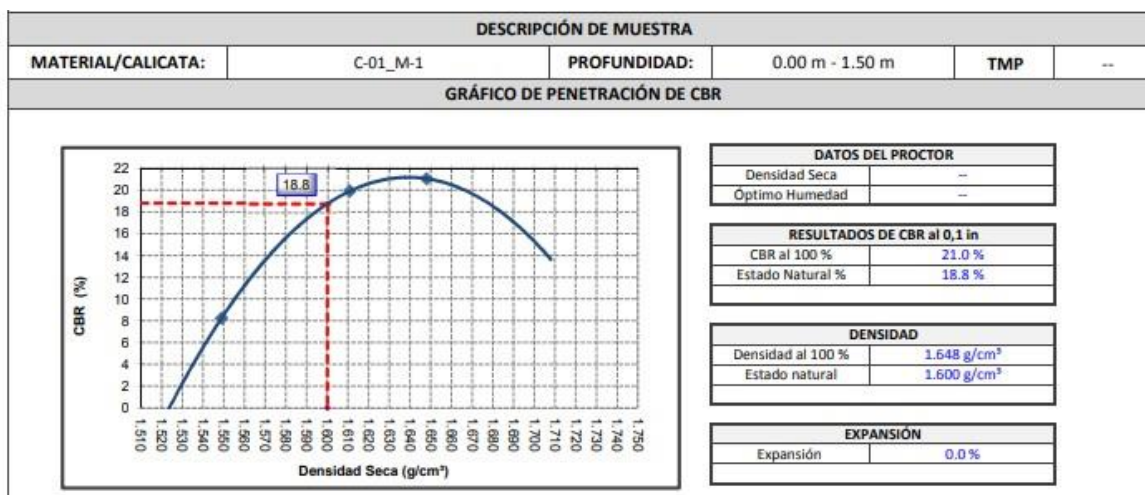
Para el ensayo de CBR se ejecutó los valores de densidad seca para determinar los datos de CBR

TABLA N° 57. Dosificación de la muestra N°1 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 1 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 6% | 10% | 84% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 62. Tabla de resultados de CBR de la muestra N°2.



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 63. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 3 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 10% | 35% | 55% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 64. Tabla del ensayo del CBR ASTM D 1883 de la muestra N°3.

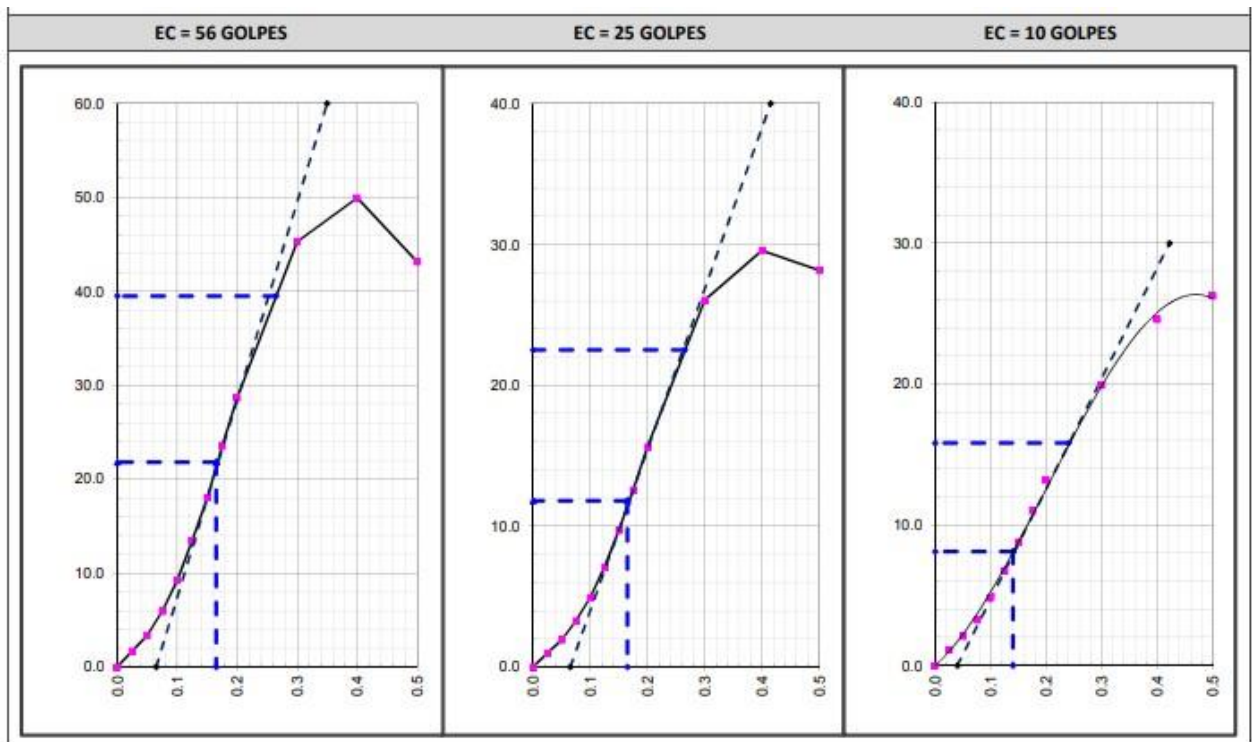
| DESCRIPCIÓN DE MUESTRA | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------|--------------|-----------------|-------------|----------|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
| ENSAYO CBR ASTM D 1883 | | | | | | |
| Molde N° | 10 | | 11 | | 12 | |
| N° Capa | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 10 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso molde + Suelo húmedo | 11816 | 12397 | 11463 | 12071 | 10933 | 11582 |
| Peso de molde (g) | 8263 | 8263 | 8020 | 8020 | 7640 | 7640 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 3553 | 4134 | 3443 | 4051 | 3293 | 3942 |
| Volumen del molde (cm³) | 2113 | 2113 | 2113 | 2113 | 2116 | 2116 |
| Densidad húmeda (g/cm³) | 1.681 | 1.956 | 1.629 | 1.917 | 1.556 | 1.863 |
| % de humedad | 1.67 | 18.09 | 1.70 | 19.40 | 3.10 | 21.50 |
| Densidad seca (g/cm³) | 1.653 | 1.656 | 1.602 | 1.606 | 1.509 | 1.533 |
| Densidad Máxima Laboratorio (g/cm³) | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Tarro N° | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g) | 730.70 | 705.00 | 857.40 | 809.70 | 811.50 | 801.00 |
| Tarro + Suelo seco (g) | 722.90 | 630.80 | 848.00 | 728.90 | 802.30 | 715.10 |
| Peso del Agua (g) | 7.80 | 74.20 | 9.40 | 80.80 | 9.20 | 85.90 |
| Peso del tarro (g) | 255.10 | 220.60 | 295.20 | 312.50 | 505.20 | 315.50 |
| Peso del suelo seco (g) | 467.80 | 410.20 | 552.80 | 416.40 | 297.10 | 399.60 |
| % de humedad | 1.7 | 18.1 | 1.7 | 19.4 | 3.1 | 21.5 |
| Promedio de Humedad (%) | | | | | | |

TABLA N° 67. Tabla de penetración para la muestra N°1.

| PENETRACIÓN (in) | PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|------|--------------------|------------------------------------|------------|--------------------|------------------------------------|------|--------------------|------------------------------------|------|------|
| | CARGA STAND. | MOLDE N° 4 | | | | MOLDE N° 5 | | | | MOLDE N° 7 | | | |
| | | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | CORRECCIÓN kg/cm ² % | kg-f | kg/cm ² | CORRECCIÓN kg/cm ² % | kg-f | kg/cm ² | CORRECCIÓN kg/cm ² % | | |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 32.8 | 1.7 | | | 18.8 | 1.0 | | | 21.8 | 1.1 | | |
| 0.050 | | 65.0 | 3.4 | | | 36.9 | 1.9 | | | 40.2 | 2.1 | | |
| 0.075 | | 114.3 | 5.9 | | | 63.3 | 3.3 | | | 62.3 | 3.2 | | |
| 0.100 | 70 | 178.0 | 9.2 | 21.8 | 31.0 | 95.5 | 4.9 | 11.8 | 16.8 | 93.5 | 4.8 | 8.1 | 11.5 |
| 0.125 | | 259.7 | 13.4 | | | 137.1 | 7.1 | | | 130.4 | 6.7 | | |
| 0.150 | | 348.2 | 18.0 | | | 187.3 | 9.7 | | | 169.6 | 8.8 | | |
| 0.175 | | 454.1 | 23.5 | | | 242.6 | 12.6 | | | 212.5 | 11.0 | | |
| 0.200 | 105 | 553.3 | 28.6 | 39.5 | 37.6 | 301.9 | 15.6 | 22.5 | 21.4 | 254.4 | 13.2 | 15.8 | 15.0 |
| 0.300 | | 875.0 | 45.3 | | | 503.0 | 26.0 | | | 384.7 | 19.9 | | |
| 0.400 | | 964.8 | 49.9 | | | 571.1 | 29.6 | | | 475.2 | 24.6 | | |
| 0.500 | | 833.8 | 43.2 | | | 543.9 | 28.2 | | | 507.4 | 26.3 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 68. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°1



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 69. Dosificación de la muestra N°2 de residuos orgánicos

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|-------------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 2 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 8% | 20% | 72% |

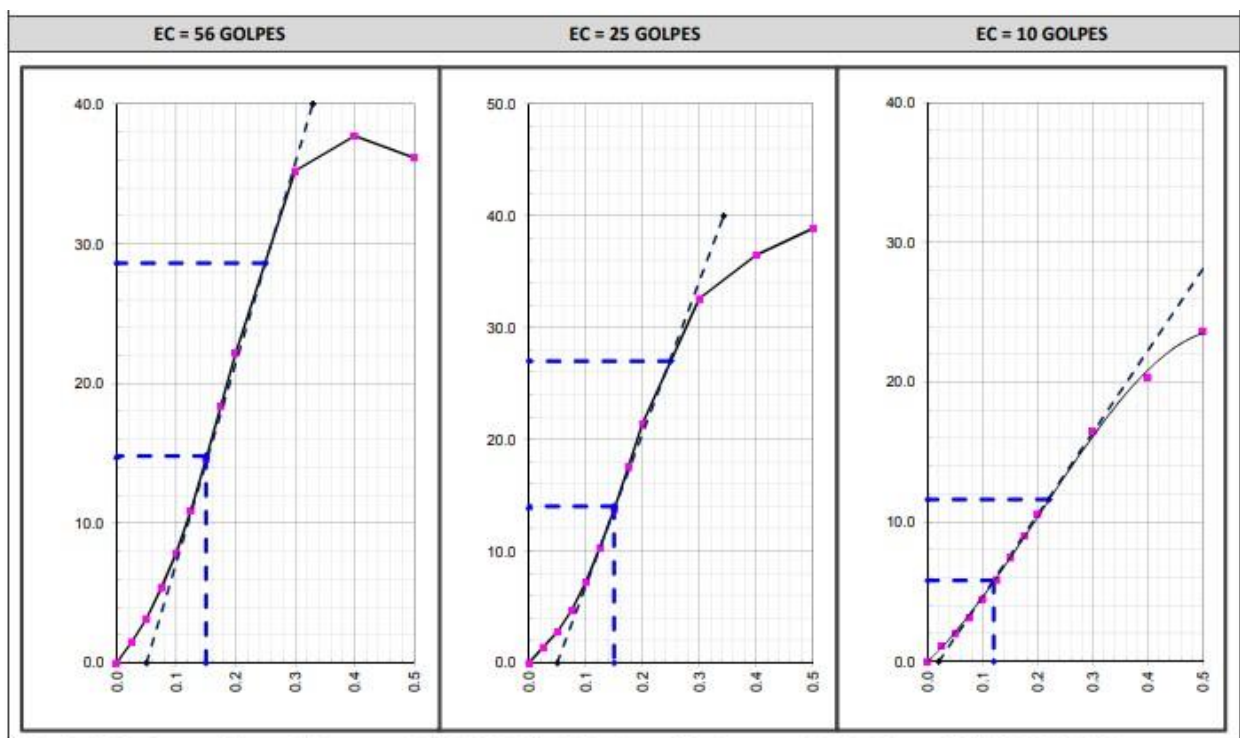
Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 70. Tabla de penetración para la muestra N°2.

| PENETRACIÓN (in) | PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------------|---------------|--------------------|------------------------------------|------|---------------|--------------------|------------------------------------|------|---------------|--------------------|------------------------------------|------|
| | CARGA | MOLDE N° 10 | | | | MOLDE N° 11 | | | | MOLDE N° 12 | | | |
| | STAND. kg/cm ² | CARGA kg-f | kg/cm ² | CORRECCIÓN kg/cm ² % | | CARGA kg-f | kg/cm ² | CORRECCIÓN kg/cm ² % | | CARGA kg-f | kg/cm ² | CORRECCIÓN kg/cm ² % | |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 28.8 | 1.5 | | | 27.1 | 1.4 | | | 21.8 | 1.1 | | |
| 0.050 | | 60.7 | 3.1 | | | 53.3 | 2.8 | | | 38.5 | 2.0 | | |
| 0.075 | | 103.2 | 5.3 | | | 90.1 | 4.7 | | | 60.3 | 3.1 | | |
| 0.100 | 70 | 151.8 | 7.9 | 14.8 | 21.0 | 138.7 | 7.2 | 14.0 | 19.9 | 86.5 | 4.5 | 5.8 | 8.2 |
| 0.125 | | 210.8 | 10.9 | | | 198.7 | 10.3 | | | 112.6 | 5.8 | | |
| 0.150 | | 281.5 | 14.6 | | | 264.4 | 13.7 | | | 143.4 | 7.4 | | |
| 0.175 | | 354.6 | 18.4 | | | 338.1 | 17.5 | | | 173.6 | 9.0 | | |
| 0.200 | 105 | 427.6 | 22.1 | 28.6 | 27.2 | 413.5 | 21.4 | 27.0 | 25.7 | 204.4 | 10.6 | 11.6 | 11.0 |
| 0.300 | | 680.3 | 35.2 | | | 629.4 | 32.6 | | | 318.4 | 16.5 | | |
| 0.400 | | 728.6 | 37.7 | | | 704.8 | 36.5 | | | 393.4 | 20.4 | | |
| 0.500 | | 698.4 | 36.1 | | | 750.7 | 38.9 | | | 457.1 | 23.7 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 71. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°2



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 72. Dosificación de la muestra N°3 de residuos orgánicos

| Calicata más crítica (C-01) | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | | |
| Residuos Orgánicos | Muestra 3 ^{ra} | CCA | CBCA | MUESTRA PATRON |
| | | 10% | 35% | 55% |

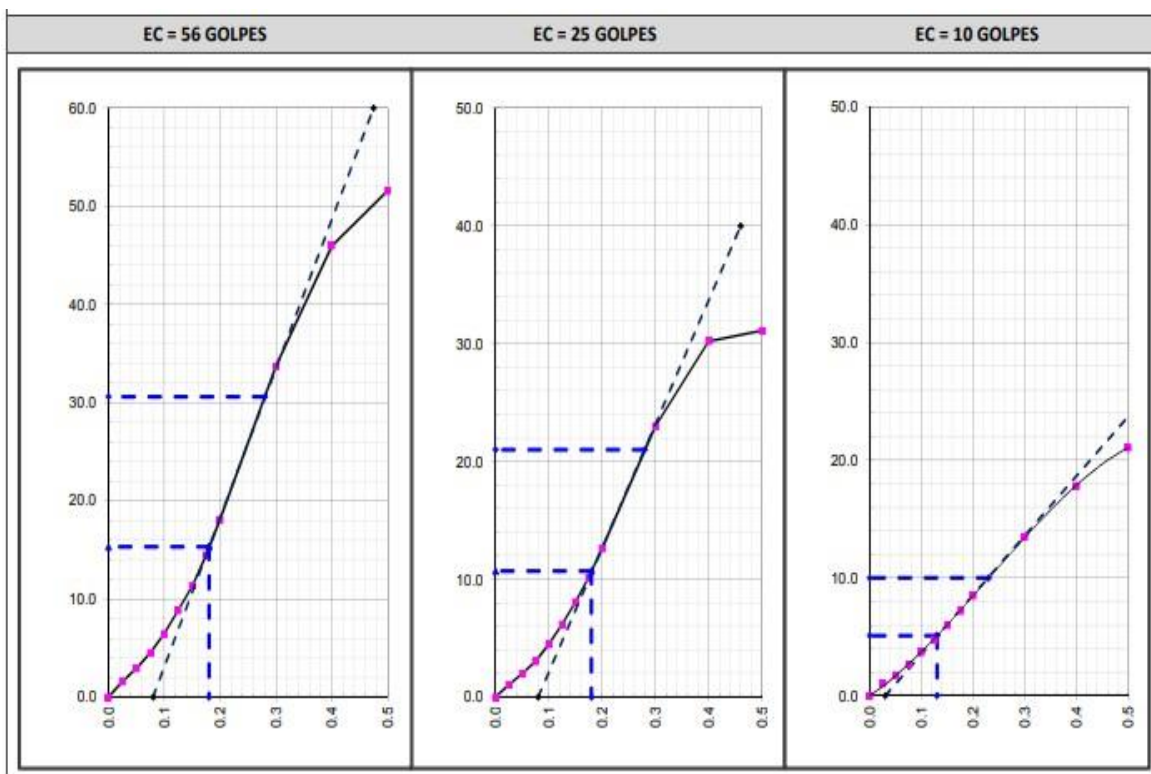
Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 73. Tabla de penetración para la muestra N°3.

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|-------------|--------------------|--------------------|------|-------------|--------------------|--------------------|-----|
| PENETRACIÓN (in) | CARGA | MOLDE N° 10 | | | | | MOLDE N° 11 | | | | MOLDE N° 12 | | | |
| | STAND. | CARGA | | CORRECCIÓN | | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | % | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 30.5 | 1.6 | | | | 20.1 | 1.0 | | | 19.8 | 1.0 | | |
| 0.050 | | 56.3 | 2.9 | | | | 38.2 | 2.0 | | | 33.8 | 1.7 | | |
| 0.075 | | 86.8 | 4.5 | | | | 58.3 | 3.0 | | | 51.6 | 2.7 | | |
| 0.100 | 70 | 125.0 | 6.5 | 15.3 | 21.8 | | 86.5 | 4.5 | 10.7 | 15.2 | 71.7 | 3.7 | 5.1 | 7.3 |
| 0.125 | | 170.6 | 8.8 | | | | 119.3 | 6.2 | | | 92.5 | 4.8 | | |
| 0.150 | | 218.8 | 11.3 | | | | 155.8 | 8.1 | | | 115.3 | 6.0 | | |
| 0.175 | | 279.5 | 14.5 | | | | 196.4 | 10.2 | | | 139.1 | 7.2 | | |
| 0.200 | 105 | 349.5 | 18.1 | 30.6 | 29.1 | | 243.3 | 12.6 | 21.0 | 20.0 | 164.2 | 8.5 | 10.0 | 9.5 |
| 0.300 | | 651.1 | 33.7 | | | | 444.0 | 23.0 | | | 260.7 | 13.5 | | |
| 0.400 | | 888.1 | 46.0 | | | | 583.5 | 30.2 | | | 344.5 | 17.8 | | |
| 0.500 | | 996.3 | 51.6 | | | | 600.9 | 31.1 | | | 406.8 | 21.1 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 74. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°3.



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

RESULTADOS CON EL ADITIVO TERRASIL

Para los resultados con el aditivo terrasil se adicionarán los porcentajes de cada muestra, para la cual estas deben estar mezcladas con la muestra patrón, para luego ejecutar los ensayos planteados en la tesis, con la finalidad de demostrar su rendimiento conforme a las propiedades para estabilizar.

Análisis granulométrico de suelos por tamizado NTP 339.128

En las siguientes tablas muestran los resultados del laboratorio con fines de demostrar la clasificación granulométrica.

TABLA N° 75. Dosificación de la muestra N°1 de Aditivo Químico.

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|------------------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 1 ^{ra} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 2% | 98% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 76. Datos de la muestra N°1 de la calicata C – 01 ensayado Aditivo Químico más la muestra patrón.

| DATOS DE LABORATORIO/ MUESTRA PATRÓN | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------------|--|----------------------|--|--|--|
| CALICATA | C - 01 | CÓDIGO DEL PROYECTO | | EKV-0004 | | | |
| MUESTRA | M - 01 | NÚMERO DE SOLICITUD | | LEM2110002-01 | | | |
| PROFUNDIDAD | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO | | 30/09/2021 | | | |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 346.8 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.288351 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 1.3 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 91.4 % |
| No. 4 | 4.750 | 4.5 | 1.3 | 1.3 | 98.7 | FINOS | 7.3 % |
| No. 10 | 2.000 | 3.12 | 0.9 | 2.2 | 97.8 | Tam. Máx. Particula | 2 ln |
| No. 20 | 0.841 | 1.04 | 0.3 | 2.5 | 97.5 | D10 | 0.090 |
| No. 40 | 0.419 | 6.59 | 1.9 | 4.4 | 95.6 | D30 | 0.127 |
| No. 60 | 0.250 | 80.80 | 23.3 | 27.7 | 72.3 | D60 | 0.205 |
| No. 140 | 0.105 | 187.27 | 54.0 | 81.7 | 18.3 | Coef. Uniformidad | 2.29 |
| No. 200 | 0.074 | 38.15 | 11.0 | 92.7 | 7.3 | Coef. Curvatura | 0.87 |
| < No. 200 | 0.074 | 25.3 | 7.3 | 100.0 | 0.0 | | |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 77. Dosificación de la muestra N°2 de Aditivo Químico.

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 2 ^{do} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 6% | 94% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 78. Datos de la muestra N°2 de la calicata C – 01 ensayado Aditivo Químico más la muestra patrón.

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 322.1 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.310463 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 2.4 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 88.3 % |
| No. 4 | 4.750 | 7.7 | 2.4 | 2.4 | 97.6 | FINOS | 9.3 % |
| No. 10 | 2.000 | 2.25 | 0.7 | 3.1 | 96.9 | Tam. Máx. Particula | 2 in |
| No. 20 | 0.841 | 7.41 | 2.3 | 5.4 | 94.6 | D10 | 0.087 |
| No. 40 | 0.419 | 38.65 | 12.0 | 17.4 | 82.6 | D30 | 0.122 |
| No. 60 | 0.250 | 40.94 | 12.7 | 30.1 | 69.9 | D60 | 0.209 |
| No. 140 | 0.105 | 155.54 | 48.3 | 78.4 | 21.6 | Coef. Uniformidad | 2.41 |
| No. 200 | 0.074 | 39.62 | 12.3 | 90.7 | 9.3 | Coef. Curvatura | 0.82 |
| < No. 200 | 0.074 | 30.0 | 9.3 | 100.0 | 0.0 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 79. Dosificación de la muestra N°3 de Aditivo Químico

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 3 ^{ra} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 7% | 93% |

Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 80. Datos de la muestra N°3 de la calicata C – 01 ensayado Aditivo Químico más la muestra patrón.

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 456.7 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.218962 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.8 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 90.5 % |
| No. 4 | 4.750 | 3.7 | 0.8 | 0.8 | 99.2 | FINOS | 8.7 % |
| No. 10 | 2.000 | 8.22 | 1.8 | 2.6 | 97.4 | Tam. Máx. Particula | 2 In |
| No. 20 | 0.841 | 21.92 | 4.8 | 7.4 | 92.6 | D10 | 0.090 |
| No. 40 | 0.419 | 30.60 | 6.7 | 14.1 | 85.9 | D30 | 0.129 |
| No. 60 | 0.250 | 72.16 | 15.8 | 29.9 | 70.1 | D60 | 0.211 |
| No. 140 | 0.105 | 238.85 | 52.3 | 82.2 | 17.8 | Coef. Uniformidad | 2.35 |
| No. 200 | 0.074 | 41.56 | 9.1 | 91.3 | 8.7 | Coef. Curvatura | 0.87 |
| < No. 200 | 0.074 | 39.7 | 8.7 | 100.0 | 0.0 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

Grafica de las curvas granulométricas de las muestras m1, m2 y m3 con Aditivo terrasil

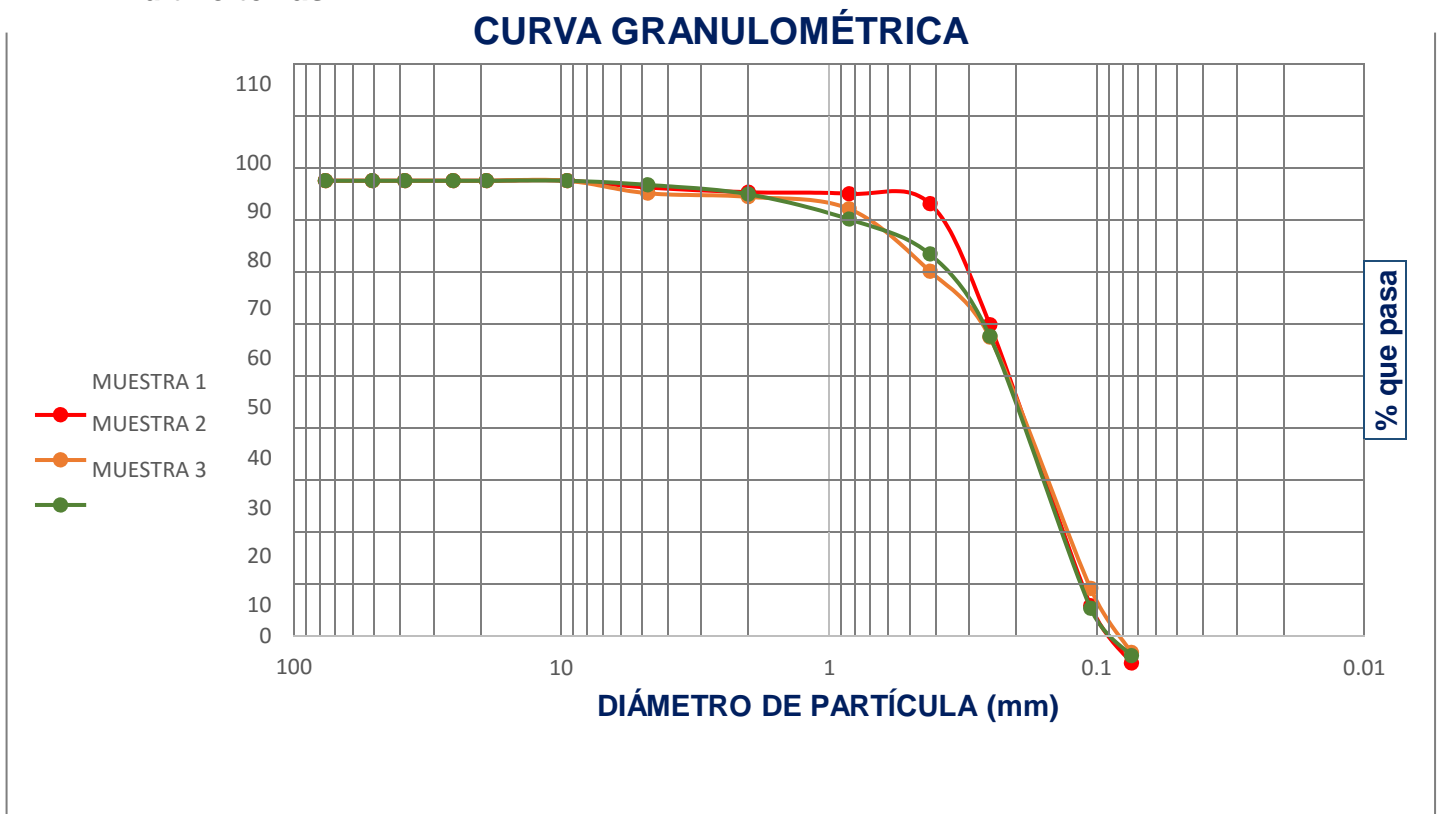


FIGURA N°20. Curva granulométrica de todas las muestras de

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación de suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) NTP 339. 134

Se mostrarán el peso retenido tanto para la primera, segunda y tercera muestra, para extraer los resultados de composición granulométrica de cada una de ellas

TABLA N° 81. Dosificación de la muestra N°1 de Aditivo Químico y su clasificación de suelo SUCS

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 1 ^{ra} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 2% | 98% |

| <i>Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS</i> | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | |
| NTP 339.128 | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 1.30 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Gruesa % | 1.20 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Media % | 25.20 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina % | 65.00 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | FINOS | Limos y Arcillas % |
| No. 4 | 4.750 | 4.5 | 1.30 | 1.30 | 98.7 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 3.12 | 0.90 | 2.20 | 97.8 | | | |
| No. 20 | 0.841 | 1.04 | 0.30 | 2.50 | 97.5 | GRAVAS | | 1.3 % |
| No. 40 | 0.419 | 6.59 | 1.90 | 4.40 | 95.6 | ARENAS | | 91.4 % |
| No. 60 | 0.250 | 80.80 | 23.30 | 27.70 | 72.3 | | | |
| No. 140 | 0.105 | 187.27 | 54.00 | 81.70 | 18.3 | FINOS | | 7.3 % |
| No. 200 | 0.074 | 38.15 | 11.00 | 92.70 | 7.3 | | | |
| < No. 200 | 0.074 | 25.32 | 7.30 | 100.00 | 0.0 | | | |

| METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS | | | |
|---|----|-----------------|----|
| NTP 339.129 | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
| LL: | NP | LP: | NP |

| INDICE DE PLASTICIDAD | |
|-----------------------|----|
| IP: | NP |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

TABLA N° 82. Dosificación de la muestra N°2 de Aditivo Químico y su clasificación de suelo SUCS

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 2 ^{do} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 6% | 94% |

| Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|-------------|-----------|------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------|-------|
| METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | |
| NTP 339.128 | | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa | % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina | % | 2.40 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | ARENAS | Arenas Gruesa | % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Media | | % | 24.71 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Fina | | % | 60.59 |
| No. 4 | 4.750 | 7.7 | 2.40 | 2.40 | 97.6 | FINOS | Limos y Arcillas | % | 9.3 |
| No. 10 | 2.000 | 2.25 | 0.70 | 3.10 | 96.9 | | | | |
| No. 20 | 0.841 | 7.41 | 2.30 | 5.40 | 94.6 | GRAVAS | | 2.4 % | |
| No. 40 | 0.419 | 38.65 | 12.00 | 17.40 | 82.6 | ARENAS | | 88.3 % | |
| No. 60 | 0.250 | 40.94 | 12.71 | 30.11 | 69.9 | FINOS | | 9.3 % | |
| No. 140 | 0.105 | 155.54 | 48.29 | 78.40 | 21.6 | | | | |
| No. 200 | 0.074 | 39.62 | 12.30 | 90.70 | 9.3 | | | | |
| < No. 200 | 0.074 | 29.96 | 9.30 | 100.00 | 0.0 | | | | |
| METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS | | | | | | | | | |
| NTP 339.129 | | | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | LIMITE PLASTICO | | | | |
| LL: NP | | | | | LP: NP | | | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | | | | | | | |
| IP: NP | | | | | | | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

TABLA N° 83. Dosificación de la muestra N°3 de Aditivo Químico y su clasificación de suelo SUCS

| Calicata más crítica (C-01) | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|---------------|----------------|-----------|------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------|-------|
| DOSIFICACIÓN | | | | | | | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 3 ^{ra} | Terrasil | MUESTRA PATRON | | | | | | |
| | | 7% | 93% | | | | | | |
| Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS | | | | | | | | | |
| METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | |
| NTP 339.128 | | | | | | | | | |
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | | |
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa | % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina | % | 0.80 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | ARENAS | Arenas Gruesa | % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Media | | % | 22.50 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Fina | | % | 61.40 |
| No. 4 | 4.750 | 3.7 | 0.80 | 0.80 | 99.2 | FINOS | Limos y Arcillas | % | 8.7 |
| No. 10 | 2.000 | 8.22 | 1.80 | 2.60 | 97.4 | | | | |
| No. 20 | 0.841 | 21.92 | 4.80 | 7.40 | 92.6 | GRAVAS | | 0.8 % | |
| No. 40 | 0.419 | 30.60 | 6.70 | 14.10 | 85.9 | ARENAS | | 90.5 % | |
| No. 60 | 0.250 | 72.16 | 15.80 | 29.90 | 70.1 | FINOS | | 8.7 % | |
| No. 140 | 0.105 | 238.85 | 52.30 | 82.20 | 17.8 | | | | |
| No. 200 | 0.074 | 41.56 | 9.10 | 91.30 | 8.7 | | | | |
| < No. 200 | 0.074 | 39.73 | 8.70 | 100.00 | 0.0 | | | | |
| METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS | | | | | | | | | |
| NTP 339.129 | | | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | LIMITE PLASTICO | | | | |
| LL: NP | | | | | LP: NP | | | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | | | | | | | |
| IP: NP | | | | | | | | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

TABLA N° 84. Tabla de las muestras con sus respectivas clasificaciones de suelos SUCS.

| CALICATA MÁS CRÍTICA (C - 01) | | | |
|--|-------------------------|----------|--|
| CLASIFICACIÓN DE SUELOS (Método S.U.C.S) | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 1 ^{ra} | Terrasil | SP SM Arena pobrementemente graduada con limo |
| | | 2% | |
| | Muestra 2 ^{da} | Terrasil | SP SM Arena pobrementemente graduada con limo |
| | | 6% | |
| | Muestra 3 ^{ra} | Terrasil | SP SM Arena pobrementemente graduada con limo |
| | | 7% | |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla N°84 se observa que todas las muestras con diferentes porcentajes del aditivo químico, nos dice que son suelos clasificados como Arenas pobrementemente graduada con limo **SP SM**.

Método de compactación del suelo en el laboratorio energía de compactación (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³)) NTP 339.141

Se ejecutó el ensayo del Proctor Modificado para cada muestra con sus diferentes porcentajes de Aditivo químico con el fin de obtener los resultados de la Densidad Máxima Seca y la Humedad Optima (Optimo contenido de Humedad).

Esto se demuestra en las siguientes tablas:

TABLA N° 85. Tabla de su dosificación para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°1.

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 1 ^{ra} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 2% | 98% |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | | |
|--|---|--------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 | |
| 1 | No. Pruebras | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9902 | 10048 | 10124 | 10102 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3454 | 3600 | 3676 | 3654 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm3) | | 1.626 | 1.695 | 1.731 | 1.720 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | | |
| 5 | No. Pruebras | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 402.98 | 485.16 | 466.43 | 528.84 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 401.90 | 478.10 | 455.90 | 510.10 |
| 8 | Masa de Tara (g.) | | 190.50 | 193.50 | 200.30 | 207.80 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 1.08 | 7.06 | 10.53 | 18.74 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 211.40 | 284.60 | 255.60 | 302.30 |
| 11 | Humedad % | | 0.51 | 2.48 | 4.12 | 6.20 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm3) | | 1.618 | 1.654 | 1.662 | 1.620 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm3) | | 1.663 | Humedad Optima (%) | | 3.71 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C. 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | | 23.82 |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

TABLA N° 86. Tabla de su dosificación para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°2.

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 2 ^{do} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 6% | 94% |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | | |
|--|---|--------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 | |
| 1 | No. Pruebras | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9877 | 10014 | 10112 | 10056 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3429 | 3566 | 3664 | 3608 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm3) | | 1.614 | 1.679 | 1.725 | 1.699 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | | |
| 5 | No. Pruebras | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 281.53 | 304.92 | 299.13 | 401.12 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 281.20 | 301.60 | 293.00 | 389.60 |
| 8 | Masa de Tara (g.) | | 125.60 | 136.40 | 144.20 | 201.40 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 0.33 | 3.32 | 6.13 | 11.52 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 155.60 | 165.20 | 148.80 | 188.20 |
| 11 | Humedad % | | 0.21 | 2.01 | 4.12 | 6.12 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm3) | | 1.611 | 1.646 | 1.657 | 1.601 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm3) | | 1.660 | Humedad Optima (%) | | 3.52 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C. 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | | 23.93 |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

TABLA N° 87. Tabla de su dosificación para determinar la densidad máxima seca y Humedad Optima de la muestra N°3.

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 3ra | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 7% | 93% |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
|--|---|--------------------------|----------------------------|---------------------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | 9906 | 10091 | 10187 | 10162 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | 3458 | 3643 | 3739 | 3714 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm3) | 1.628 | 1.715 | 1.760 | 1.749 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | 495.48 | 489.02 | 423.25 | 429.70 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | 492.90 | 482.90 | 411.80 | 411.90 |
| 8 | Masa de Tara (g) | 303.30 | 284.30 | 189.50 | 155.40 |
| 9 | Masa de Agua (g) | 2.58 | 6.12 | 11.45 | 17.80 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | 189.60 | 198.60 | 222.30 | 256.50 |
| 11 | Humedad % | 1.36 | 3.08 | 5.15 | 6.94 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm3) | 1.606 | 1.664 | 1.674 | 1.635 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm3) | 1.678 | Humedad Optima (%) | 4.39 | |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C. 127). | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 23.28 | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

CURVA GRANULOMÉTRICA

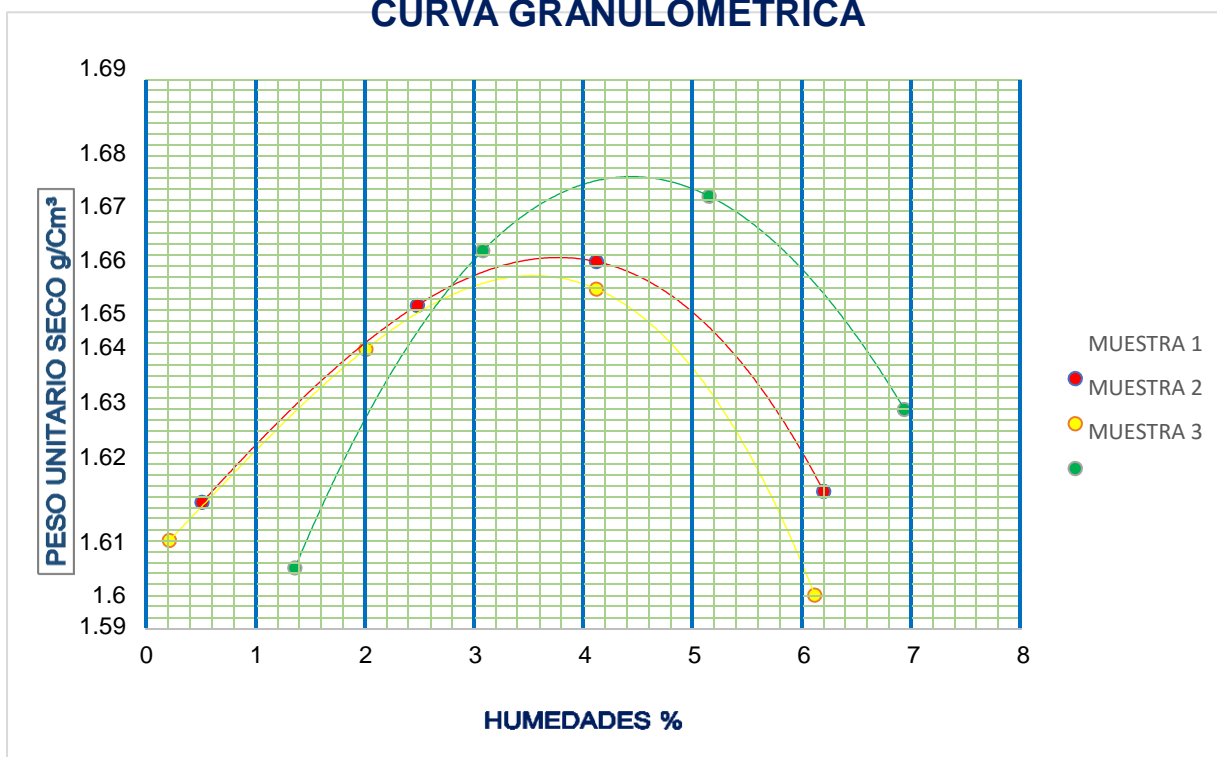


FIGURA N°21. Curva granulométrica de todas las muestras del Aditivo Terrasil

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°21 se observa la curva de compactación de cada muestra que es generado por los valores de Humedad % y Peso Unitario seco (g/cm³).

TABLA N° 88. Tabla de determinación de la Densidad Máxima seca y Optimo contenido de humedad de cada muestra.

| CALICATA MÁS CRÍTICA (C - 01) | | | | | |
|-------------------------------|---------|-----------------|----------|---|------------------------------------|
| PROCTOR MODIFICADO | | | | | |
| ADITIVO TERRASIL | Muestra | | Ensayo | Densidad maxima seca (g/cm ³) | Óptimo contenido de humedad (%) |
| | | 1 ^{ra} | Terrasil | | 1.663 |
| 2% | | | | | |
| 2 ^{da} | | Terrasil | | 1.660 | 3.52 |
| | | 6% | | | |
| 3 ^{ra} | | Terrasil | | 1.678 | 4.39 |
| | | 7% | | | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°83, se observa que la densidad máxima seca para la muestra 1 es de 1.663 g/cm³, para la muestra 2 con 1.660 g/cm³ y la muestra 3 con 1.678 g/cm³; prosiguiendo con el Optimo contenido de humedad para la muestra 1 con 3.71%, para la muestra 2 con 3.52% y la muestra 3 con 4.39%.

Standard test method for California Bearing Ratio (CBR) of laboratory-compacted soils ASTM D1883

Se mostrarán el peso retenido tanto para la primera, segunda y tercera muestra, para extraer los resultados de composición granulométrica de cada una de ellas.

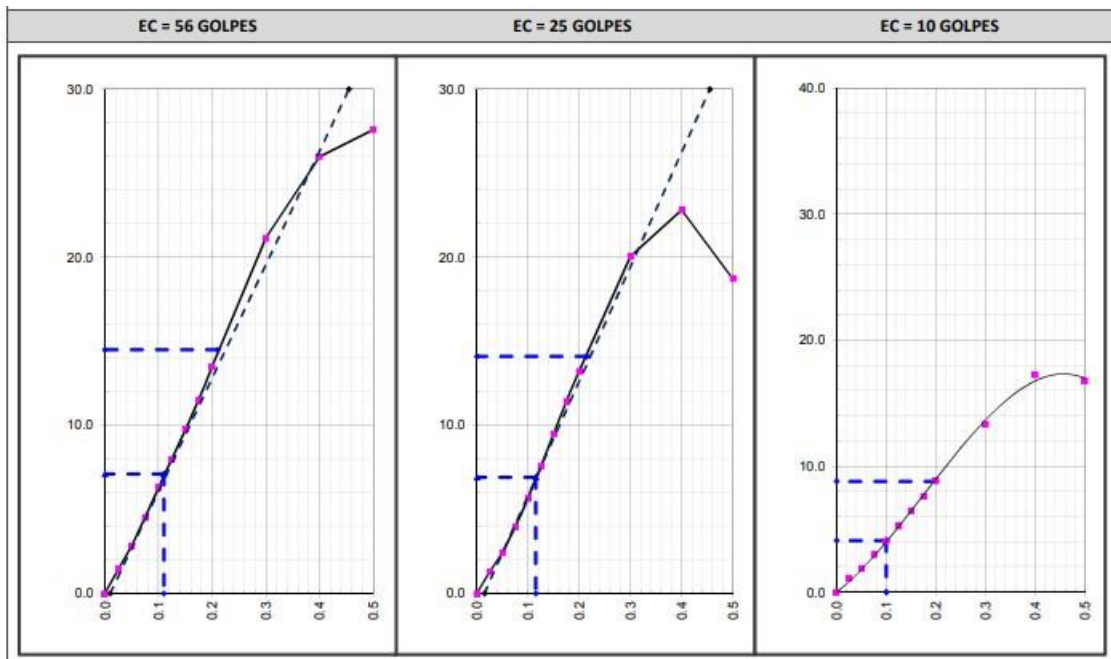
En las siguientes tablas se observarán los golpes para cada molde de diferentes muestras:

TABLA N° 95. Tabla de Dosificación y Penetración de la muestra N°1 con el aditivo terrasil.

| Calicata más crítica (C-01) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----|
| DOSIFICACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 1 ^{ra} | Terrasil | | | | MUESTRA PATRON | | | | | | | |
| | | 2% | | | | 98% | | | | | | | |
| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
| PENETRACIÓN (in) | CARGA | | MOLDE N° 4 | | | | MOLDE N° 5 | | | | MOLDE N° 7 | | |
| | STAND. | CARGA | CORRECCIÓN | | CORRECCIÓN | | CORRECCIÓN | | CORRECCIÓN | | CORRECCIÓN | | |
| | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | kg/cm ² | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 27.8 | 1.4 | | | 25.1 | 1.3 | | | 21.1 | 1.1 | | |
| 0.050 | | 54.6 | 2.8 | | | 46.6 | 2.4 | | | 36.9 | 1.9 | | |
| 0.075 | | 87.1 | 4.5 | | | 76.7 | 4.0 | | | 57.3 | 3.0 | | |
| 0.100 | 70 | 121.7 | 6.3 | 7.1 | 10.1 | 109.3 | 5.7 | 6.9 | 9.8 | 78.8 | 4.1 | 4.1 | 5.8 |
| 0.125 | | 154.2 | 8.0 | | | 146.1 | 7.6 | | | 101.5 | 5.3 | | |
| 0.150 | | 188.7 | 9.8 | | | 183.6 | 9.5 | | | 125.3 | 6.5 | | |
| 0.175 | | 222.5 | 11.5 | | | 220.8 | 11.4 | | | 147.5 | 7.6 | | |
| 0.200 | 105 | 260.7 | 13.5 | 14.5 | 13.8 | 255.7 | 13.2 | 14.1 | 13.4 | 170.9 | 8.8 | 8.8 | 8.4 |
| 0.300 | | 408.5 | 21.1 | | | 387.4 | 20.1 | | | 257.7 | 13.3 | | |
| 0.400 | | 502.0 | 26.0 | | | 440.7 | 22.8 | | | 333.1 | 17.2 | | |
| 0.500 | | 532.8 | 27.6 | | | 361.6 | 18.7 | | | 324.7 | 16.8 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C

TABLA N° 96. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°1.



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

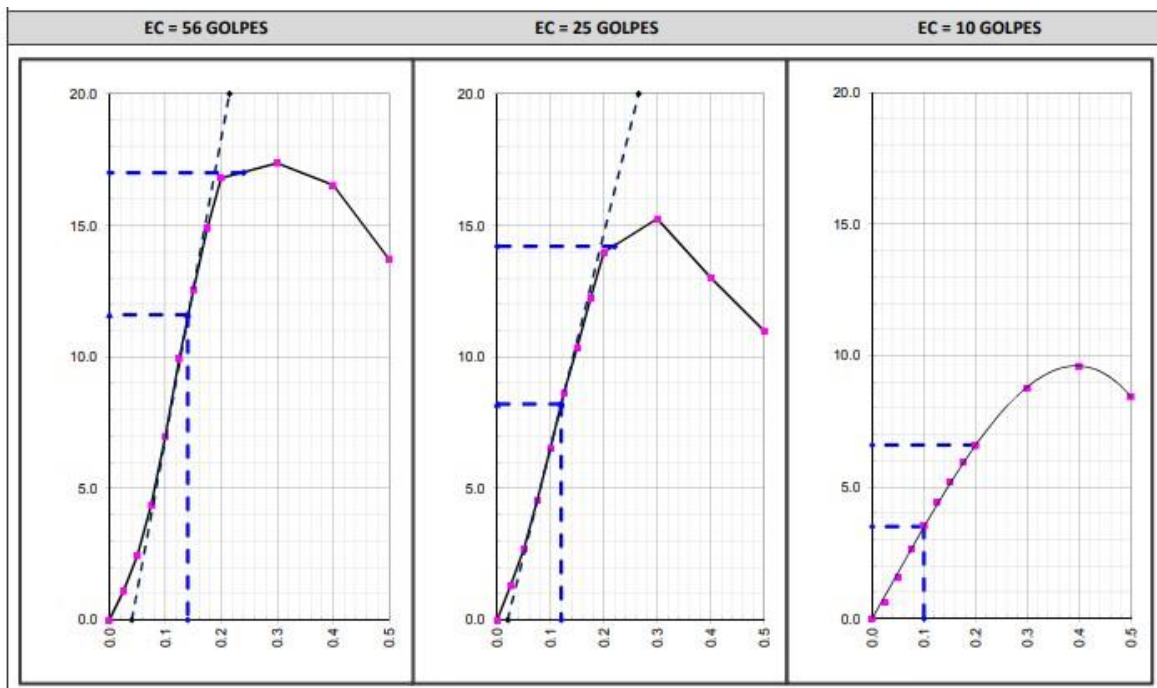
TABLA N° 97. Tabla de Dosificación y Penetración de la muestra N°2 con el aditivo terrasil

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 2 ^{do} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 6% | 94% |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|------|-------------|--------------------|--------------------|------|-------------|--------------------|--------------------|-----|
| PENETRACIÓN (in) | CARGA | MOLDE N° 10 | | | | MOLDE N° 11 | | | | MOLDE N° 12 | | | |
| | STAND. | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 20.9 | 1.1 | | | 25.0 | 1.3 | | | 12.1 | 0.6 | | |
| 0.050 | | 47.0 | 2.4 | | | 51.9 | 2.7 | | | 30.1 | 1.6 | | |
| 0.075 | | 84.5 | 4.4 | | | 87.7 | 4.5 | | | 50.8 | 2.6 | | |
| 0.100 | 70 | 134.7 | 7.0 | 11.6 | 16.5 | 126.3 | 6.5 | 8.2 | 11.7 | 67.9 | 3.5 | 3.5 | 5.0 |
| 0.125 | | 191.6 | 9.9 | | | 166.7 | 8.6 | | | 85.4 | 4.4 | | |
| 0.150 | | 242.1 | 12.5 | | | 200.0 | 10.4 | | | 100.7 | 5.2 | | |
| 0.175 | | 287.5 | 14.9 | | | 236.0 | 12.2 | | | 114.8 | 5.9 | | |
| 0.200 | 105 | 324.5 | 16.8 | 17.0 | 16.2 | 270.1 | 14.0 | 14.2 | 13.5 | 126.9 | 6.6 | 6.6 | 6.3 |
| 0.300 | | 335.4 | 17.4 | | | 294.6 | 15.2 | | | 169.1 | 8.8 | | |
| 0.400 | | 319.4 | 16.5 | | | 251.3 | 13.0 | | | 185.5 | 9.6 | | |
| 0.500 | | 265.0 | 13.7 | | | 212.3 | 11.0 | | | 163.1 | 8.4 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 98. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°2



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

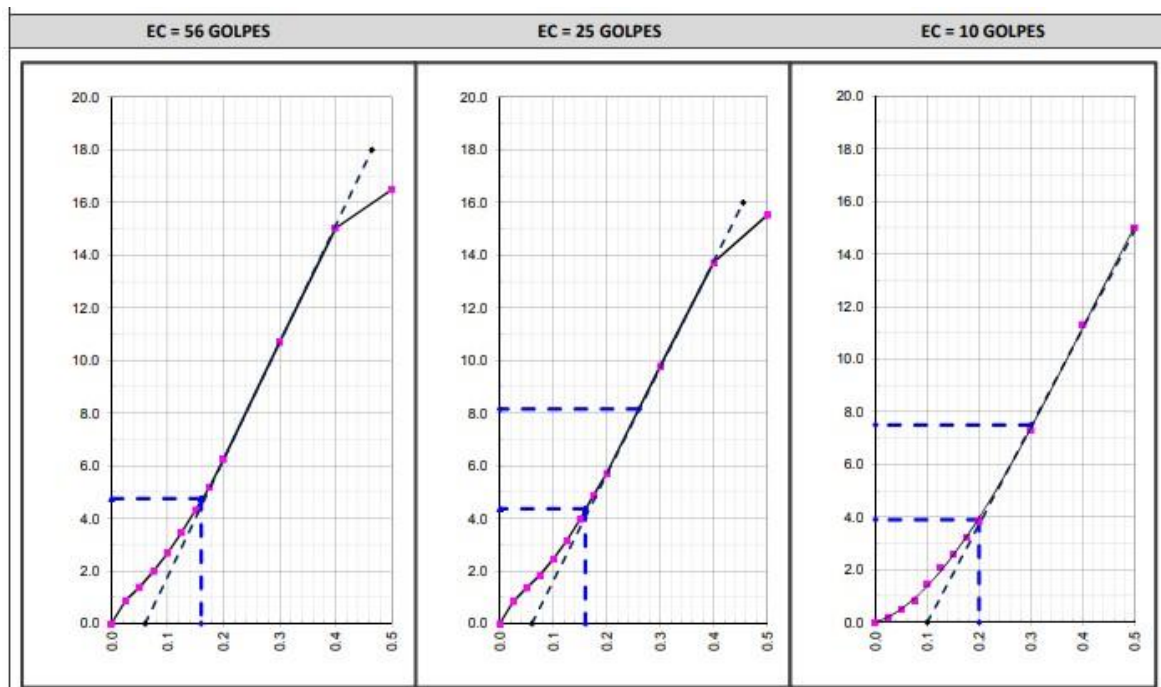
TABLA N° 99. Tabla de Dosificación y Penetración de la muestra N°3 con el aditivo terrasil

| Calicata más crítica (C-01) | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| DOSIFICACIÓN | | | |
| ADITIVO QUIMICO | Muestra 3 ^{ra} | Terrasil | MUESTRA PATRON |
| | | 7% | 93% |

| PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|------|-------------|--------------------|--------------------|-----|-------------|--------------------|--------------------|-----|
| PENETRACIÓN (in) | CARGA | MOLDE N° 14 | | | | MOLDE N° 15 | | | | MOLDE N° 21 | | | |
| | STAND. | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | kg/cm ² | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % | kg-f | kg/cm ² | kg/cm ² | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 16.8 | 0.9 | | | 16.1 | 0.8 | | | 3.7 | 0.2 | | |
| 0.050 | | 26.8 | 1.4 | | | 26.1 | 1.4 | | | 9.4 | 0.5 | | |
| 0.075 | | 38.2 | 2.0 | | | 35.5 | 1.8 | | | 16.1 | 0.8 | | |
| 0.100 | 70 | 51.6 | 2.7 | 4.8 | 6.8 | 47.3 | 2.4 | 4.4 | 6.2 | 28.2 | 1.5 | 3.9 | 5.5 |
| 0.125 | | 66.7 | 3.5 | | | 60.7 | 3.1 | | | 40.2 | 2.1 | | |
| 0.150 | | 83.4 | 4.3 | | | 76.4 | 4.0 | | | 49.9 | 2.6 | | |
| 0.175 | | 100.2 | 5.2 | | | 93.8 | 4.9 | | | 62.3 | 3.2 | | |
| 0.200 | 105 | 120.3 | 6.2 | 28.5 | 27.1 | 110.3 | 5.7 | 8.2 | 7.8 | 74.1 | 3.8 | 7.5 | 7.1 |
| 0.300 | | 206.4 | 10.7 | | | 189.0 | 9.8 | | | 141.1 | 7.3 | | |
| 0.400 | | 290.2 | 15.0 | | | 265.1 | 13.7 | | | 218.9 | 11.3 | | |
| 0.500 | | 318.4 | 16.5 | | | 299.6 | 15.5 | | | 289.8 | 15.0 | | |

Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

TABLA N° 100. Tabla de golpes por cada molde de la muestra N°3.



Fuente: Elaborado por el laboratorio EX K VAR S.A.C.

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MÉTODO AASTHO 1993

Zona de estudio:

| | | | |
|-------------------|-------------------|------------------------------------|------------------|
| DEPARTAMENTO | LIMA | AÑO ACTUAL | 2021 |
| PROVINCIA | LIMA | MES | SETIEMBRE |
| DISTRITO | CHORRILLOS | PEAJE (Mas cercano) | CHILCA |
| PERIODO DE DISEÑO | 20 años | TIEMPO DE ESTUDIO MAS CONSTRUCCIÓN | 4 años |

TABLA N° 101. Resumen de los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

| Días | VEHÍCULOS LIVIANOS | | | | | VEHÍCULOS PESADOS | | | | TOTAL |
|--------------|--------------------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------------|------------|------------|------------|-------------|
| | Automóvil | Station Wagon | Pikup | Panel | C. Rural | Micro | Bus 2E | >=3 E | 2 E | |
| LUNES | 146 | 95 | 50 | 167 | 200 | 57 | 29 | 52 | 41 | 744 |
| MARTES | 146 | 97 | 49 | 163 | 198 | 59 | 32 | 51 | 40 | 744 |
| MIÉRCOLES | 150 | 91 | 50 | 167 | 195 | 66 | 29 | 52 | 39 | 748 |
| JUEVES | 148 | 96 | 51 | 162 | 200 | 64 | 32 | 53 | 43 | 753 |
| VIERNES | 156 | 99 | 46 | 160 | 197 | 61 | 29 | 41 | 40 | 748 |
| SÁBADO | 151 | 100 | 46 | 170 | 196 | 62 | 29 | 49 | 42 | 754 |
| DOMINGO | 164 | 92 | 49 | 172 | 203 | 81 | 36 | 39 | 39 | 797 |
| TOTAL | 1061 | 670 | 341 | 1161 | 1389 | 450 | 216 | 337 | 284 | 5909 |

Fuente: Elaboración propia

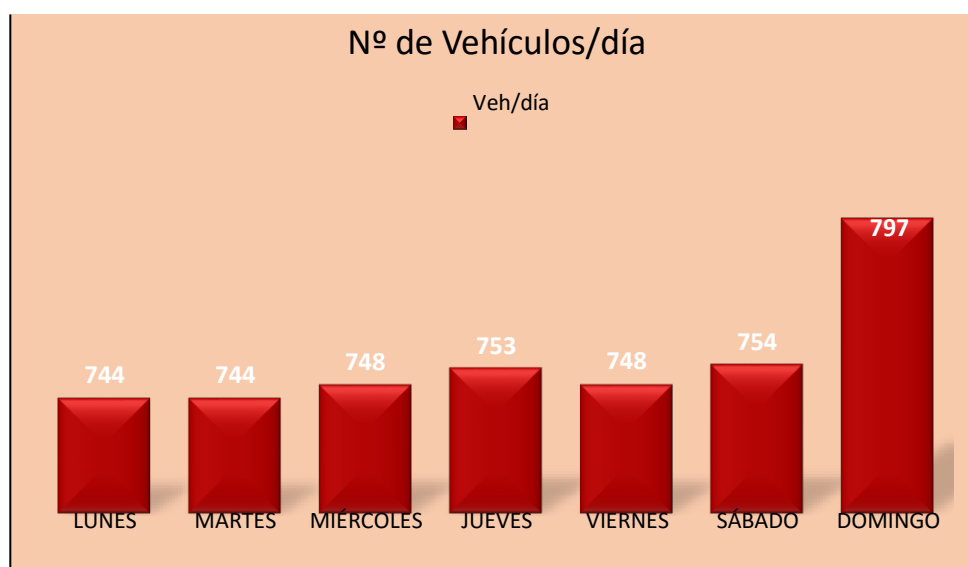


FIGURA N°22. Nº de vehículos / día

Determinar los factores de corrección estacional de una estación de peaje cercano al a la zona de estudio

Factor de corrección estacional para vehículos livianos

| | |
|----------------------------|-----------------|
| F.C.E. Vehículos livianos: | 1.504617 |
|----------------------------|-----------------|

Ver anexo N° 33 de factor de corrección estacional para vehículos livianos

Factor de corrección estacional para vehículos pesados

| | |
|---------------------------|-----------------|
| F.C.E. Vehículos pesados: | 0.999086 |
|---------------------------|-----------------|

Ver anexo N° 34 de factor de corrección estacional para vehículos pesados

Índice medio diario semanal (IMDS)

$$IMD_S = \frac{(\sum V_i)}{7}$$

Índice medio diario anual (IMDA)

$$IMD_A = IMD_S * FC$$

Donde: $IMD_S =$ Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada

$IMDA =$ Índice Medio Anual

$V_i =$ Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

$FC =$ Factores de Corrección Estacional

TABLA N° 102. Cálculos del IMDS Y IMDA 2021

| | VEHÍCULOS LIVIANOS | | | | | VEHÍCULOS PESADOS | | | | TOTAL |
|------------------|--------------------|---------------|-----------|------------|------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| | automóvil | Station Wagon | Pikup | Panel | C. Rural | Micro | Bus 2E | >=3 E | 2 E | |
| IMDS | 151.571 | 95.714 | 48.714 | 165.857 | 198.429 | 64.286 | 30.857 | 48.143 | 40.571 | 755.429 |
| FC | 1.505 | 1.505 | 1.505 | 1.505 | 1.505 | 0.999 | 0.999 | 0.999 | 0.999 | |
| IMDA 2021 | 229 | 145 | 74 | 250 | 299 | 65 | 31 | 49 | 41 | 1183 |
| DISTRIBUCIÓN (%) | 19.4 | 12.3 | 6.3 | 21.1 | 25.3 | 5.5 | 2.6 | 4.1 | 3.5 | 100.0 |

Fuente: Elaboración propia

Demanda Proyectada desde el tiempo de estudio hasta la ejecución de la obra

$$T_n = T_0 * (1 + r)^n$$

Donde: **T_n** = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

T₀ = Tránsito actual (año base) en veh/día

n = año futuro de proyección

r = tasa anual de crecimiento de tránsito

TABLA N° 103. IMDA para el año 2021

| TIPO DE VEHÍCULO | TRÁNSITO ACTUAL (AÑO BASE) veh/día | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------------------|---------------|-------|-------|----------|-------------------|--------|-------|-----|-------|
| | VEHÍCULOS LIVIANOS | | | | | VEHÍCULOS PESADOS | | | | |
| | automóvil | Station Wagon | Pikup | Panel | C. Rural | Micro | Bus 2E | >=3 E | 2 E | TOTAL |
| IMDA 2021 | 229 | 145 | 74 | 250 | 299 | 65 | 31 | 49 | 41 | 1183 |

Fuente: Elaboración propia

año futuro de proyección (n)

n = 4 años

Tasa de Crecimiento x Región en Lima (r %)

Vehículos para pasajeros o vehículos livianos

$$r(vp) = 1.45\%$$

Ver anexo N° 35 Tasa de Crecimiento Anual de la Población

Vehículos de carga o vehículos pesados

$$R(vc) = 3.69\%$$

Ver anexo N° 35 Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional (Lima)

TABLA N° 104. Proyección de tráfico para 4 años

| | PROYECCIÓN DE TRÁFICO PARA 4 AÑOS | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------------|---------------|-----------|------------|------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | VEHÍCULOS LIVIANOS | | | | | VEHÍCULOS PESADOS | | | | |
| | automóvil | Station Wagon | Pikup | Panel | C. Rural | Micro | Bus 2E | >=3 E | 2 E | TOTAL |
| AÑO 2021 | 229 | 145 | 74 | 250 | 299 | 65 | 31 | 49 | 41 | 1093 |
| AÑO 2022 | 229 | 145 | 74 | 250 | 299 | 65 | 31 | 49 | 41 | 1093 |
| AÑO 2023 | 232 | 147 | 75 | 254 | 303 | 67 | 32 | 51 | 43 | 1111 |
| AÑO 2024 | 236 | 149 | 76 | 257 | 308 | 70 | 33 | 53 | 44 | 1129 |
| AÑO 2025 | 239 | 151 | 77 | 261 | 312 | 72 | 35 | 55 | 46 | 1248 |

Fuente: Elaboración propia



FIGURA N°23. Proyección de tráfico para 4 años

TABLA N° 105. Fórmulas para calcular los ejes equivalentes (pavimentos flexibles)

| Tipo de Eje | Eje Equivalente (EE _{8.2 ton}) |
|---|--|
| Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1}) | $EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$ |
| Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2}) | $EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$ |
| Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1}) | $EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$ |
| Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2}) | $EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$ |
| Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1}) | $EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$ |
| Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2}) | $EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$ |
| P = peso real por eje en toneladas | |

Fuente: Elaborado por el M.T.C.




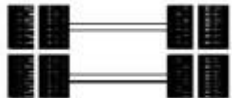
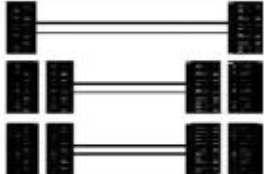

| Conjunto de Eje (s) | Nomenclatura | N° de Neumáticos | Grafico |
|--|--------------|------------------|---|
| EJE SIMPLE (Con Rueda Simple) | 1RS | 02 |  |
| EJE SIMPLE (Con Rueda Doble) | 1RD | 04 |  |
| EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble) | 1RS + 1RD | 06 |  |
| EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble) | 2RD | 08 |  |
| EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble) | 1RS + 2RD | 10 |  |
| EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble) | 3RD | 12 |  |

FIGURA N°24. Conjunto de ejes y numero de neumáticos

TABLA N° 106. Cálculo de los ejes equivalentes

| TIPO DE VEHÍCULO | | IMDA | TIPO EJE | NÚMERO | CARGA | f | f. IMDA |
|-------------------|---------|------|----------|---------|--------|-------------|----------|
| | | 2025 | EJE | LLANTAS | EJE Tn | EE (8.2 Tn) | FLEXIBLE |
| VEHÍCULOS LIGEROS | AUTOS | 239 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.1260 |
| | | 239 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.1260 |
| | STACIÓN | 151 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.0798 |
| | WAGON | 151 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.0798 |
| | PIK UP | 77 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.0407 |

| | | | | | | | |
|---------|-------------|-----|--------|---|----|------------------------|---------------|
| | | 77 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.0407 |
| | PANEL | 261 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.1376 |
| | | 261 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.1376 |
| | COMBI RURAL | 312 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.1645 |
| | | 312 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.1645 |
| | MICROS | 72 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.0382 |
| | | 72 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.000527 | 0.0382 |
| OMNIBUS | 2E | 35 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.265367 | 43.7344 |
| | | 35 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.238287 | 111.9237 |
| | >=3 E | 55 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.265367 | 69.12855 |
| | | 55 | SIMPLE | 6 | 16 | 1.365945 | 74.62324 |
| CAMIÓN | 2 E | 46 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.265367 | 57.84225 |
| | | 46 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.238287 | 148.0281 |
| | | | | | | Σ f. IMDA total | 506.45 |

Fuente: Elaboración propia

Factor Crecimiento Acumulado (Fca)

$$Fca = \frac{1 + r^n - 1}{r}$$

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

r=3.69%

n = Período de diseño

n= 20 años

$$Fca = \frac{(1 + 3.69\%)^{20} - 1}{3.69\%} = 28.84$$

$$Fca = \frac{(1 + 0.0369)^{20} - 1}{0.0369}$$

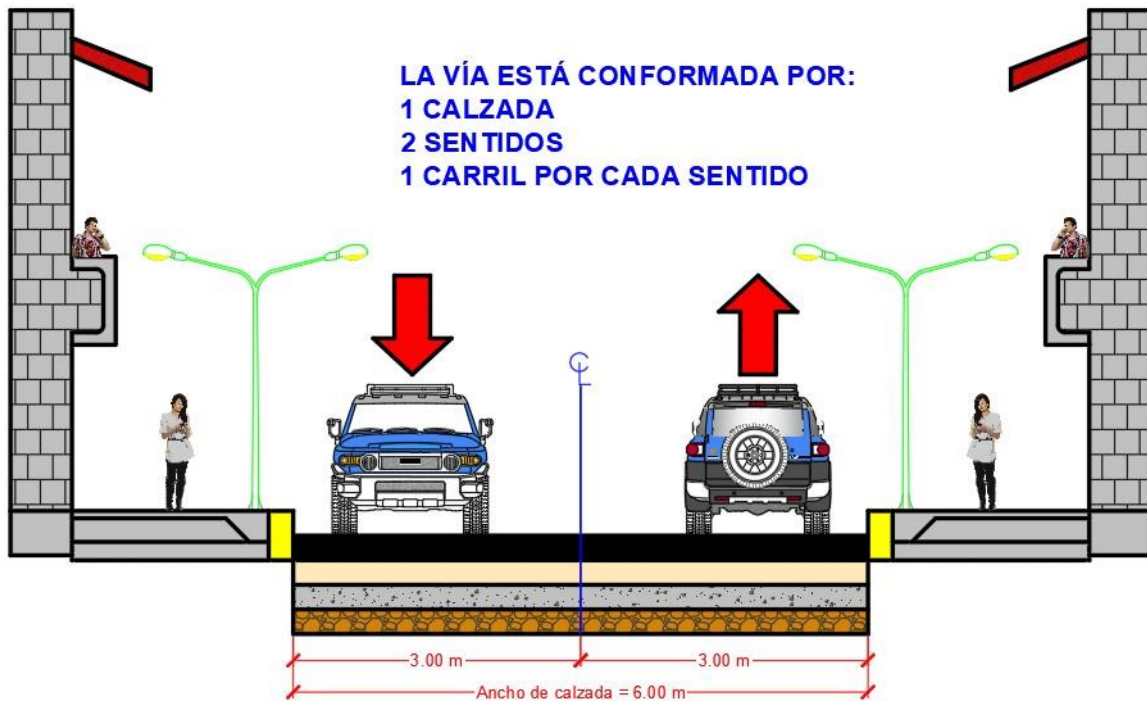


FIGURA N°25. Vista de sección transversal de la vía

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 107. Factores de Distribución Direccional y de Carril

| Número de calzadas | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño |
|--|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| 1 calzada (para IMDa total de la calzada) | 1 sentido | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 1 sentido | 2 | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| | 1 sentido | 3 | 1.00 | 0.60 | 0.60 |
| | 1 sentido | 4 | 1.00 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| 2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas) | 2 sentidos | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentidos | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| | 2 sentidos | 3 | 0.50 | 0.60 | 0.30 |
| | 2 sentidos | 4 | 0.50 | 0.50 | 0.25 |

Fuente: Elaborado por el M.T.C.

Factor direccional (Fd) = 0.50

Factor carril (Fc) = 1.00

Factor direccional * factor carril (Fd*Fc) = 0.50

Cálculo del ESAL que se encuentra expresado en los ejes equivalentes

$$ESAL = \sum_{i=1}^n \frac{I_{MDA_i} \cdot 365 \cdot FCA_i}{(1 + r)^i} - 1$$

$$ESAL = (\sum I_{MDA_i} \cdot 365 \cdot FCA_i) \cdot (1 - (1 + r)^{-n}) / r$$

Datos

$$\sum I_{MDA_i} = 506.45$$

$$FCA = 0.50$$

$$r = 1.00$$

$$n = 28.84$$

$$ESAL = 506.45 \cdot 365 \cdot 0.50 \cdot 1.00 \cdot 28.84$$

$$ESAL = 2632330 \text{ Veh/día}$$



FIGURA N°26. IMDA para un pedio de diseño de 20 años (2025-2045)

Fuente: Elaboración propia

IMDA 2045

$$IMDA_{2045} = IMDA_{2025} \times 365 \times FCA$$

$$IMDA_{2045} = 1\ 183 \text{ veh/día} \times 365 \times 28.84$$

$$IMDA_{2045} = 13\ 144\ 631 \text{ Veh/día}$$

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MÉTODO AASTHO 1993

Subrasante sin estabilizar: CBR = 4%

Uno de los requisitos indispensable para realizar el diseño del pavimento flexible es tener el C.B.R. (California Bearing Ratio) de la subrasante mayor igual al 6%, sin embargo, este diseño se realizó con un C.B.R. menor a lo estipulado en las normas peruanas de carreteras, con fines de hacer una comparación con otros diseños con subrasante estabilizada con residuos orgánicos y con aditivo terrasil

Formula General de AASTHO

$$\begin{aligned}
 \log(W_{18}) = & \log(S_0) + 9.36 \cdot \log(\Delta PSI + 1) - 0.20 + \frac{4.2 - 1.5}{0.40 + \frac{1094}{(\log(S_0 + 1))^{5.19}}} \\
 & + 2.32 \cdot \log(SN) - 8.07
 \end{aligned}$$

Fuente: Elaborado por el GUÍA AASTHO.

LOG (W₁₈) = NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL

Z_R = DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL

S₀ = DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA

SN = NÚMERO ESTRUCTURAL

ΔPSI = ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

PI = SERVICIABILIDAD INICIAL

PT = SERVICIABILIDAD FINAL

MR = MÓDULO DE RESILIENTE

LOG (W_{18}) = NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL

$W(18) = 2\,666\,210$ psi

TABLA N° 108. Nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño

| Clasificación | Niveles de confiabilidad | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|
| | Recomendado | |
| | Urbana | Rural |
| Autopistas interestatales | 85.0 - 99.9 | 80.0 - 99.9 |
| Arterias principales | 80.0 - 99.9 | 75.0 - 95.0 |
| Colectoras de tránsito | 80.0 - 95.0 | 75.0 - 95.0 |
| Carreteras locales | 50.0 - 80.0 | 50.0 - 80.0 |

Fuente: Elaborado por CE.010 pavimentos urbanos

Para el presente Estudio, por ser una vía urbana; le corresponde una confiabilidad que varía de 80% - 95%

TABLA N° 109. Valores recomendados de nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 65% |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 70% |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 75% |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 80% |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 80% |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 85% |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 85% |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

La confiabilidad de adoptó teniendo en cuenta los ejes equivalentes. En nuestra investigación contamos con 2,666,210 EE

➤ **Confiabilidad adoptada es R = 85%**

TABLA N° 110. Desviación estándar normal

| R | Z _R |
|------------------------|---------------------|
| Nivel de Confiabilidad | Desviación Standard |
| 75 | -0.674 |
| 80 | -0.841 |
| 85 | -1.037 |
| 90 | -1.282 |
| 91 | -1.34 |
| 92 | -1.405 |
| 93 | -1.476 |
| 94 | -1.555 |
| 95 | -1.645 |
| 96 | -1.751 |
| 97 | -1.881 |
| 99.9 | -3.750 |

Fuente: Elaborado por CE.010 pavimentos urbanos

- Se adopta un: R = 85 %.
- **Z_R = -1.037**

Desviación estándar combinada (S_o)

Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

S_o = 0.45.

TABLA N° 111. Índice de Serviciabilidad ΔPSI

| Índice de servicio | Calificación |
|--------------------|---------------|
| 5 | Excelente |
| 4 | Muy bueno |
| 3 | Bueno |
| 2 | Regular |
| 1 | Malo |
| 0 | Intransitable |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

$$\Delta_{PSI} = P_{i} - P_{f}$$

$$\Delta_{PSI} = 4 - 2.5 = 1.5$$

TABLA N° 112. Serviciabilidad inicial p_i

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | Δ INICIAL (P_i) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|--------------|----------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 3.8 |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 3.8 |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 3.8 |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 3.8 |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 3.8 |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 4 |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 4 |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

TABLA N° 113. Serviciabilidad final p_f

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | Δ FINAL (P_f) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|--------------|--------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 2.00 |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 2.00 |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 2.00 |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 2.00 |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 2.00 |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 2.50 |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 2.50 |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

Módulo de resiliencia de la subrasante (m_r.)

Fórmula para hallar el módulo de resiliencia de la subrasante para suelo de fundación

$$R(0.000) = 2555 R^{0.64}$$

Fuente: manual de carreteras

CBR (subrasante) = 4 %.

$$R = \frac{CBR}{100} \times 1000 = \frac{4}{100} \times 1000 = 40$$

1. SN = NÚMERO ESTRUCTURAL

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

Donde:

a₁, a₂, a₃ = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$$a_1 = 0.249 \times \frac{CBR}{100} - 0.977$$

$$a_2 = 0.249 \times \frac{CBR}{100} - 0.977$$

d₁, d₂, d₃ = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$$d_1 = \frac{d_2}{d_3} \quad d_2 = \frac{d_1 - d_3}{d_3}$$

$$d_1 \times a_1 \gg d_2$$

$$d_2 + d_3 \gg d_3$$

$$d_3 \times a_3 \times m_3 + d_2 + d_3 \gg d_3$$

m₂, m₃ = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

MODULO DE RESILIENCIA CARPETA ASFATICA (Mr.)

Tomando como módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica $E = 450\,000$ psi

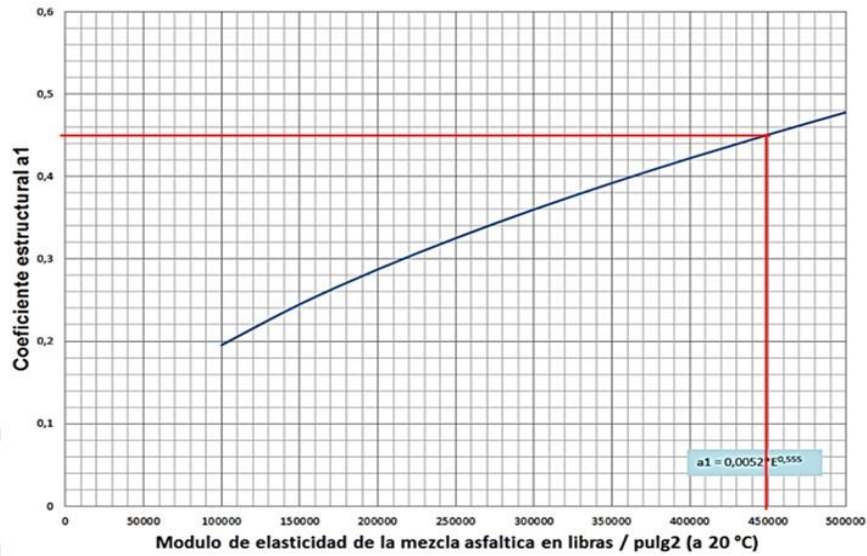


FIGURA N°27. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica M_r

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO



MODULO DE RESILIENCIA BASE GRANULAR (Mr.)

De acuerdo al manual de carreteras vigente en nuestro país el material usado para la construcción de la capa utilizada como base granular el valor CBR de ser ≥ 80 %.

Asumimos un valor CBR ≥ 80 %

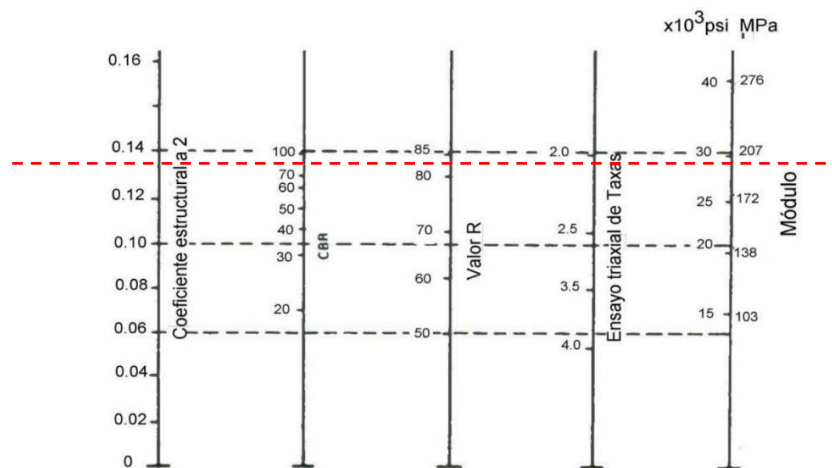


FIGURA N°28. Abaco para calcular el a_1 y M_r (base)

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO



Cálculo del coeficiente estructural de la base (a2)

$$a_2 = 0.249 \left(\frac{100}{CBR} \right)^{0.72} - 0.977$$

$$a_2 = 0.249 \left(\frac{100}{29000} \right)^{0.72} - 0.977 = 0.134/in$$

$$a_2 = 0.134/in$$

MODULO DE RESILIENCIA SUBBASE GRANULAR (Mr.)

De acuerdo al manual de carreteras vigente en nuestro país el material usado para la construcción de la capa utilizada como sub base granular el valor CBR de ser $\geq 40\%$

Asumimos un valor CBR $\geq 40\%$

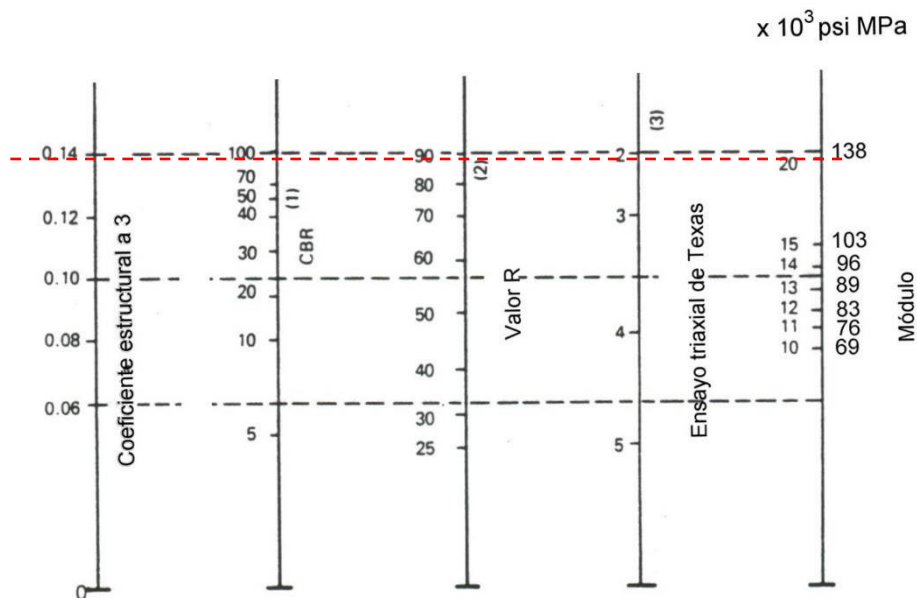


FIGURA N°29. Abaco para calcular el a2 y Mr(Sub Base)

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO

$$a_3 = 0.227 \left(\frac{100}{CBR} \right)^{0.72} - 0.839$$

Cálculo del coeficiente estructural (a3)

$$a_3 = 0.227 \left(\frac{100}{17000} \right)^{0.72} - 0.839$$

$$a_3 = 0.227 \left(\frac{100}{17000} \right)^{0.72} - 0.839 = 0.12/in$$

$$a_3 = 0.12/in$$

TABLA N° 114. Coeficientes estructurales

| Coeficiente estructural | Valores estimados / pul. | |
|-------------------------|--------------------------|-------|
| Concreto asfáltico | a1 | 0.440 |
| Base Granular | a2 | 0.134 |
| Sub Base Granular | a3 | 0.120 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 115. Coeficientes de drenajes (cd)

| Calidad | Término | % de Tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de Humedad próximos a la saturación | | | |
|------------------|------------------|--|--------------------|-------------|-------|
| | | < 1% | 1 - 5% | 5 -2 5% | > 25% |
| Drenaje | Remoción de agua | | | | |
| Excelente | 2 horas | 1.40 – 1.35 | 1.35 - 1.30 | 1.30 – 1.20 | 1.20 |
| Buena | 1 día | 1.35 – 1.25 | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.00 | 1.00 |
| Aceptable | 1 semana | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.05 | 1.00 – 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1 mes | 1.15 – 1.05 | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.60 |
| Muy Pobre | El agua no drena | 1.05 – 0.95 | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.40 |

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

En base a las condiciones particulares del proyecto, tales como la topografía donde se desarrolla la vía, las precipitaciones pluviales anuales medias y suelo con permeabilidad media, se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación es del orden de 1 a 5%, es así que los coeficientes de drenaje son:

El manual de suelos y pavimentos recomienda utilizar el coeficiente de drenaje de 1%

Cd = 1.10 %

m1 = 1.10 %

m2 = 1.10 %

Cálculo del número estructural mediante el software ECUACIONES AASHTO

93

Carpeta asfáltica (SN)

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '85 % Zr=-1.037' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4' and 'PSI final = 2.5'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 29000 psi'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 = 2666210' and 'Número Estructural = SN = 2.35'. The 'Calcular' button is highlighted.

FIGURA N°30. Cálculo del SN1

Fuente: Elaboración propia

Base granular (SN)

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '85 % Zr=-1.037' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4' and 'PSI final = 2.5'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 17000 psi'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, with 'W18 = 2666210' and 'Número Estructural = SN = 2.91'. The 'Calcular' button is highlighted.

FIGURA N°31. Cálculo del SN2

Fuente: Elaboración propia

Sub Base granular (SN)

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 85 % Zr=-1.037 So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4 PSI final: 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 6204.54 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

W18 = 2666210

Número Estructural: SN = 4.33

Botones: Calcular, Salir

FIGURA N°33. Cálculo del SN3

Fuente: Elaboración propia

Estructuración de pavimentos flexibles

Se muestra para los parámetros de diseño de pavimento flexible para periodo de diseño 20 años en él se resumen los espesores del paquete estructural bajo el siguiente criterio.

$$a_1 = \frac{a_2}{a_3} \quad a_2 = \frac{a_3 - a_1 *}{a_3}$$

$$a_1 * = a_2 a_3 \gg a_3$$

$$a_2 + a_3 \gg a_3$$

$$a_3 a_2 a_3 + a_2 + a_3 \gg a_3$$

TABLA N° 116. Parámetros de cada capa

| Parámetros de cada capa | Drenaje (m) | Coefficiente estructural (a) | Número estructural (SN) |
|-------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------|
| Carpeta asfáltica | | a1 = 0.173 /cm | 2.35 |
| Base granular | m1 = 1.00 | a2 = 0.053 /cm | 2.91 |
| Sub Base granular | m2 = 1.00 | a3 = 0.047 /cm | 4.33 |

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de los espesores de las capas del pavimento flexible

Carpeta asfáltica

$$D = \frac{D_{10}}{D_1}$$

$$D = \frac{2.35}{0.173 / 1.1} = 13.58$$

Adoptamos un valor de diámetro mínimo para la carpeta asfálticas 6 cm

$$D = 6$$

$$D_{10}^* = D \cdot D_{10}$$

$$D_{10}^* = 6 \cdot 0.173 / 1.1 = 1.038$$

Base granular

$$D = \frac{D_{10} - D_{10}^*}{D \cdot D_{10}}$$

$$D = \frac{2.91 - 1.038}{0.053 / 1.1} = 32.109$$

Adoptamos un valor de diámetro mínimo para la carpeta asfálticas 25.00 cm

$$D = 25$$

$$D_{10}^* = D \cdot D_{10} + D_{10}^*$$

$$D_{10}^* = 25 \cdot 0.053 \cdot 1.1 + 1.038 = 2.495$$

Sub Base granular

$$D = \frac{D_{10} - D_{10}^*}{D \cdot D_{10}}$$

$$D = \frac{4.33 - 2.495}{0.047 \cdot 1.1} = 35.49$$

Redondeamos a un número entero

$$D = 35$$

SN(Requerido) < SN(Resultado)

$$4.33 < 4.56$$

SN(Resultado) = a1 x d1 + a2 x d2 x m2 + a3 x d3 x m3

$$SN(Resultado) = (0.173 /cm * 13.58) + (0.053 /cm * 32.11 * 1.10) + (0.047 /cm * 35.48 * 1.10)$$

$$4.33 < 4.56$$

TABLA N° 117. Cálculo del SN*

| | m | a | SN | d | SN* |
|--------------------------|-----|-----------|------|----------|-------|
| Carpeta asfáltica | | 0.173 /cm | 2.35 | 13.58 cm | 1.038 |
| Base granular | 1.1 | 0.053 /cm | 2.91 | 32.11 cm | 2.495 |
| Sub-Base granular | 1.1 | 0.047 /cm | 4.33 | 35.48 cm | |

Fuente: Elaboración propia

$$4.33 < 4.56$$

TABLA N° 118. Espesores de cada capa

| | d1 | d2 | d3 |
|---------------|-------------------------|--|-----------------|
| | 6 cm | 25 cm | 40 cm |
| | CAPA SUPERFICIAL | BASE | SUB BASE |
| SN(Requerido) | 4.33 | Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido) | |
| SN(Resultado) | 4.56 | SI CUMPLE | |

Fuente: Elaboración propia

Como SN(Resultado) > SN (Requerido) 4.56 > 4.33

TABLA N° 119. Parámetros de diseño del pavimento propuesto

| | Drenaje (m) | Coefficiente estructural (a) | Número estructural (SN) | Espesores mínimos teóricos |
|------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Carpeta asfáltica | | a1 = 0.173 | 2.35 | 6.00 cm |
| Base granular | m1 = 1.10 | a2 = 0.053 | 2.91 | 25.00 cm |
| Sub Base granular | m2 = 1.10 | a3 = 0.047 | 4.33 | 40.00 cm |
| Espesor total del pavimento | | | | 71.00 cm |

Fuente: Elaboración propia

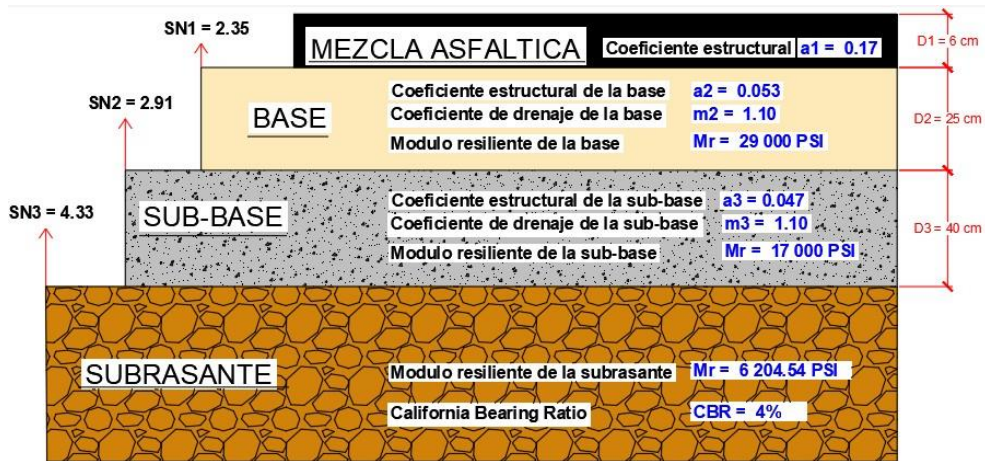


FIGURA N°34. Parámetros de diseño de cada capa

Fuente: Elaboración propia

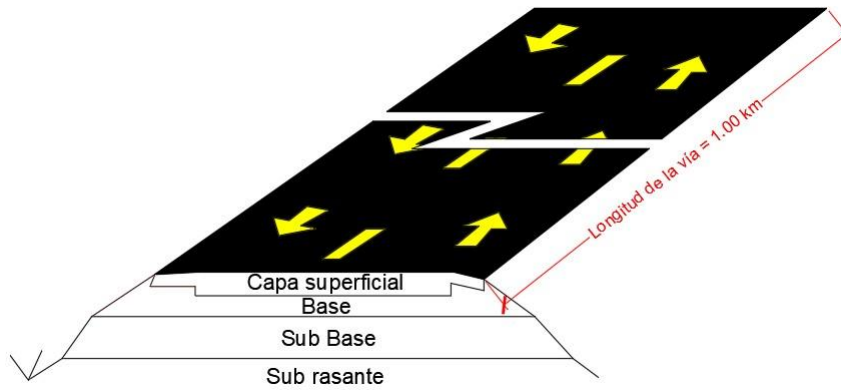


FIGURA N°35. Dimensión de la Sección Longitudinal

Fuente: Elaboración propia

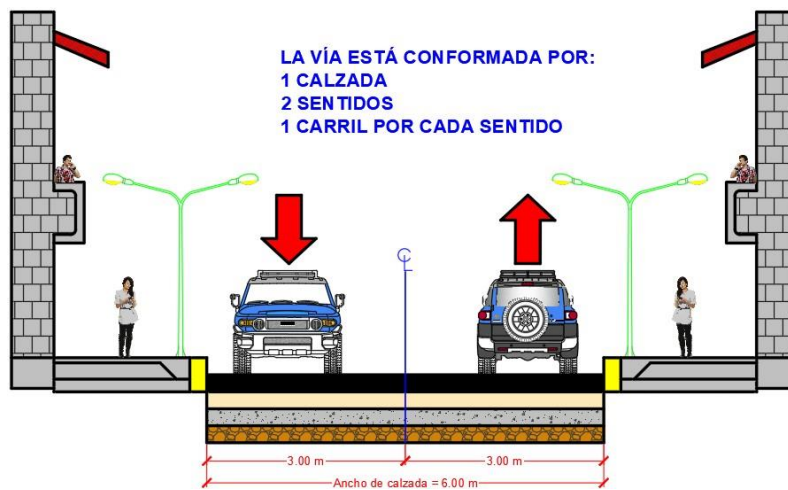


FIGURA N°36. Dimensiones de del ancho de calzada de la vía

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MÉTODO AASTHO 1993

Subrasante estabilizada con aditivo terrasil: CBR = 9.7%

Uno de los requisitos indispensable para realizar el diseño del pavimento flexible es tener el C.B.R. (California Bearing Ratio) de la subrasante mayor igual al 6%,

$$\log(W_{18}) = \log(S_0) + 9.36 \cdot \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{4.2 \cdot \left(\frac{\Delta PSI}{1.5} \right)}{0.40 + \frac{109.4}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log(MR) - 8.07$$

Fuente: Elaborado por el GUÍA AASTHO

LOG (W_{18}) = NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL

Z_R = DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL

S_0 = DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA

SN = NÚMERO ESTRUCTURAL

ΔPSI = ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

PI = SERVICIABILIDAD INICIAL

PT = SERVICIABILIDAD FINAL

MR = MÓDULO DE RESILIENTE

LOG (W_{18}) = Número de ejes equivalentes total

$W(18) = 2\,666\,210$ psi

TABLA N° 120. Nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño

| Clasificación | Niveles de confiabilidad | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|
| | Recomendado | |
| | Urbana | Rural |
| Autopistas interestatales | 85.0 - 99.9 | 80.0 - 99.9 |
| Arterias principales | 80.0 - 99.9 | 75.0 - 95.0 |
| Colectoras de tránsito | 80.0 - 95.0 | 75.0 - 95.0 |
| Carreteras locales | 50.0 - 80.0 | 50.0 - 80.0 |

Fuente: Elaborado por CE.010 pavimentos urbanos

Para el presente Estudio, por ser una vía urbana; le corresponde una confiabilidad que varía de 80% - 95%

TABLA N° 121. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 65% |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 70% |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 75% |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 80% |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 80% |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 85% |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 85% |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

La confiabilidad de adoptó teniendo en cuenta los ejes equivalentes. En nuestra investigación contamos con 2,666,210 EE

➤ **Confiabilidad adoptada es R = 85%**

TABLA N° 122. Desviación estándar normal (Z_R)

| R | Z_R |
|------------------------|---------------------|
| Nivel de Confiabilidad | Desviación Standard |
| 75 | -0.674 |
| 80 | -0.841 |
| 85 | -1.037 |
| 90 | -1.282 |
| 91 | -1.34 |
| 92 | -1.405 |
| 93 | -1.476 |
| 94 | -1.555 |
| 95 | -1.645 |
| 96 | -1.751 |
| 97 | -1.881 |
| 99.9 | -3.750 |

Fuente: Elaborado por CE.010 pavimentos urbanos

➤ Se adopta un: $R = 85 \%$.

➤ **$Z_R = -1.037$**

$S_0 =$ DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA

Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_0 comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

$S_0 = 0.45.$

TABLA N° 123. Índice de Serviciabilidad ΔPSI

| Índice de servicio | Calificación |
|--------------------|----------------------|
| 5 | <i>Excelente</i> |
| 4 | <i>Muy bueno</i> |
| 3 | <i>Bueno</i> |
| 2 | <i>Regular</i> |
| 1 | <i>Malo</i> |
| 0 | <i>Intransitable</i> |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

$$\Delta_{PSI} = P_{i} - P_{f}$$

$$\Delta PSI = 4 - 2.5 = 1.5$$

TABLA N° 124. Serviciabilidad inicial (PI)

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | Δ INICIAL (P _i) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 3.8 |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 3.8 |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 3.8 |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 3.8 |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 3.8 |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 4 |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 4 |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

TABLA N° 125. Serviciabilidad final (PT)

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | Δ FINAL (P _f) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|--------------|---------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 2.00 |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 2.00 |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 2.00 |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 2.00 |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 2.00 |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 2.50 |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 2.50 |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

Módulo de Resiliencia de la Subrasante (MR.)

Fórmula para hallar el módulo de resiliencia de la subrasante para suelo de fundación

$$MR = 2555 \cdot CBR^{0.64}$$

Fuente: manual de carreteras

CBR (subrasante) = 9.7 %.

$$MR = 2555 \cdot 9.7^{0.64} = 11112.12$$

SN = Número estructural

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

Donde:

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$$a_1 = 0.249 \cdot CBR - 0.977$$

$$a_2 = 0.249 \cdot CBR - 0.977$$

d1, d2, d3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$$d_1 = \frac{d_1}{d_1} \quad d_2 = \frac{d_2 - d_1}{d_1 \cdot m_2}$$

$$d_1 \cdot m_1 \gg d_1$$

$$d_1 + d_2 \gg d_2$$

$$d_3 \cdot m_3 + d_2 + d_1 \gg d_3$$

m2, m3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Módulo de Resiliencia Carpeta Asfáltica (Mr.)

Tomando como módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica $E = 450\,000$ psi



FIGURA N°37. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica M_r

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO



Módulo de Resiliencia Base Granular (Mr.)

De acuerdo al manual de carreteras vigente en nuestro país el material usado para la construcción de la capa utilizada como base granular el valor CBR de ser $\geq 80\%$.

Asumimos un valor CBR $\geq 80\%$



FIGURA N°38. Abaco para calcular el a_1 y M_r (base)

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO



Cálculo del coeficiente estructural de la base (a2)

$$a_2 = 0.249 \left(\frac{CBR}{100} \right)^{0.78} - 0.977$$

$$a_2 = 0.249 \left(\frac{29000}{100} \right)^{0.78} - 0.977 = 0.134/in$$

$$a_2 = 0.134/in$$

Módulo de Resiliencia Subbase Granular (Mr.)

De acuerdo al manual de carreteras vigente en nuestro país el material usado para la construcción de la capa utilizada como sub base granular el valor CBR de ser $\geq 40 \%$

Asumimos un valor CBR $\geq 40 \%$

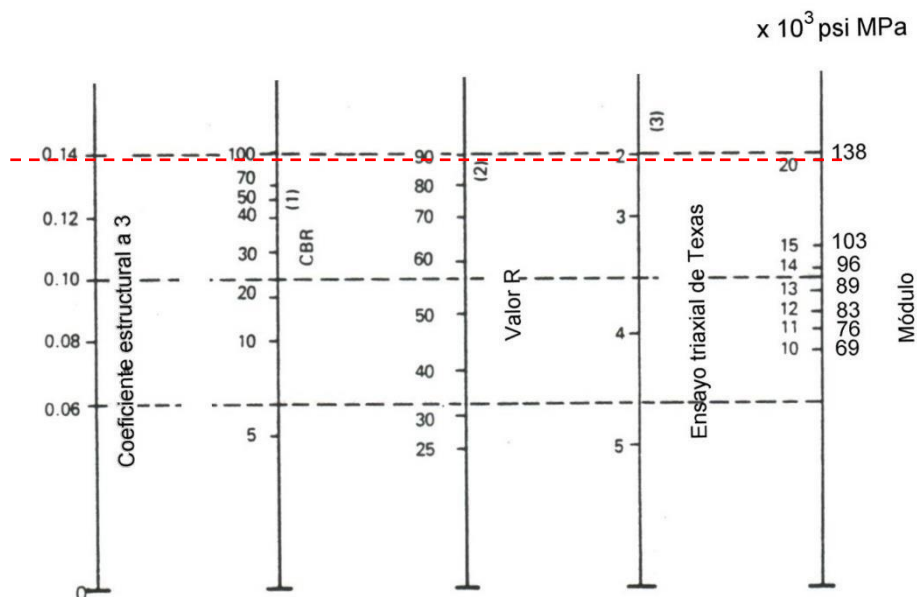


FIGURA N°39. Abaco para calcular el a2 y Mr(Sub Base)

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO

$$a_3 = \left(\frac{CBR}{100} \right)^{0.78} = \left(\frac{29000}{100} \right)^{0.78}$$

Cálculo del coeficiente estructural (a3)

$$a_3 = 0.227 \left(\frac{CBR}{100} \right)^{0.78} - 0.839$$

$$a_3 = 0.227 \left(\frac{17000}{100} \right)^{0.78} - 0.839 = 0.12/in$$

$$a_3 = 0.12/in$$

TABLA N° 126. Coeficientes estructurales

| Coeficiente estructural | Valores estimados / pul. | |
|-------------------------|--------------------------|-------|
| Concreto asfáltico | a1 | 0.440 |
| Base Granular | a2 | 0.134 |
| Sub Base Granular | a3 | 0.120 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 127. Coeficientes de drenajes (CD)

| Calidad | Término | % de Tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de Humedad próximos a la saturación | | | |
|------------------|------------------|--|--------------------|-------------|-------|
| | | < 1% | 1 - 5% | 5 -2 5% | > 25% |
| Drenaje | Remoción de agua | | | | |
| Excelente | 2 horas | 1.40 – 1.35 | 1.35 - 1.30 | 1.30 – 1.20 | 1.20 |
| Buena | 1 día | 1.35 – 1.25 | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.00 | 1.00 |
| Aceptable | 1 semana | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.05 | 1.00 – 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1 mes | 1.15 – 1.05 | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.60 |
| Muy Pobre | El agua no drena | 1.05 – 0.95 | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.40 |

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

En base a las condiciones particulares del proyecto, tales como la topografía donde se desarrolla la vía, las precipitaciones pluviales anuales medias y suelo con permeabilidad media, se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación es del orden de 1 a 5%, es así que los coeficientes de drenaje son:

El manual de suelos y pavimentos recomienda utilizar el coeficiente de drenaje de 1%

Cd = 1.10 %

m1 = 1.10 %

m2 = 1.10 %

Cálculo del número estructural mediante el software ECUACIONES AASHTO

93

Carpeta asfáltica (SN)

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 85 % $Z_r = -1.037$ So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4 PSI final: 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 29000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular w_{18}

Número Estructural: SN = 2.35

$w_{18} = 2666210$

Botones: Calcular, Salir

FIGURA N°40. Cálculo del SN1

Fuente: Elaboración propia

Base granular (SN)

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 85 % $Z_r = -1.037$ So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4 PSI final: 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 17000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular w_{18}

Número Estructural: SN = 2.91

$w_{18} = 2666210$

Botones: Calcular, Salir

FIGURA N°41. Cálculo del SN2

Fuente: Elaboración propia

Sub Base granular (SN)

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So):
 85 % Zi = -1.037 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 10937.67 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
 Calcular SN Calcular W18

Número Estructural:
 SN = 3.48

W18 = 2666210

Botones: **Calcular** **Salir**

FIGURA N°42. Cálculo del SN3

Fuente: Elaboración propia

Estructuración de Pavimentos Flexibles

Se muestra para los parámetros de diseño de pavimento flexible para periodo de diseño 20 años en él se resumen los espesores del paquete estructural bajo el siguiente criterio.

$$SN = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{100}$$

$$SN = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{100} \times$$

$$SN^* = SN \times 1.15 >> SN$$

$$SN + SN >> SN$$

$$SN \times 1.15 + SN + SN >> SN$$

TABLA N° 128. Parámetros de cada capa

| Parámetros de cada capa | Drenaje (m) | Coefficiente estructural (a) | Número estructural (SN) |
|-------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------|
| Carpeta asfáltica | | a1 = 0.173 /cm | 2.35 |
| Base granular | m1 = 1.00 | a2 = 0.053 /cm | 2.91 |
| Sub Base granular | m2 = 1.00 | a3 = 0.047 /cm | 3.48 |

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de los espesores de las capas del pavimento flexible

Carpeta asfáltica

$$D = \frac{D_{10}}{D_1}$$

$$D = \frac{2.35}{0.173 / 1.1} = 13.58$$

Adoptamos un valor de diámetro mínimo para la carpeta asfálticas 6 cm

$$D_{10} = 6$$

$$D_{10}^* = 6$$

$$D_{10}^* = 6 \cdot 0.173 / 1.1 = 1.038$$

Base granular

$$D = \frac{D_{10} - D_{10}^*}{D_{10} - D_{10}^*}$$

$$D = \frac{2.91 - 1.038}{0.053 / 1.1} = 32.109$$

Adoptamos un valor de diámetro mínimo para la base 20.00 cm

$$D_{10} = 20$$

$$D_{10}^* = 20 \cdot 0.053 / 1.1 + 1.038$$

$$D_{10}^* = 20 \cdot 0.053 / 1.1 + 1.038 = 2.204$$

Sub Base granular

$$D = \frac{D_{10} - D_{10}^*}{D_{10} - D_{10}^*}$$

$$D = \frac{3.48 - 2.204}{0.047 / 1.1} = 24.68$$

Redondeamos a un número entero

$$D = 25$$

$$SN(\text{Requerido}) < SN(\text{Resultado})$$

$$3.48 < 3.50$$

$$SN(\text{Resultado}) = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

$$SN(\text{Resultado}) = (0.173 / \text{cm} \times 2.35) + (0.053 / \text{cm} \times 32.11 \times 1.10) + (0.047 / \text{cm} \times 24.68 \times 1.10)$$

$$3.48 < 3.50$$

TABLA N° 129. Cálculo del SN*

| | m | a | SN | d | SN* |
|--------------------------|-----|-----------|------|----------|-------|
| Carpeta asfáltica | | 0.173 /cm | 2.35 | 13.58 cm | 1.038 |
| Base granular | 1.1 | 0.053 /cm | 2.91 | 32.11 cm | 2.204 |
| Sub-Base granular | 1.1 | 0.047 /cm | 3.48 | 24.68 cm | |

Fuente: Elaboración propia

$$3.48 < 3.50$$

TABLA N° 130. Espesores de cada capa

| d1 | d2 | d3 |
|-------------------------|--------------|--|
| 6 cm | 20 cm | 25 cm |
| CAPA SUPERFICIAL | BASE | SUB BASE |
| SN(Requerido) | 3.48 | Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido) |
| SN(Resultado) | 3.50 | SI CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Como $SN(\text{Resultado}) > SN(\text{Requerido})$ $3.50 > 3.48$

TABLA N° 131. Parámetros de diseño del pavimento propuesto

| PARÁMETROS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO PROPUESTO | | | | |
|---|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | Drenaje (m) | Coficiente estructural (a) | Número estructural (SN) | Espesores mínimos teóricos |
| Carpeta asfáltica | | a1 = 0173 | 2.35 | 6.00 cm |
| Base granular | m1 = 1.10 | a2 = 0.053 | 2.91 | 20.00 cm |
| Sub Base granular | m2 = 1.10 | a3 = 0.047 | 3.48 | 25.00 cm |
| Espesor total del pavimento | | | | 51.00 cm |

Fuente: Elaboración propia

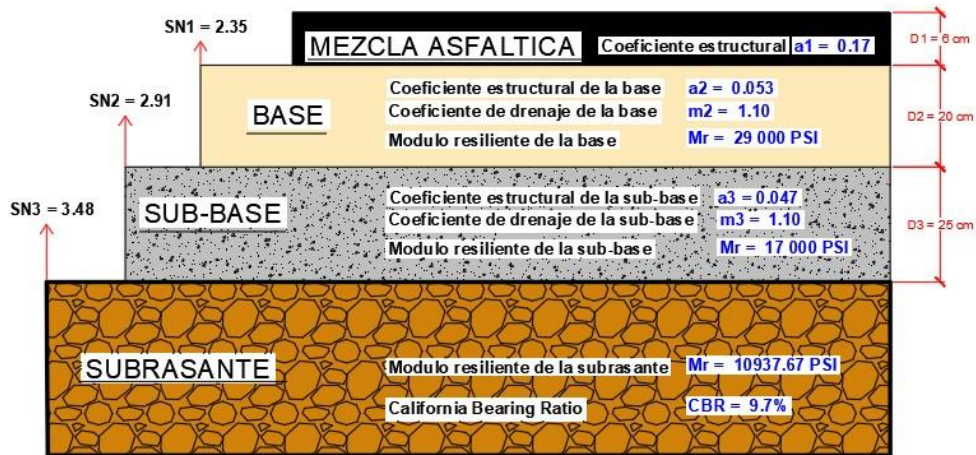


FIGURA N°43. Parámetros de diseño de cada capa

Fuente: Elaboración propia

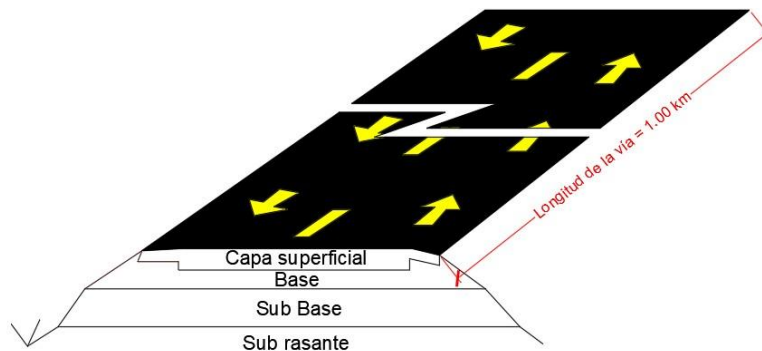


FIGURA N°44. Dimensión de la Sección Longitudinal

Fuente: Elaboración propia

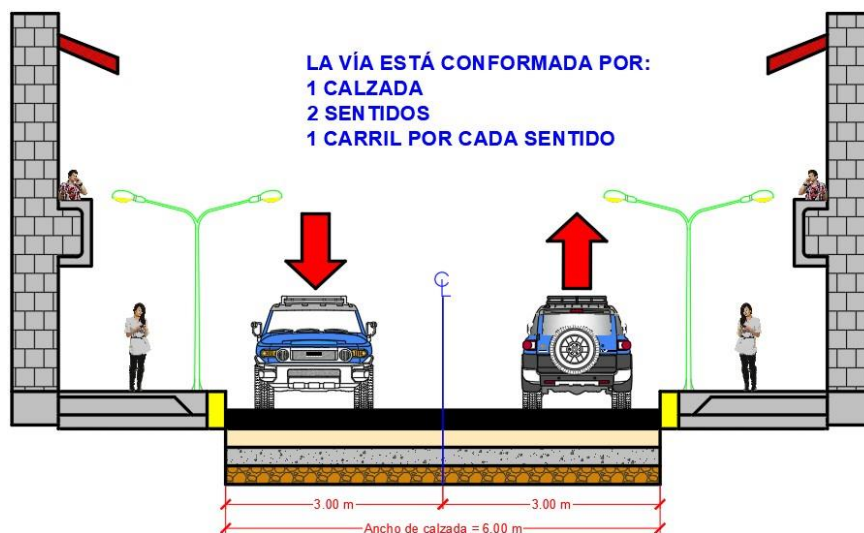


FIGURA N°45. Dimensiones de del ancho de calzada de la vía

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MÉTODO AASTHO 1993

Subrasante estabilizada con cenizas de residuos orgánicos: CBR = 18.80%

Uno de los requisitos indispensable para realizar el diseño del pavimento flexible es tener el C.B.R. (California Bearing Ratio) de la subrasante mayor igual al 6%,

$$D = 109.4 \left(\frac{1}{CBR} + 1 \right)^{0.78} = 109.4 \left(\frac{1}{18.80} + 1 \right)^{0.78} + 9.36 \left(\frac{1}{CBR} + 1 \right) - 0.20 + \frac{4.2 \left(\frac{\Delta PSI}{1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{109.4}{CBR + 1} \right)^{5.19}} + 2.32 \left(\frac{1}{CBR} + 1 \right) - 8.07$$

Fuente: Elaborado por el GUÍA AASTHO

LOG (W₁₈) = Número de ejes equivalentes total

Z_R = Desviación estándar normal

S₀ = Desviación estándar combinada

SN = Número estructural

ΔPSI = índice de Serviciabilidad

PI = Serviciabilidad inicial

PT = Serviciabilidad final

MR = Módulo de resiliente

LOG (W_{18}) = Número de ejes equivalentes total

$W(18) = 2\,666\,210$ psi

TABLA N° 132. Nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño

| Clasificación | Niveles de confiabilidad | |
|-------------------------------|--------------------------|-------------|
| | Recomendado | |
| | Urbana | Rural |
| Autopistas interestatales | 85.0 - 99.9 | 80.0 - 99.9 |
| Arterias principales | 80.0 - 99.9 | 75.0 - 95.0 |
| Colectoras de tránsito | 80.0 - 95.0 | 75.0 - 95.0 |
| Carreteras locales | 50.0 - 80.0 | 50.0 - 80.0 |

Fuente: Elaborado por CE.010 pavimentos urbanos

Para el presente Estudio, por ser una vía urbana; le corresponde una confiabilidad que varía de 80% - 95%

TABLA N° 133. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 65% |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 70% |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 75% |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 80% |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 80% |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 85% |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 85% |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

La confiabilidad de adoptó teniendo en cuenta los ejes equivalentes. En nuestra investigación contamos con 2,666,210 EE

➤ **Confiabilidad adoptada es R = 85%**

TABLA N° 134. Desviación estándar normal (Z_R)

| R | Z_R |
|------------------------|---------------------|
| Nivel de Confiabilidad | Desviación Standard |
| 75 | -0.674 |
| 80 | -0.841 |
| 85 | -1.037 |
| 90 | -1.282 |
| 91 | -1.34 |
| 92 | -1.405 |
| 93 | -1.476 |
| 94 | -1.555 |
| 95 | -1.645 |
| 96 | -1.751 |
| 97 | -1.881 |
| 99.9 | -3.750 |

Fuente: Elaborado por CE.010 pavimentos urbanos

- Se adopta un: $R = 85 \%$.
- **$Z_R = -1.037$**

$S_0 =$ Desviación Estándar Combinada

Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_0 comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

$S_0 = 0.45$.

TABLA N° 135. Índice de Serviciabilidad ΔPSI

| Índice de servicio | Calificación |
|--------------------|---------------|
| 5 | Excelente |
| 4 | Muy bueno |
| 3 | Bueno |
| 2 | Regular |
| 1 | Malo |
| 0 | Intransitable |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

$$\Delta_{PSI} = P_{i} - P_{f}$$

$$\Delta_{PSI} = 4 - 2.5 = 1.5$$

TABLA N° 136. Serviciabilidad inicial PI

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | Δ INICIAL (P _i) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 3.8 |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 3.8 |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 3.8 |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 3.8 |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 3.8 |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 4 |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 4 |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

TABLA N° 137. Serviciabilidad final PT

| TIPO DE CAMINOS | TRÁFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | | Δ FINAL (P _f) |
|-------------------------------------|------------|------------------------------|--------------|---------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP0 | 75,000.00 | 150,000.00 | 2.00 |
| | TP1 | 150,001.00 | 300,000.00 | 2.00 |
| | TP2 | 300,001.00 | 500,000.00 | 2.00 |
| | TP3 | 500,001.00 | 750,000.00 | 2.00 |
| | TP4 | 750,001.00 | 1,000,000.00 | 2.00 |
| Resto de Caminos | TP5 | 1,000,001.00 | 1,500,000.00 | 2.50 |
| | TP6 | 1,500,001.00 | 3,000,000.00 | 2.50 |

Fuente: Elaborado por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos

Módulo de Resiliencia de la Subrasante (MR.)

Fórmula para hallar el módulo de resiliencia de la subrasante para suelo de fundación

$$MR = 2555 CBR^{0.64}$$

Fuente: manual de carreteras

CBR (subrasante) = 18.80 %.

$$MR = 2555 \times 18.80^{0.64} = 11111.11$$

SN = Número estructural

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

Donde:

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$$a_1 = 0.249 \times \left(\frac{MR}{1000} \right)^{-0.977}$$

$$a_2 = 0.249 \times \left(\frac{MR}{1000} \right)^{-0.977}$$

d1, d2, d3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

$$d_1 = \frac{MR}{a_1} \quad d_2 = \frac{MR - a_1 d_1}{a_2 m_2}$$

$$a_1 * d_1 \gg a_2 d_2$$

$$a_1 d_1 + a_2 d_2 \gg a_3 d_3$$

$$a_3 d_3 + a_2 d_2 + a_1 d_1 \gg a_3 d_3$$

m2, m3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Módulo de Resiliencia Carpeta Asfáltica (Mr.)

Tomando como módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica $E = 450\,000$ psi

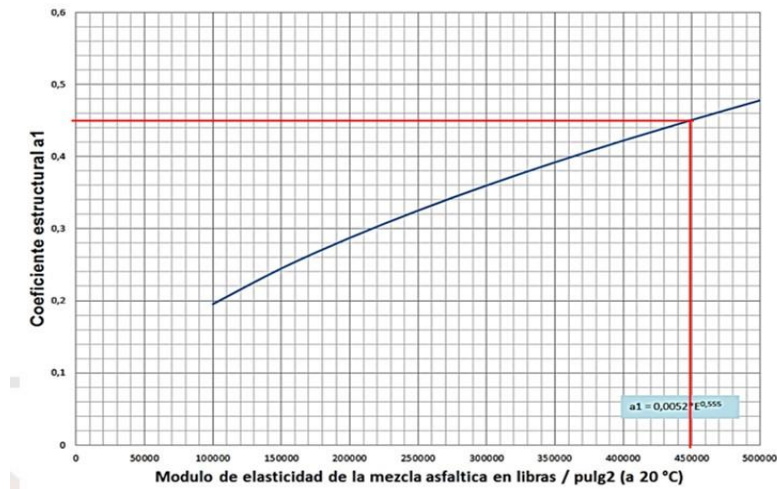


FIGURA N°46. Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica M_r

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO



Módulo de Resiliencia Base Granular (M_R)

De acuerdo al manual de carreteras vigente en nuestro país el material usado para la construcción de la capa utilizada como base granular el valor CBR de ser $\geq 80\%$.

Asumimos un valor CBR $\geq 80\%$

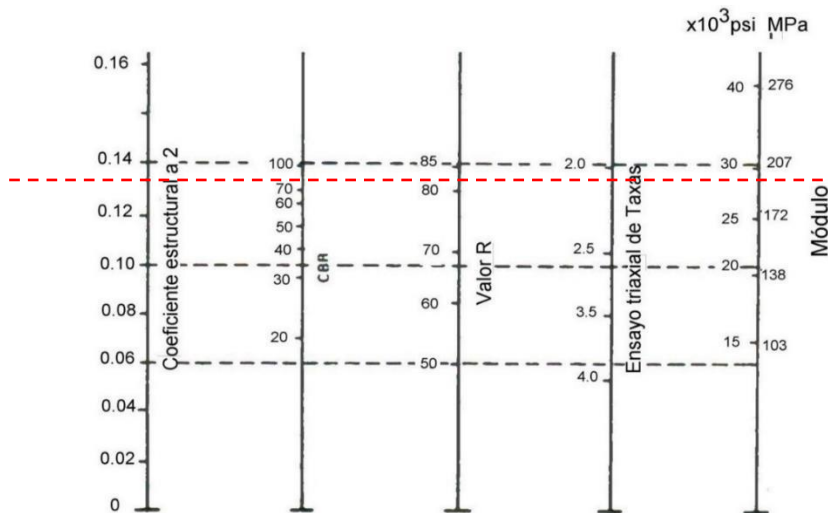


FIGURA N°47. Abaco para calcular el a_1 y M_r (base)

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO



Cálculo del coeficiente estructural de la base (a2)

$$a_2 = 0.249 (CBR)^{0.72} - 0.977$$

$$a_2 = 0.249 (29000)^{0.72} - 0.977 = 0.134/in$$

$$a_2 = 0.134/in$$

Módulo de Resiliencia Subbase Granular (Mr.)

De acuerdo al manual de carreteras vigente en nuestro país el material usado para la construcción de la capa utilizada como sub base granular el valor CBR de ser $\geq 40\%$

Asumimos un valor CBR $\geq 40\%$

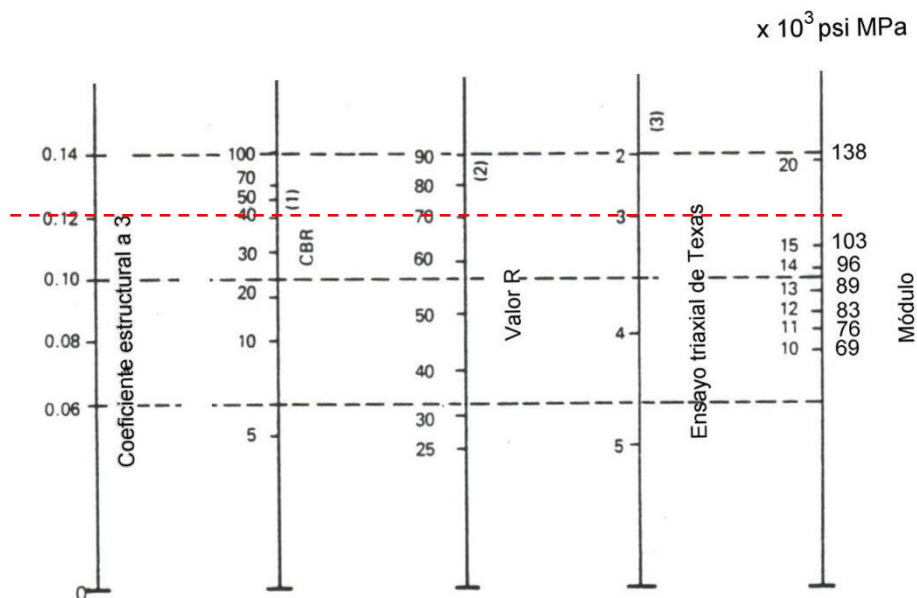


FIGURA N°48. Abaco para calcular el a2 y Mr(Sub Base)

Fuente: Elaborado por la guía AASHTO

$$a_3 = 0.227 (CBR)^{0.72} - 0.839$$

Cálculo del coeficiente estructural (a3)

$$a_3 = 0.227 (17000)^{0.72} - 0.839$$

$$a_3 = 0.227 (17000)^{0.72} - 0.839 = 0.12/in$$

$$a_3 = 0.12/in$$

TABLA N° 138. Coeficientes estructurales

| Coeficiente estructural | Valores estimados / pul. | |
|-------------------------|--------------------------|-------|
| Concreto asfáltico | a1 | 0.440 |
| Base Granular | a2 | 0.134 |
| Sub Base Granular | a3 | 0.120 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 139. Coeficientes de drenajes (CD)

| Calidad | Término | % de Tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de Humedad próximos a la saturación | | | |
|------------------|------------------|--|--------------------|-------------|-------|
| | | < 1% | 1 - 5% | 5 -2 5% | > 25% |
| Excelente | 2 horas | 1.40 – 1.35 | 1.35 - 1.30 | 1.30 – 1.20 | 1.20 |
| Buena | 1 día | 1.35 – 1.25 | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.00 | 1.00 |
| Aceptable | 1 semana | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.05 | 1.00 – 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1 mes | 1.15 – 1.05 | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.60 |
| Muy Pobre | El agua no drena | 1.05 – 0.95 | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.40 |

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

En base a las condiciones particulares del proyecto, tales como la topografía donde se desarrolla la vía, las precipitaciones pluviales anuales medias y suelo con permeabilidad media, se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación es del orden de 1 a 5%, es así que los coeficientes de drenaje son:

El manual de suelos y pavimentos recomienda utilizar el coeficiente de drenaje de 1%

Cd = 1.10 %

m1 = 1.10 %

m2 = 1.10 %

Cálculo del número estructural mediante el software ECUACIONES AASHTO

93

Carpeta asfáltica (SN)

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 85 % $Z_r = -1.037$ So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4 PSI final: 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 29000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

Número Estructural: SN = 2.35

W18 = 2666210

Botones: Calcular, Salir

FIGURA N°49. Cálculo del SN1

Fuente: Elaboración propia

Base granular (SN)

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 85 % $Z_r = -1.037$ So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4 PSI final: 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 17000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

Número Estructural: SN = 2.91

W18 = 2666210

Botones: Calcular, Salir

FIGURA N°50. Cálculo del SN2

Fuente: Elaboración propia

Sub Base granular (SN)

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiability (R) y Desviación estándar (So): 85 % Zr=1.037 So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4 PSI final: 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 16705.21 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

W18 = 2666210

Número Estructural: SN = 2.93

Botones: Calcular, Salir

FIGURA N°51. Cálculo del SN3

Fuente: Elaboración propia

Estructuración de Pavimentos Flexibles

Se muestra para los parámetros de diseño de pavimento flexible para periodo de diseño 20 años en él se resumen los espesores del paquete estructural bajo el siguiente criterio.

$$a_1 = \frac{a_2}{a_3} \quad a_1 = \frac{a_2 - a_3}{a_4}$$

$$a_1^* = a_2 a_3 >> a_4$$

$$a_2 + a_3 >> a_4$$

$$a_1 a_2 a_3 + a_4 + a_5 >> a_6$$

TABLA N° 140. Parámetros de cada capa

| Parámetros de cada capa | Drenaje (m) | Coefficiente estructural (a) | Número estructural (SN) |
|-------------------------|-------------|------------------------------|-------------------------|
| Carpeta asfáltica | | a1 = 0.173 /cm | 2.35 |
| Base granular | m1 = 1.00 | a2 = 0.053 /cm | 2.91 |
| Sub Base granular | m2 = 1.00 | a3 = 0.047 /cm | 2.93 |

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de los espesores de las capas del pavimento flexible

Carpeta asfáltica

$$D = \frac{D_1}{D_2}$$

$$D = \frac{2.35}{0.173 / 1.1} = 13.58$$

Adoptamos un valor de diámetro mínimo para la carpeta asfálticas 6 cm

$$D = 6$$

$$D^* = D \cdot D_1$$

$$D^* = 6 \cdot 0.173 / 1.1 = 1.038$$

Base granular

$$D = \frac{D_1 - D_2^*}{D_3 \cdot D_4}$$

$$D = \frac{2.91 - 1.038}{0.053 \cdot 1.1} = 32.109$$

Adoptamos un valor de diámetro mínimo para la carpeta asfálticas 25.00 cm

$$D = 25$$

$$D^* = D \cdot D_1 + D_2^*$$

$$D^* = 25 \cdot 0.053 \cdot 1.1 + 1.038 = 2.204$$

Sub Base granular

$$D = \frac{D_1 - D_2^*}{D_3 \cdot D_4}$$

$$D = \frac{2.93 - 2.495}{0.047 \cdot 1.1} = 14.043$$

Redondeamos a un número entero

$$D = 14$$

SN(Requerido) < SN(Resultado)

$$3.24 < 2.93$$

SN(Resultado) = a1 x d1 + a2 x d2 x m2 + a3 x d3 x m3

$$SN(Resultado) = (0.173 / \text{cm} * 6) + (0.053 / \text{cm} * 20 * 1.10) + (0.047 / \text{cm} * 40 * 1.10)$$

$$3.24 = 2.93$$

TABLA N° 141. Cálculo del SN*

| | m | a | SN | d | SN* |
|--------------------------|-----|-----------|------|-----------|-------|
| Carpeta asfáltica | | 0.173 /cm | 2.4 | 13.58 cm | 1.038 |
| Base granular | 1.1 | 0.053 /cm | 2.97 | 32.109 cm | 2.204 |
| Sub-Base granular | 1.1 | 0.047 /cm | 2.93 | 14.043 cm | |

Fuente: Elaboración propia

$$3.24 = 2.4 + 2.204 + 2.93$$

TABLA N° 142. Espesores de cada capa

| d1 | d2 | d3 |
|-------------------------|--------------|--|
| 6 cm | 20 cm | 40 cm |
| CAPA SUPERFICIAL | BASE | SUB BASE |
| SN(Requerido) | 2.93 | Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido) |
| SN(Resultado) | 3.24 | SI CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Como SN(Resultado) > SN (Requerido) 3.24 > 2.93

TABLA N° 143. Parámetros de diseño del pavimento propuesto

| PARÁMETROS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO PROPUESTO | | | | |
|---|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | Drenaje (m) | Coficiente estructural (a) | Número estructural (SN) | Espesores mínimos teóricos |
| Carpeta asfáltica | | a1 = 0173 | 2.35 | 6.00 cm |
| Base granular | m1 = 1.10 | a2 = 0.053 | 2.91 | 20.00 cm |
| Sub Base granular | m2 = 1.10 | a3 = 0.047 | 2.93 | 20.00 cm |
| Espesor total del pavimento | | | | 46.00 cm |

Fuente: Elaboración propia

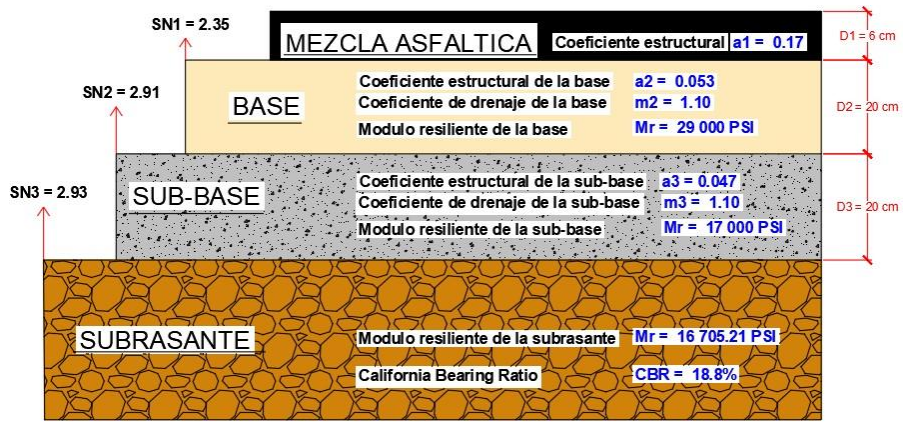


FIGURA N°52. Parámetros de diseño de cada capa

Fuente: Elaboración propia

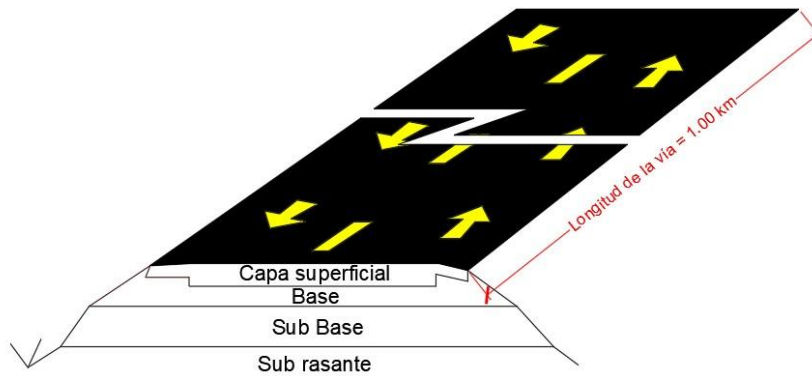


FIGURA N°53. Dimensión de la Sección Longitudinal

Fuente: Elaboración propia

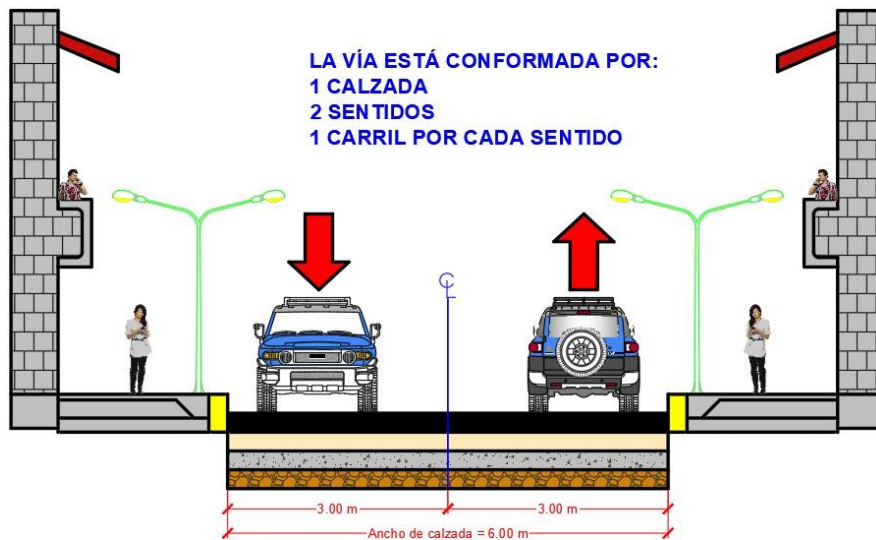


FIGURA N°54. Dimensiones de del ancho de calzada de la vía

Fuente: Elaboración propia

Descripción de la zona de estudio

Estudio comparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico, Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021



FIGURA N°55. Mapa político del Perú

Fuente: Elaborado por IStock

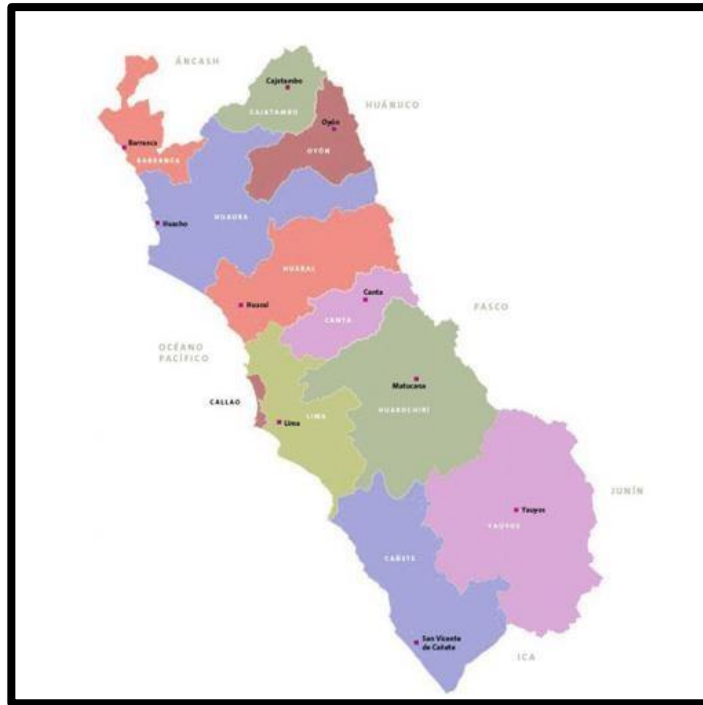


FIGURA N°56. Mapa político del departamento de Lima

Fuente: Elaborado por IStock

Ubicación del proyecto



FIGURA N°57. Mapa del distrito de Chorrillos

FIGURA N°58. Mapa de la provincia de Lima

Limites:

Norte : Con el distrito de Barranco
Sur : Con el distrito de Villa el Salvador
Este : Con el distrito de San Juan de Miraflores
Oeste : Con el océano pacífico

Ubicación geográfica

El distrito de Chorrillos tiene las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud: -12.1692, Longitud: -77.0244 | 12° 10' 9" Sur, 77° 1' 28" Oeste

Según el censo realizado por el INEI Chorrillo cuenta con una población 351 582 habitantes hasta el 2020, con una altitud de 45 m.s.n.m. con un área territorial de 38.94 km²

Clima: El clima que tiene el distrito de Chorrillos es árido

Desarrollo

Para el desarrollo del proyecto de investigación se realizó el estudio de mecánica de suelo y los ensayos correspondientes, primeramente, se realizaron 03 calicatas para la extracción de muestras que se utilizó en los ensayos del laboratorio



FIGURA N°59. Calicata N° 01



FIGURA N°60. Calicata N° 02



FIGURA N°61. Calicata N° 03

CLASIFICACIÓN DE SUELOS C-01, C-02 Y C-03

Prosiguiendo con el proceso de los estudios de mecánica de suelos, las muestras extraídas de las calicatas, estas serán sometidas al ensayo de análisis granulometría con el método de S.U.C.S. (Sistema unificado de clasificación de suelos) para determinar su clasificación de suelos.

TABLA N° 144. Clasificación de Suelos por método S.U.C.S.

| CLASIFICACIÓN DE SUELOS | |
|-------------------------|--|
| Muestra patrón | S.U.C.S. |
| C-01 | SP - SM |
| | Arena pobremente graduada con limo |
| C-02 | SP SM |
| | Arena pobremente graduada con limo con grava |
| C-03 | SP - SM |
| | Arena pobremente graduada con limo |

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 145. Tabla de CBR para la muestra patrón

| MUESTRA PATRON | | |
|----------------|---|-------------------------------|
| ENSAYO | C.B.R (California Bearing Ratio) (%) | EXPANSIÓN DEL SUELO (%) |
| CALICATAS | | |
| CALICATA-01 | 3.90 | 0.00 |
| CALICATA-02 | 8.80 | 0.00 |
| CALICATA-03 | 9.00 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia

Resumen de los resultados

Estabilización con residuos orgánicos

Se determinó el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos en la subrasante.

TABLA N° 146. Proctor modificado

| Calita mas crítica (C-1) | | | | |
|--------------------------|-----|------|---|---------------------------------|
| muestra | | | Densidad maxima seca (g/cm ³) | Óptimo contenido de humedad (%) |
| Muestra patron | | | 1.674 | 3.16 |
| Muestra 1ra | CCA | CBCA | 1.676 | 3.62 |
| | 6% | 10% | | |
| Muestra 2da | CCA | CBCA | 1.651 | 3.52 |
| | 8% | 20% | | |
| Muestra 3ra | CCA | CBCA | 1.657 | 2.56 |
| | 10% | 35% | | |

Fuente: Elaboración propia

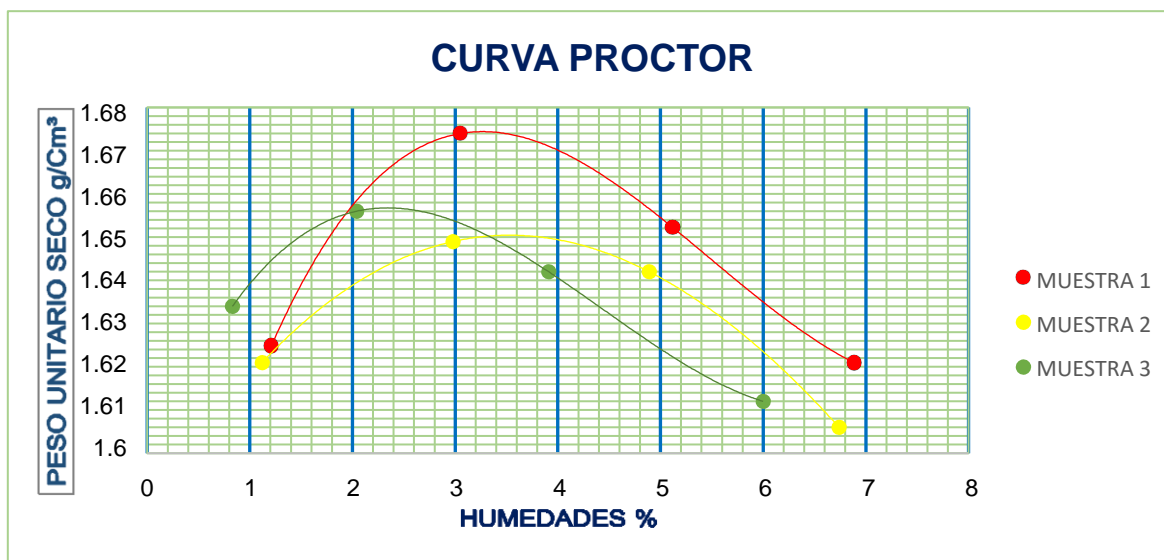


FIGURA N°62. Curva de Proctor

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 146 presenta los valores del proctor modificado. Adicionando 6 % de CCA + 10 % CBCA la densidad maxima seca aumenta de 1.674 g/cm³ a 1.676 g/cm³, con 8 % de CCA + 20 % CBCA disminuye de 1.674 g/cm³ a 1.651 g/cm³ y con 10 % de CCA + 35 % CBCA disminuye de 1.674 g/cm³ a 1.657 g/cm³.

Para el optimo contenido de humedad se adicionó 6 % de CCA + 10 % CBCA lo cual aumento de 3.16 % a 3.62 %, con 8 % de CCA + 20 % CBCA aumento de 3.16 % a 3.52 % y con 10 % de CCA + 35% CBCA disminuye de 3.16 % a 2.56 %.

Se determinó la expansión del suelo para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante.

TABLA N° 147. CBR (California Bearing Ratio). Expansión del suelo

| Calita mas crítica (C-1) | | | |
|--------------------------|-----|------|-------------------------|
| muestra | | | Expansión del suelo (%) |
| Muestra patron | | | 0.00 (%) |
| Muestra 1ra | CCA | CBCA | 0.00 (%) |
| | 6% | 10% | |
| Muestra 2da | CCA | CBCA | 0.00 (%) |
| | 8% | 20% | |
| Muestra 3ra | CCA | CBCA | 0.00 (%) |
| | 10% | 35% | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 147 se puede observar los resultados de la expansión del suelo. Debido a que tenemos un suelo arenos no presenta expansión de suelo.

Se determinó la resistencia de la subrasante para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico.



FIGURA N°63. Ensayo de C.B.R.

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 148. CBR (California Bearing Ratio)

| Calita mas crítica (C-1) | | | |
|--------------------------|-----|------|--|
| muestra | | | Resistencia de la subrasante al 100% (%) |
| Muestra patron | | | 3.90 |
| Muestra 1ra | CCA | CBCA | 15.00 |
| | 6% | 10% | |
| Muestra 2da | CCA | CBCA | 18.80 |
| | 8% | 20% | |
| Muestra 3ra | CCA | CBCA | 15.20 |
| | 10% | 35% | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°148 se observa que para el *CBR* (*California Bearing Ratio*) se adicionó 6% de CCA + 10% CBCA lo cual aumento de 3.90% a 15.00%, con 8% de CCA + 20% CBCA aumento de 3.90% a 18.80y con 10% de CCA + 35% CBCA disminuye de 3.90% a 15.20%.

Se determinó el *índice* de plasticidad para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante.

TABLA N° 149. Índice de plasticidad

| Calita mas crítica (C-1) | | | | |
|--------------------------|-----|------|----------------|-----------------|
| muestra | | | Límite líquido | Límite plástico |
| Muestra patron | | | NP | NP |
| Muestra 1ra | CCA | CBCA | NP | NP |
| | 6% | 10% | | |
| Muestra 2da | CCA | CBCA | NP | NP |
| | 8% | 20% | | |
| Muestra 3ra | CCA | CBCA | NP | NP |
| | 10% | 35% | | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°149 se puede observar que no presenta limite liquido y limite plastico ya que son suelos arenosos por la cual no tiende a pasar de su estado semisolido a un estado plastico

Estabilización con aditivo químico (terrasil)

Para el aditivo terrasil se determinó el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante.

TABLA N° 150. Índice de plasticidad

| Calita mas crítica (C-1) | | | |
|--------------------------|----|--|------------------------------------|
| Muestra | | Densidad maxima seca (g/cm ³) | Óptimo contenido de humedad (%) |
| Muestra patron | | 1.674 | 3.16 |
| Muestra 1ra | 2% | 1.663 | 3.71 |
| Muestra 2da | 4% | 1.660 | 3.52 |
| Muestra 3ra | 7% | 1.678 | 4.39 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 150 presenta los valores del proctor modificado. Adicionando 2 % del aditivo terrasil la densidad maxima seca disminuye de 1.674 g/cm³ a 1.663 g/cm³, con 4 % disminuye de 1.674 g/cm³ a 1.660 g/cm³ y con 7 % aumenta de 1.674 g/cm³ a 1.678 g/cm³.

Para el optimo contenido de humedad se adicionó 2 % del aditivo terrasil la densidad maxima seca aumenta de 3.16 % a 3.71 %, con 4% aumenta de 3.16 % a 3.52 % y con 7% aumenta de 3.16 %a 4.39 %.

Se determinó la expansión del suelo para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante.

TABLA N° 151. CBR (California Bearing Ratio). Expansión del suelo

| Calita mas crítica (C-1) | | |
|--------------------------|----|-------------------------|
| Muestra | | Expansión del suelo (%) |
| Muestra patron | | 0.00% |
| Muestra 1ra | 2% | 0.00% |
| Muestra 2da | 4% | 0.00% |
| Muestra 3ra | 7% | 0.00% |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°151 se puede observar los resultados de la expansión del suelo. Debido a que tenemos un suelo arenos no presenta expansión de suelo.

Objetivo específico 3. Determinar la resistencia de la subrasante para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021

TABLA N° 152. CBR (California Bearing Ratio).

| Calita mas crítica (C-1) | | |
|--------------------------|----|--------------------------------------|
| Muestra | | Resistencia de la subrasante al 100% |
| Muestra patron | | 3.90 |
| Muestra 1ra | 2% | 5.70 |
| Muestra 2da | 4% | 9.70 |
| Muestra 3ra | 7% | 6.20 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°152 se puede observa que para el *CBR (California Bearing Ratio)* adicionando el aditivo terrasil el 2% lo cual aumento de 3.90% a 5.70%, con 4% aumento de 3.90% a 9.70 % y con 7% aumento de 3.90% a 6.20%.

Se determinó el índice de plasticidad para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante de la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021

TABLA N° 153. CBR (California Bearing Ratio).

| Calita mas crítica (C-1) | | | |
|--------------------------|----|----------------|-----------------|
| Muestra | | Límite líquido | Límite plástico |
| Muestra patron | | NP | NP |
| Muestra 1ra | 2% | NP | NP |
| Muestra 2da | 4% | NP | NP |
| Muestra 3ra | 7% | NP | NP |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°153 se puede observar que no presenta limite liquido y limite plastico ya que son suelos arenosos.

V. DISCUSIÓN

1. Uno de los objetivos de nuestra tesis fue evaluar como influyen las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la estabilización de la subrasante.

Los resultados que se obtuvo por Rodríguez (2016) incorporando el aditivo terrasil, se dedujo que sí guardan relación de manera cómo influye el terrasil en la estabilización de la subrasante.

Los datos extraídos del antecedente concuerda con nuestra tesis ya que define que el terrasil impermeabiliza y mejora la resistencia del suelo ya sea en suelos limosos, arcillosos o arenosos; también el aditivo terrasil influye en la reducción del material pétreo, dando también la reducción de la base, a comparación de los resultados de nuestra tesis se obtuvo que nuestros estabilizadores (Cenizas de cascara de arroz + Cenizas de bagazo de caña de azúcar y el Aditivo terrasil) también generaron una reducción del material pétreo y de la base, a su vez dando una mejor resistencia al suelo arenoso.

2. Comparamos los resultados encontrados del óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante.

Los resultados obtenidos por Díaz V. (2018) incluyendo solo la cenizas de cascara de arroz, si guardan relacion con el optimo contenido de humedad pero no con la maxima densidad seca, esto quiere decir que sus resultados del optimo contenido de humedad a 20% de ceniza de cascara de arroz disminuye, por otro lado en la maxima densidad seca a 20% de ceniza de cascara de arroz aumenta.

Estos datos determinado por el antecedente no concuerda por parte de la maxima densidad seca con mi tesis, por que a su mayor porcentaje de CCA aumenta su valor de OCH, a comparación con los resultados de nuestra tesis a mayo porcentaje de CCA combinando con CBCA disminuye su valor de OCH.

Los resultados incluyendo el aditivo terrasil para la discusión no se encuentran disponibles en los antecedentes, por lo tanto no se podra comparar nuestros resultados.

3. Comparamos los resultados encontrados de la expansión del suelo para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante.

Los resultados obtenidos por Espinoza y Velásquez (2018) incluyendo solo la ceniza de bagazo de caña de azúcar, no guardan relación con la expansión del suelo, se debe que en la tesis del antecedente obtuvo datos favorables.

Estos datos determinados por el antecedente no concuerda con mi tesis, por que se añadió un 10, 20 y 30% de CBCA a un suelo arcilloso en donde sus valores disminuyeron de 1.47% a 0.24% con 20% de CBCA, a comparación con los resultados de nuestra tesis combinando los porcentajes de 8% de CCA con el 20% de CBCA, no presenta expansión debido a que la zona de estudio presenta suelo arenoso

Los resultados incluyendo el aditivo terrasil para la discusión no se encuentran disponibles en los antecedentes, por lo tanto no se podrá comparar nuestros resultados.

4. Comparamos los resultados de la resistencia de la subrasante para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante.

Los resultados obtenidos por Espinoza y Velásquez (2018), incluyendo solo la ceniza de bagazo de caña de azúcar, si guardan relación con la resistencia de la subrasante, se debe que en la tesis del antecedente aumento el valor del CBR a un 10% de la muestra patron llegando así a sus 15.18%.

Estos datos determinados por el antecedente se asemeja al de mi tesis ya que al añadir el 20% de CBCA con la muestra natural, obteniendo un incremento en el CBR, a comparación con nuestros resultados de nuestra tesis también se dio un incremento de 14.9% al añadir el 20% de CBCA con el 8% de CCA consiguiendo un 18.8% de CBR.

Los resultados obtenidos por Diaz (2019), incluyendo el aditivo terrasil, no guardan relación con la resistencia del suelo, lo cual tuvo un valor de CBR altísimo añadiendo cemento.

Estos datos determinados por el antecedente no concuerda con mi tesis, por que al momento que se añadió el cemento, su valor de CBR aumento, a

comparacion con nuestra tesis el valor del CBR aumento pero sin añadir otros productos.

5. Comparamos los resultados del índice de plasticidad para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante.

Los resultados obtenidos por Patel, Mishra, Parmar y Gautam (2015), si guardan relación con el índice de plasticidad, esto se debe a que en el artículo del antecedente hizo de utilidad al aditivo Terrasil un 0.041% más el Zycobond con un 0.020% la cual generó que el límite líquido y sus máximas cualidades del plástico se redujeron a comparación de su muestra patrón.

Estos datos determinados por el antecedente no concuerdan con nuestra tesis, ya que su suelo del investigador presenta plasticidad a diferencia de nuestra tesis, las muestras extraídas contienen suelos arenosos y presentando resultados nulos que significas que no presentan plasticidad.

VI. CONCLUSIONES

1. Para el tipo de suelo arenoso calificado como Arena pobremente graduada con limo (SP MS) en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), a las cuales se les influyeron las Cenizas de cascara de arroz (CCA) con porcentajes de 6%, 8% y 10%; junto con las Cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) con 10%, 20% y 35% comparando con el Aditivo Terrasil con 2%, 4% y 7%, se obtuvieron resultados favorables tanto para las cenizas de residuos orgánicos como el aditivo químico, mejorando sus propiedades físicas y el aumento de la capacidad portante, la cual beneficia a ese tipo de suelo poder estabilizar la subrasante.
2. La densidad máxima seca en los resultados, muestra que al principio aumenta para luego disminuir, a medida que se eleva los porcentajes de residuos orgánicos, esto muestra que al adicionar 6% de CCA + 10% CBCA aumentó de 1.674 g/cm^3 a 1.676 g/cm^3 , con 8% de CCA + 20% CBCA disminuye de 1.674 g/cm^3 a 1.651 g/cm^3 finalizando con 10% de CCA + 35% CBCA disminuye de 1.674 g/cm^3 a 1.657 g/cm^3 , en el caso del terrasil disminuyen y luego aumenta, a medida que se eleva sus porcentajes esto se demuestra que a 2 % su densidad maxima seca disminuyo de 1.674 g/cm^3 a 1.663 g/cm^3 , con 4 % disminuyo de 1.674 g/cm^3 a 1.660 g/cm^3 y con 7 % aumento de 1.674 g/cm^3 a 1.678 g/cm^3 , estos datos son optimos para estabilizar.
3. Para el óptimo contenido de humedad incorporando los porcentajes de cenizas de residuos orgánicos se dio a conocer que al momento de adicionar 6% de CCA + 10% CBCA aumentó de 3.16 % a 3.62 %, con 8% de CCA + 20% CBCA aumentó de 3.16 % a 3.52 y con 10% de CCA + 35% CBCA disminuyó de 3.16% a 2.56 %; a comparación del Aditivo terrasil adicionando el 2 % aumenta de 3.16 % a 3.71 %, con 4% aumenta de 3.16 % a 3.52 % y con 7% aumenta de 3.16 %a 4.39 %, resultando valores efectivas para estabilizar.
4. Para la expansión de suelo, se observó que no contiene expansión ya que no es un suelo cohesivo, esto quiere decir que al momento de saturarse o humedecerse no tiende a aumentar su volumen.

5. La muestra de suelo natural (muestra patrón) su CBR al 0.1 in es de 3.90% al estado natural, dando el caso que no llega al 6%, por lo tanto se necesita dar un mejoramiento a lo que pide la Norma MTC, por otro lado adicionando los porcentajes de las cenizas de residuos organicos y el aditivo quimico se observa un aumento del CBR al momento de adicionarlo a la mezcla. Al 6% de CCA + 10% CBCA aumentó de 3.90% a 15.00% su CBR al 0.1 in, con 8% de CCA + 20% CBCA aumento de 3.90% a 18.80 su CBR al 0.1 in y con 10% de CCA + 35% CBCA aumentó de 3.90% a 15.20% su CBR al 0.1 in, por otro lado el terrasil al 2% aumentó de 3.90% a 5.70% su CBR al 0.1 in, con 4% aumento de 3.90% a 9.70 % su CBR al 0.1 in y con 7% aumento de 3.90% a 6.20% su CBR al 0.1 in. Logrando asi obtener valores optimas para una buena estabilización.

6. El Índice de plasticidad para este tipo de suelo arenoso, se obtuvo que es NP (no plástico) tanto para el límite líquido y limite plástico, esto quiere decir que es un suelo que está bajo de contenido de humedad llamado suelos friables o desmenuzables

VII. RECOMENDACIONES.

1. Para realizar la estabilización de suelos primeramente se recomienda realizar los estudios de mecánica de suelos para conocer la resistencia de la subrasante a mejorar, ya que, un suelo puede ser estabilizado si su valor de C.B.R es menor al 6%, de lo contrario no es necesario mejorar sus propiedades físicas y aumentar su capacidad portante.
2. En esta investigación para realizar una estabilización de la subrasante con suelos arenosos calificado como arena pobremente graduada con limo (SP - SM) se recomienda utilizar como agente estabilizador cenizas de cascara de arroz (C.C.A.) mezclado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (C.B.C.A)
3. Se recomienda emplear la dosificación del mezclado de la muestra patrón con las cenizas de cáscara de arroz (C.C.A.) con un porcentaje de 8% más las cenizas de bagazo de caña de azúcar (C.B.C.A) con un porcentaje de 20% la cual no dieron resultados favorables, en cuanto al C.B.R aumento de 3.90 % a 18.80% logrando mejorar sus propiedades y aumentar su capacidad portante
4. Para esta investigación se recomienda diseñar el pavimento flexible con la subrasante estabilizada con residuos orgánicos ya que este es el agente estabilizador que mejores resultados nos generaron en cuanto al C.B.R, máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad
5. Se recomienda utilizar el diseño de pavimento flexible con la subrasante estabilizada con residuos orgánicos, ya que con este estabilizador se obtienen menores espesores de sus capas: Base granular disminuyen de 25cm (subrasante sin estabilizar) a 20cm (subrasante estabilizada) y la subbase granular de 40cm (subrasante sin estabilizar) a 20cm (subrasante estabilizada) Total del espesor de pavimento flexible (subrasante sin estabilizar) 71 cm y Total espesor de pavimento flexible (subrasante estabilizada) 46 cm

REFERENCIAS

Ancade; Anter; Leca. (2008). Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal. En IE. (IECA) (Ed.). Madrid: I.S.B.N.: 978-84-89702-23-3.

Adeyanju, Emmanuel, y otros. Subgrade Stabilization using Rice Husk Ash-based Geopolymer (GRHA) and Cement Kiln Dust (CKD). Ogun State: s.n., págs. 2-3-7,2020.

Antonio, P. (2009). Rigidez a Baja Deformación De Mezclas de Suelo de la Formación Pampeano y Cemento Portland. (Tesis de grado en Ingeniería Civil). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Bada, D. F. (2016). Aplicación del Aditivo Químico Conaid para Atenuar la Plasticidad del Material Granular del Tramo de la Carretera Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la Ruta Nacional pe – 3na. (Tesis Para Obtener El Grado De Maestro En Transportes Y Conservación Vial). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

Con-Aid Argentina S.A. (s.f.). Estabilización Química De Suelos. [En Línea] Conaid.com 2021 [Fecha de consulta: 19 de mayo del 2021].

Disponible en: <http://www.conaid.com.ar/descargas/Documento-11.pdf>

Cortes, C. M., & Fernández, M. A. (2015). Influencia de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de lima para vías a nivel de afirmado. (Para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad

De la Fuente, E. (2013). Suelo - Cemento Sus Usos, propiedades y aplicación. (M. e. Venanzi, Ed.) México: ISBN 968-464-018-8.

Gañas Labajos, Olger y Saldaña Nuñez, Jhon Hilmer. 2020. Estabilización de los suelos con cenizas de carbon para uso como subrasante mejorada. Ciencias Naturales e Ingeniería. Vol. 3(1).

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. Metodología de la Investigación. 2006 México: McGraw HILL IINTERAMERICMA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (S. D. McGraw-Hill / Interamericana Editores, Ed.) Metodología de la Investigación. 2014 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2021].

Disponible en: [http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodología de la investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf](http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodología_de_la_investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf)

Huamán, X. E. Análisis de la estabilización del material de cantera Km 02+700 de la ruta CU-123 San Jerónimo Mayumbamba, con la adición de estabilizante iónico Cusco. 2015

Juárez, E., & Rico, A. Mecánica de suelos. Tomo 1 Fundamentos de la mecánica de Suelos. 2012 (S. Limusa, Ed.) México: ISBN 13: 9789681800697.

LABORATORIO DE ALIMENTOS UNAM. Fundamento y Técnicas de Analisis de Alimentos. Pág. 6. 2008. [Fecha de consulta: 14 de junio del 2021].

Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf

Méndez S. y Pineda N. Comportamiento de Cimentaciones en Suelos Expansivos. 2015.

Montejo, A. Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras. 2002 Bogota: ISBN: 958-96036-2-9.

MTC. Manual De Diseño De Carreteras No Pavimentadas De Vajo Volumen De Tránsito. En D. G. Ferrocarriles. Lima: Tarea Asociación Gráfica Educativa. 2008. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021].

Disponible en Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

MTC. "Manual de carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimento. Lima: R.D. N°10-2014-MTC/14. 2014. [En Línea]. MTC.gob.pe 2014. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021].

Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html#92

MTC. Manual de Carreteras. R.D. N° 10-2014-MTC/14. 2014 [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021].

MTC. Manual de ensayo de materiales. Lima. [En Línea] MTC.gob.pe 2016 [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021].

Disponible

en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

MTC. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 [En Línea] MTC.gob.pe 2018. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021]. Disponible en Dirección General de Caminos Y Ferrocarriles: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Ministerio de Agricultura y Riego [En Línea]. Especificación de Suelo. Especificación de Suelo 2015. [Fecha de consulta: 14 de junio del 2021].

Disponible en: <https://www.minagri.gob.pe/portal/41-sector-agrario/recursos-naturales/316-suelo>

MAPFRE. [En Línea] MAPFRE.com 2021. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2021].

Disponible en: <https://www.salud.mapfre.es/nutricion/alimentos/el-arroz-un-cereal-con-muchas-posibilidades/>

Ospina-Garcia, Chavez-Pabon, Jimenez-Sicacha. (2020). Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero. Rev.investig. desarro. innov., Vol. 11 (1), pag.185-196.

OPTIMASOIL. [En Línea] Optimasoil.com 2014 [Fecha de consulta: 15 de junio del 2021].

Disponible en: <https://www.optimasoil.com/terrasil/>

Patel N., y otros. Subgrade Soil Stabilization using Chemical Additives [En Línea], (02):1089-1095, 2015.

Paz Bellido, C. A. (2014). Estabilización de Suelos Con Aditivo Con-Aid. Obtenido de Scribd: <https://edoc.site/estabilización-de-suelos-con-aditivo-con-aid-pdf-free.html>

Quiran, W. E. (2015). "Estabilización de suelos con productos Enzimáticos, como alternativa a la carencia de bancos de préstamo de material en el departamento de Guatemala". Guatemala.

Ravines, M. A. (2010). Pruebas con un Producto Enzimático Como Agente Estabilizador de Suelos para Carreteras. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Piura.

Rodriguez, D. I. (2016). "Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (terrasil), se la vía ecológica del Cantón Quevedo, provincia de los Ríos.". Ambato Ecuador.

Sánchez, M. A. (2014). Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector calcical del Cartón Tosagua provincia de Manabí. (Disertación de grado previo a la obtención del título de ingeniero civil). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Schiffman, L., & Kanuk, L. (2010). Comportamiento del Consumidor. México: Pearson Educación México S.A. de C.V.

Soza, M. M., & Bustamante, J. F. (2003). Estudio de alternativa para estabilización de suelos con material existente en el camino Boquete – Santa Ana. (Tesina sometida a la consideración de la comisión del programa de estudio de maestrías en ingeniería de transportes para optar al grado de master en ingeniería de transporte). Universidad nacional de ingeniería Pedro Arauz Palacios, Managua, Nicaragua.

SANS Llanos, Juan José. 1975. Mecánica de suelos. 1ra. Madrid: Barcelona, 1975. pág. 67.

Stabilization of alluvial soil subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. Anjani Kumar, Yadav, y otros. 2017. Patna: s.n., 27 de February de 2017, págs. 255-261.

Subgrade Stabilization using Rice Husk Ash-based Geopolymer (GRHA) and Cement Kiln Dust (CKD). Adeyanju, Emmanuel, y otros. 2020. Ogun State: s.n., 26 de May de 2020, págs. 2-3-7.

TDM, T. Pavimentación – Estabilización de Vías Proyecto Perú [En Línea]. Grupotdm.com 2010 [Fecha de consulta: 15 de junio del 2021].

Disponible en: CASOS ICÓNICOS: www.grupotdm.com

TORRES M. Estructuras [En Línea]. EDU.xunta 2014 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2021].

Disponible en:
https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/51_resistencia.html

Torres, R. (2006). Programa de caminos rurales balance y perspectivas. Facultad de ciencias económicas de la universidad nacional mayor de santos marcos, 11, 43-45. Obtenido de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/economia/29/a04.pdf>

Ugaz, R. M. (2006). Estabilización de Suelos y su Aplicación en el Mejoramiento de Subrasante. (Tesis Volumen I para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad nacional de Ingeniería, Lima.

Vásquez, M. D. (2010). Pavimentos no Tradicionales para Carreteras de Selva Baja Con Bajo Volumen de Tránsito, Aplicación: Carretera Contamana- Aguas Calientes, Loreto. (Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, LIMA.

Velarde, A. D. (2015). "Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con Cal y Cemento". Puno

Varela R. Porcentaje [En Línea]. Numdea.com 2019. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2021]. Disponible en: <https://numdea.com/porcentaje.html>

ANEXOS

ANEXO 1

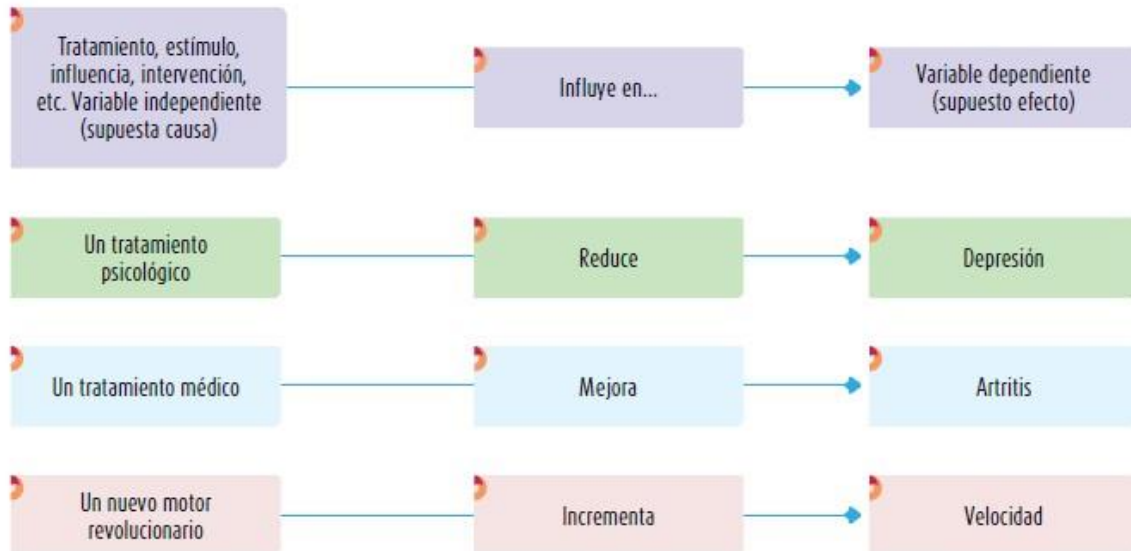


FIGURA N°64. Ejemplo de variables independiente y dependiente

Fuente: Elaborado por Hernández Sampieri R.

ANEXO N° 2: Matriz de consistencia

| MATRÍZ DE CONSISTENCIA | | | | | | | |
|---|--|---|--------------------------|--|-------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| TÍTULO: “Estudio coparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico, Av. Ancon, Puente Piedra – Lima, 2021” | | | | | | | |
| AUTORES: - Bartolo Medina, Frank Kevin - Dominguez Carrasco, Campañolly Ivan | | | | | | | |
| POBLEMA | OBJETIVO | HIPOTESIS | VARIABLES | | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL | INDEPENDIENTE (X) | CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO | Cenizas de cascara de arroz | 6% 8% 10% | Balanza de precision |
| ¿De que manera influyen las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021? | Evaluar como influyen las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la estabilización de la subrasante en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021 | Las cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico influyen en la estabilización de la subrasante en la Av. Ancon - Puente Piedra - Lima, 2021 | | | Cenizas de bagazo de caña de azúcar | 10% 20% 35% | Balanza de precision |
| | | | | | Aditivo Terrasil | 2% 4% 7% | Probeta y/o vaso de precipitado. |


| PROBLEMAS ESPECÍFICOS | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS | |
|--|---|---|-----------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| ¿Cuál será el valor de óptimo contenido de humedad máxima densidad seca para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante de la AV. Cordillera Occidental, Chorrillos, Lima, 2021? | Determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante de la AV. Cordillera Occidental, Chorrillos, Lima, 2021 | El óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca varían para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante de la AV. Cordillera Occidental, Chorrillos, Lima, 2021 | DEPENDIENTE (Y) | Óptimo contenido de humedad Y máxima densidad seca | Proctor Modificado | ASTM D-1557 y UNE103-501-94. | |
| ¿Cuál será la expansión del suelo para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021? | Determinar la expansión del suelo para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021 | La expansión del suelo varía para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021 | | ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE | Porcentaje de expansión del suelo | C.B.R (California Bearing Ratio) | MTC E 132 |
| ¿Cuál será la resistencia de la subrasante para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021? | Determinar la resistencia de la subrasante para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021 | La resistencia de la subrasante varía para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021 | | | Resistencia de la subrasante | C.B.R (California Bearing Ratio) | MTC E 132 |
| ¿Cuál será el índice de plasticidad para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante de la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021? | Determinar el índice de plasticidad para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante de la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021 | El índice de plasticidad varía para diferentes porcentajes de cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico en la subrasante de la Av. Cordillera occidental, Chorrillos – Lima, 2021 | | | Índice de plasticidad | Límite líquido Límite plástico | NTP 339.130 |

ANEXO N° 3: Matriz de operacionalización

| MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN | | | | | |
|--|--|---|-------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| TÍTULO: “Estudio coparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de reciduos orgánicos y aditivo químico, Av. Ancon, Puente Piedra – Lima, 2021” | | | | | |
| AUTORES: - Bartolo Medina, Frank Kevin - Dominguez Carrasco, Campañolly Ivan | | | | | |
| VARIABLE (X) | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
| CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO | Para Navarro y Gomes (1995) los residuos orgánicos es un material descompuesto que es muy proveniente de diferentes especies de flora y fauna, ya sea sobras de cualquier producto o desechos (p.11). Según la Norma CE.020 (2012) "menciona que el aditivo estabilizador se emplea materiales orgánicos o de granulometría muy finas y esto debe ser capaz de mezclarse tanto intima como homogéneamente con el suelo con la finalidad de tener un mejor tratamiento ya que deberá presentar mejores propiedades de resistencia" (p.3). | Esta variable será medida con diferentes porcentajes de cenizas de cascará de arroz, bagazo de caña de azúcar y aditivo terrasil. | Cenizas de cáscara de arroz | 6% 8% 10% | Razón |
| | | | Cenizas de bagazo de caña de azúcar | 10% 20% 35% | Razón |
| | | | Aditivo Terrasil | 2% 4% 7% | Razón |

| VARIABLE (Y) | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEMS | ESCALA DE MEDICIÓN |
|--|---|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE | Para la Norma MTC-05-14 Sección suelos y pavimentos (2014). Define a la estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos. Se considera subrasante regular cuando tiene un CBR mayor o igual al 6% si el CBR es menor al 6% es un suelo pobre o inadecuado (p.92). | Esta variable será medida mediante los ensayos del Proctor modificado, CBR, (California Bearing Ratio), Limite líquido y límite plástico. | Optimo contenido de humedad Y máxima densidad seca | Proctor Modificado | ASTM D-1557 UNE 103-501-94. | Razón |
| | | | Porcentaje de expansión del suelo | C.B.R. (California Bearing Ratio) | MTC E 132 | Razón |
| | | | Resistencia de la subrasante | C.BR. (California Bearing Ratio) | MTC E 132 | Razón |
| | | | Índice de plasticidad | Límite líquido Límite plástico | NTP 339.130 | Razón |


ANEXO N° 5: Instrumentos de recolección de datos para el Proctor modificado

| | | | |
|--|-----------------|--|-----------------------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | | INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS; FICHA DE REGISTRO DE DATOS. | |
| <p align="center"> “Estudio comparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico, Av. Ancón, Puente Piedra - Lima, 2021” ASUNTO: PROCTOR MODIFICADO AUTORES: - Bartolo Medina, Frank Kevin - Dominguez Carrasco, Campañolly Ivan </p> | | | |
| Ubicación | | | |
| Distrito | | | |
| Provincia | | | |
| Departamento | | | |
| C: CALICATA MÁS CRÍTICA | | | |
| DOSIFICACIÓN ENSAYOS | | OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD | DENSIDAD MÁXIMA SECA |
| | | ASTM D-1557 | ASTM D-1557 |
| M.P. | | | |
| M.P. + C.C.A. + C.B.C.A. | C.C.A. | C.B.C.A. | |
| | 6% | 10% | |
| | 8% | 20% | |
| | 10% | 35% | |
| M.P. + TERRASIL | TERRASIL | | |
| | 2% | | |
| | 4% | | |
| | 7% | | |
| M.P.: Muestra patrón C.C.A.: Cenizas de cáscara de arroz C.B.C.A.: Ceniza de bagazo de caña de azúcar TERRASIL: Aditivo terrasil C...: Calicata | | | |

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

| | |
|--|---|
| <p>Apellidos y Nombres</p> <p>ING. SANTOS RICARDO, PADILLA PICHEN</p> | <p>Firma / CIP</p>  <p>SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN INGENIERO CIVIL CIP 51630</p> |
| <p>Apellidos y Nombres</p> <p>ING. MINAYA ROSARIO, CARLOS DANILO</p> | <p>Firma / CIP</p> |
| <p>Apellidos y Nombres</p> <p>ING. VARGAS ASPAJO, NISOFRÓ</p> | <p>Firma / CIP</p>  <p>Ing. Civil Nisofro Vargas A. CIP: 181089</p> |

ANEXO N° 6: Instrumentos de recolección de datos para el C.B.R.

| | | | | |
|---|-----------------|--|--|-------------------------------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | | INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS; FICHA DE REGISTRO DE DATOS. | | |
| <p align="center"> “"Estudio comparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico, Av. Ancón, Puente Piedra - Lima, 2021"” ASUNTO: C.B.R. (California Bearing Ratio) AUTORES: - Bartolo Medina, Frank Kevin - Dominguez Carrasco, Campañolly Ivan </p> | | | | |
| Ubicación | | | | |
| Distrito | | | | |
| Provincia | | | | |
| Departamento | | | | |
| C: CALICATA MÁS CRÍTICA | | | | |
| DOSIFICACIÓN | | ENSAYOS | | RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE |
| | | C.B.R. | PORCENTAJE DE EXPANSIÓN DEL SUELO | MTC E 132 |
| | | MTC E 132 | MTC E 132 | MTC E 132 |
| M.P. | | | | |
| M.P. + C.C.A. + C.B.C.A. | C.C.A. | C.B.C.A. | | |
| | 6% | 10% | | |
| | 8% | 20% | | |
| | 10% | 35% | | |
| M.P. + TERRASIL | TERRASIL | | | |
| | 2% | | | |
| | 4% | | | |
| | 7% | | | |
| M.P.: Muestra patrón C.C.A.: Cenizas de cáscara de arroz C.B.C.A.: Ceniza de bagazo de caña de azúcar TERRASIL: Aditivo terrasil C...: Calicata | | | | |

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos y Nombres

ING. SANTOS RICARDO
PADILLA PICHEN

Firma / CIP



SANTOS RICARDO PADILLA PICHEN
INGENIERO CIVIL
CIP 51630

Apellidos y Nombres

ING. MINAYA ROSARIO,
CARLOS DANILO

Firma / CIP

Apellidos y Nombres

ING. VARGAS ASPAJO,
NISOFRÓ

Firma / CIP



Ing. Civil Nisofro Vargas A.
CIP: 181089

ANEXO N° 7: Instrumentos de recolección de datos para el índice de plasticidad

| | | | | | |
|--|-----------------|--|-----------------------|------------------------|------------------------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | | INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS; FICHA DE REGISTRO DE DATOS. | | | |
| “"Estudio comparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico, Av. Ancón, Puente Piedra - Lima, 2021"” ASUNTO: (Límite líquido y Límite plástico) AUTORES: - Bartolo Medina, Frank Kevin - Dominguez Carrasco, Campañolly Ivan | | | | | |
| Ubicación | | | | | |
| Distrito | | | | | |
| Provincia | | | | | |
| Departamento | | | | | |
| C: CALICATA MÁS CRÍTICA | | | | | |
| DOSIFICACIÓN | | ENSAYOS | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO | INDICE DE PLASTICIDAD |
| | | | ASTM D-4318 | ASTM D-4318 | ASTM D-4318 |
| M.P. | | | | | |
| M.P. + C.C.A. + C.B.C.A. | C.C.A. | C.B.C.A. | | | |
| | 6% | 10% | | | |
| | 8% | 20% | | | |
| | 10% | 35% | | | |
| M.P. + TERRASIL | TERRASIL | | | | |
| | 2% | | | | |
| | 4% | | | | |
| | 7% | | | | |
| M.P.: | | Muestra patrón | | | |
| C.C.A.: | | Cenizas de cáscara de arroz | | | |
| C.B.C.A.: | | Ceniza de bagazo de caña de azúcar | | | |
| TERRASIL: | | Aditivo terrasil | | | |
| C..: | | Calicata | | | |

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos y Nombres

ING. SANTOS RICARDO
PADILLA PICHEN

Firma / CIP



SANTOS RICARDO PADILLA PICHEN
INGENIERO-CIVIL
CIP 51630

Apellidos y Nombres

ING. MINAYA ROSARIO,
CARLOS DANILO

Firma / CIP

Apellidos y Nombres

ING. VARGAS ASPAJO,
NISOFRÓ

Firma / CIP



Ing. Civil Nisofro Vargas A.
CIP: 181089

ANEXO N° 8. Cotización de estudio de mecánica de suelos

| | | | | | |
|---|---|-----------|------|-----------------------|---|
| EX - K - VAR S.A.C | | | RUC | 20601912946 | |
| COTIZACIÓN ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS | | | | | |
| Obra ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO | | | | | |
| Cliente IVAN DOMINGUEZ CARRASCO Y KEVIN BARTOLO MEDINA | | | | | |
| Contratista EX - K - VAR SAC | | | | | |
| Fecha Set-21 | | | | | |
| Departamento LIMA | | Provincia | | LIMA | |
| | | | | | |
| 01 | EXPLORACION IN-SITU | | | | |
| 01.01 | TRASLADO DE PERSONAL Y EQUIPOS | | | S/ 150.00 | S/ 150.00 |
| 01.02 | CALICATA 3 METROS DE PROF. | UND | 3.00 | S/ 300.00 | S/ 900.00 |
| | | | | | |
| 02 | ENSAYOS EN LABORATORIO Y EMISION DE EMS (ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELO) | | | | |
| 02.01 | ENSAYOS EN LABORATORIO CON FINES DE MECANICA DE SUELOS. | UND | 1.00 | S/ 1,800.00 | S/ 3400.00 |
| | | | | | |
| 03 | ENSAYOS FISICOS DE CONTROL DE CALIDAD | | | | |
| 03.01 | CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) (ASTM D-1883) | UND | 6.00 | S/ 250.00 | S/ 1,500.00 |
| 03.02 | PROCTOR MODIFICADO (ASTM D - 1557) | UND | 6.00 | S/ 150.00 | S/ 900.00 |
| 03.03 | LIMITES DE ATTERBERG (ASTM D - 4318) | UND | 6.00 | S/ 160.00 | S/ 960.00 |
| | | | | SUBTOTAL | S/. 7,810.00 |
| | | | | GASTOS GENERALES - 5% | S/. 390.50 |
| | | | | TOTAL, SIN IGV | S/. 8,200.50 |
| | | | | I.G.V. (18%) | S/. 1,476.09 |
| TOTAL | | | | EKV | EX-K-VAR SAC INGENIERO 676.59 |

NOTAS A CONSIDERAR


LA PROPUESTA INCLUYE EL SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA LOS EQUIPOS DURANTE TRABAJO

PARTE DEL ENTREGABLE FÍSICO SERA EL EMS Y DISEÑO DE PAVIMENTO FIRMADO POR INGENIERO CIP.

LA PROPUESTA ECONÓMICA TIENE VIGENCIA HASTA 29/09/2021


Raúl Alarte Quispe - jefe de laboratorio

Ing. Raul Vargas Villegas - GERENTE GENERAL - EX K VAR S.A.C.


RAÚL VARGAS VILLEGAS
 GERENTE GENERAL
RAÚL KENSEL
 VARGAS VILLEGAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 201537

TLF 964250936 - 940920225

Anexo 9: Ensayos realizados con la muestra patrón



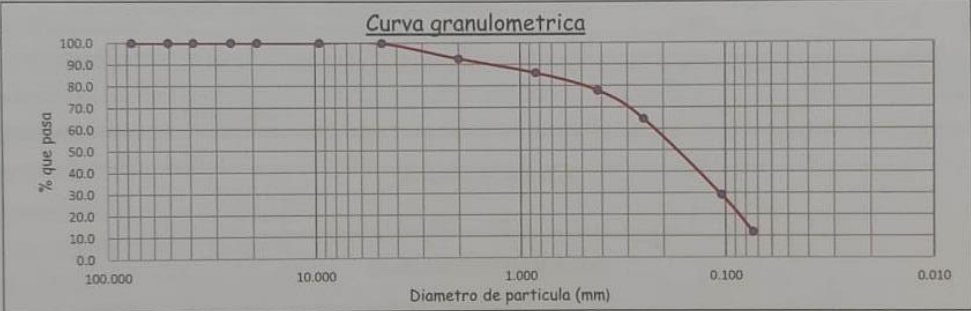
METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128

| | | | | | |
|----------------------|--|---|----------------------|-----------------|------------|
| NOMBRE CLIENTE : | | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | | |
| NOMBRE PROYECTO : | | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima | Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | | 29/09/2021 | | FECHA EMISIÓN : | |
| | | | | 2/10/2021 | |

DATOS DE LABORATORIO

| | | | |
|------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-01 |
| PROF.: | 0,50 m - 1,50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |


| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 329.0 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.303951 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.2 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 88.0 % |
| No. 4 | 4.750 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 99.8 | FINOS | 11.8 % |
| No. 10 | 2.000 | 23.80 | 7.2 | 7.4 | 92.6 | Tam. Máx. Particula | 2 In |
| No. 20 | 0.841 | 21.60 | 6.6 | 14.0 | 86.0 | D10 | 0.074 |
| No. 40 | 0.419 | 27.20 | 8.3 | 22.2 | 77.8 | D30 | 0.107 |
| No. 60 | 0.250 | 43.50 | 13.2 | 35.4 | 64.6 | D60 | 0.224 |
| No. 140 | 0.105 | 116.80 | 35.5 | 70.9 | 29.1 | Coef. Uniformidad | 3.02 |
| No. 200 | 0.074 | 56.70 | 17.2 | 88.2 | 11.8 | Coef. Curvatura | 0.70 |
| < No. 200 | 0.074 | 38.9 | 11.8 | 100.0 | 0.0 | | |



Curva granulometrica

| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|-------|---|--------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 14.8 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 0.2 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 66.0 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 7.2 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 11.8 % |

LABORATORIO DE SUELOS

| | |
|-----------------|--|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR : |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| _____ |  RAÚL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. OIP N° 201537 |

EX K VAR S.A.C
 Jr Argentina 699. Urb. el Parral Comas.



**METODO PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON PROPOSITOS DE INGENIERIA (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).
NTP 339.134**

NOMBRE CLIENTE : Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA
 DIRECCIÓN CLIENTE : Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima
 NOMBRE PROYECTO : Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021
 UBICACIÓN PROYECTO : Av Cordillera Occidental Distrito: Chorrillos Provincia: Lima Dpto: Lima
 FECHA RECEPCIÓN : 29/09/2021 FECHA EMISIÓN : 2/10/2021

DATOS DE LABORATORIO

CALICATA : C - 01 CÓDIGO PROJ.: EKV-0004
 MUESTRA : M - 01 N° DE SOLICITUD: LEM2110002-01
 PROF.: 0.50 m - 1.50 m FECHA DE ENSAYO: 30/09/2021

Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS

**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 0.15 |
| 11/ in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Gruesa % | 13.80 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Media % | 21.49 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina % | 52.74 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | FINOS | Limos y Arcillas % |
| No. 4 | 4.750 | 0.5 | 0.15 | 0.15 | 99.8 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 23.80 | 7.23 | 7.39 | 92.6 | GRAVAS | | 0.2 % |
| No. 20 | 0.841 | 21.60 | 6.57 | 13.95 | 86.0 | ARENAS | | 88.0 % |
| No. 40 | 0.419 | 27.20 | 8.27 | 22.22 | 77.8 | | | |
| No. 60 | 0.250 | 43.50 | 13.22 | 35.44 | 64.6 | | | |
| No. 140 | 0.105 | 116.80 | 35.50 | 70.94 | 29.1 | FINOS | | 11.8 % |
| No. 200 | 0.074 | 56.70 | 17.23 | 88.18 | 11.8 | | | |
| < No. 200 | 0.074 | 38.90 | 11.82 | 100.00 | 0.0 | | | |

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129**

| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------|----|-----------------|----|
| LL: | NP | LP: | NP |

INDICE DE PLASTICIDAD

IP: NP

CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

SP SM Arena pobremente graduada con limo

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|------------------------------|--|
| ELABORADO POR : TECNICO : | REVISADO POR : SUP. DE LABORATORIO : RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |



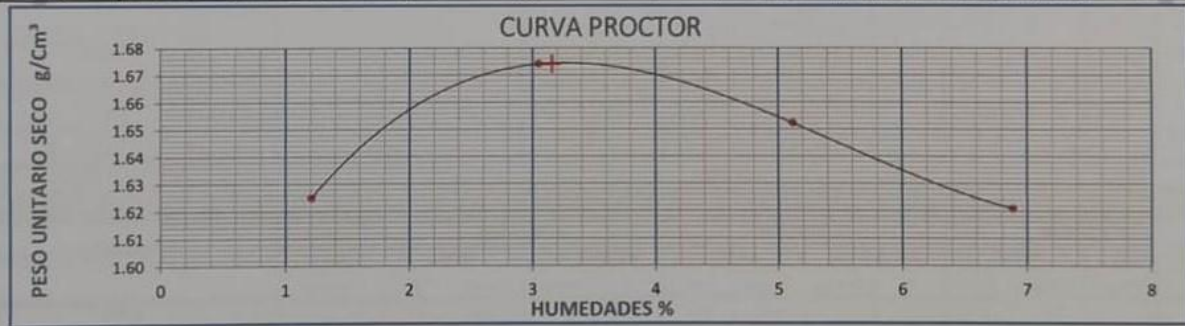



METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³)) NTP 339.141

| | | | | | |
|----------------------|---|----------------------|-----------------|------------|--|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima | Dpto: Lima | |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 | | |

| DATOS DE LABORATORIO | | | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|--|--|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 | | |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-01 | | |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 | | |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | | |
|--|--|--------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 | |
| 1 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9941 | 10112 | 10137 | 10128 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3493 | 3664 | 3689 | 3680 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm3) | | 1.645 | 1.725 | 1.737 | 1.733 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 511.69 | 542.54 | 591.51 | 539.63 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 508.20 | 535.03 | 576.60 | 524.40 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 219.80 | 288.80 | 285.30 | 303.30 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 3.49 | 7.51 | 14.91 | 15.23 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 288.40 | 246.23 | 291.30 | 221.10 |
| 11 | Humedad % | | 1.21 | 3.05 | 5.12 | 6.89 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm3) | | 1.625 | 1.674 | 1.652 | 1.621 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm3) | | 1.674 | Humedad Optima (%) | 3.16 | |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 23.43 | |



| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| |  RAUL HENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL CIP Nº 201537 |



Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

NOMBRE DE PROYECTO: "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021."

UBICACIÓN DEL PROYECTO: AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA – LIMA. **PROCEDENCIA:** --

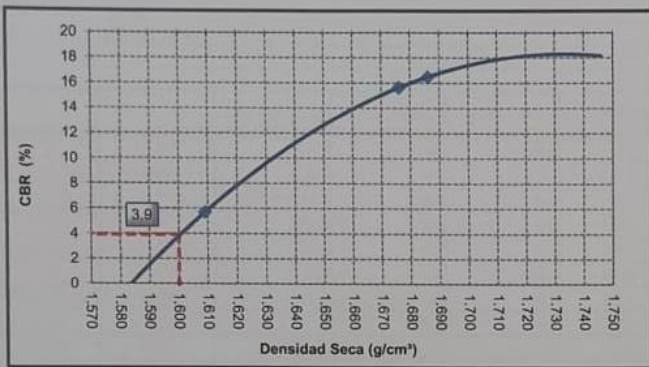
SOLICITANTE: Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2021-10-01

DIRECCIÓN SOLICITANTE: -- **FECHA DE EMISIÓN:** 2021-10-07

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR | |
|-------------------|----|
| Densidad Seca | -- |
| Óptimo Humedad | -- |

| RESULTADOS DE CBR al 0,1 in | |
|-----------------------------|--------|
| CBR al 100 % | 16.5 % |
| Estado Natural % | 3.9 % |

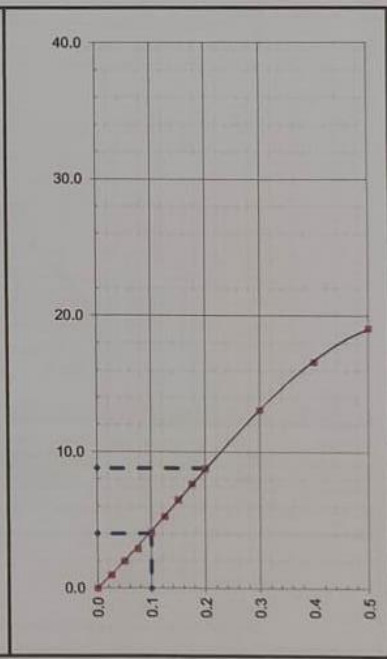
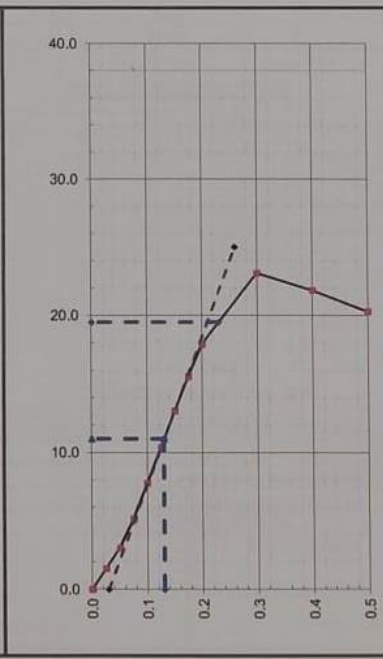
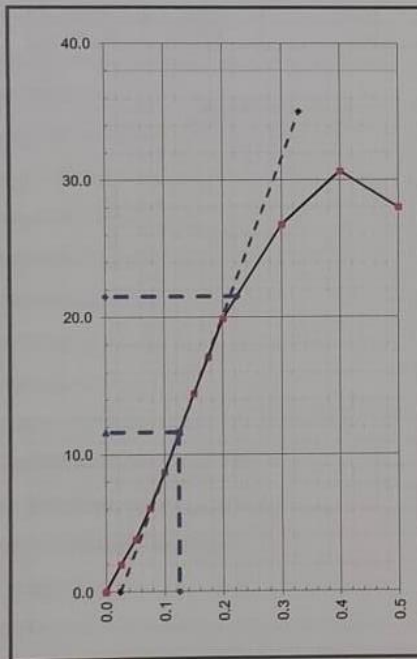
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.686 g/cm³ |
| Estado natural | 1.600 g/cm³ |

| EXPANSIÓN | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L. Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L. Los Resultados solo están Relacionados con la Muestra Ensayada. La Muestra ha sido Identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.

RAÚL KENSEL
VARGAS VILLEGAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 201537

ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 79951

Anexo 10: Muestra patrón + (6% de CCA + 10% CBCA)

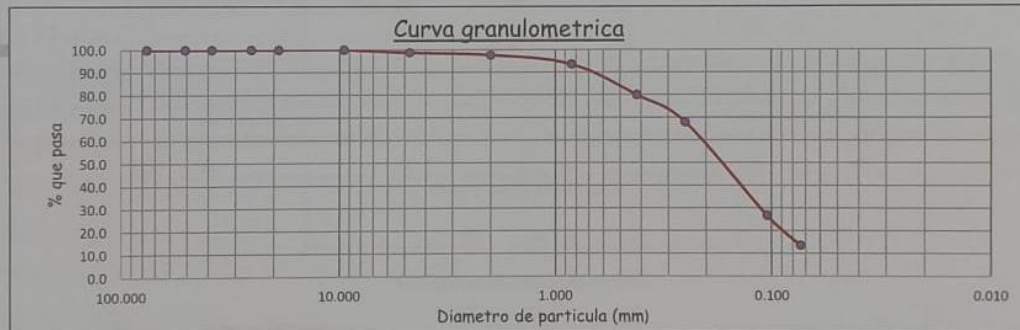


METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339.128

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROJ.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | Nº DE SOLICITUD: | LEM2110002-05 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 399.4 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.250376 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 1.3 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 85.2 % |
| No. 4 | 4.750 | 5.2 | 1.3 | 1.3 | 98.7 | FINOS | 13.5 % |
| No. 10 | 2.000 | 4.39 | 1.1 | 2.4 | 97.6 | Tam. Máx. Particula | 2 In |
| No. 20 | 0.841 | 15.98 | 4.0 | 6.4 | 93.6 | D10 | 0.074 |
| No. 40 | 0.419 | 54.72 | 13.7 | 20.1 | 79.9 | D30 | 0.113 |
| No. 60 | 0.250 | 47.93 | 12.0 | 32.1 | 67.9 | D60 | 0.212 |
| No. 140 | 0.105 | 164.95 | 41.3 | 73.4 | 26.6 | Coef. Uniformidad | 2.86 |
| No. 200 | 0.074 | 52.32 | 13.1 | 86.5 | 13.5 | Coef. Curvatura | 0.81 |
| < No. 200 | 0.074 | 53.9 | 13.5 | 100.0 | 0.0 | | |



| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|-------|---|--------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 17.7 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 1.3 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 66.4 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 1.1 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 13.5 % |

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAYL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 201537 |





METODO PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON PROPOSITOS DE INGENIERIA (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).
NTP 339.134

NOMBRE CLIENTE : Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA
DIRECCIÓN CLIENTE : Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima
NOMBRE PROYECTO : Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021
UBICACIÓN PROYECTO : Av Cordillera Occidental Distrito: Chorrillos Provincia: Lima Dpto: Lima
FECHA RECEPCIÓN : 29/09/2021 FECHA EMISIÓN : 2/10/2021

DATOS DE LABORATORIO

CALICATA : C - 01 CÓDIGO PROJ.: EKV-0004
MUESTRA : M - 01 N° DE SOLICITUD: LEM2110002-05
PROF.: 0.50 m - 1.50 m FECHA DE ENSAYO: 30/09/2021

Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO

NTP 339.128

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------------|-------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 1.30 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Gruesa % | 5.10 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Media % | 25.70 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina % | 54.40 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | FINOS | Limos y Arcillas % | 13.5 |
| No. 4 | 4.750 | 5.2 | 1.30 | 1.30 | 98.7 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 4.39 | 1.10 | 2.40 | 97.6 | | | |
| No. 20 | 0.841 | 15.98 | 4.00 | 6.40 | 93.6 | GRAVAS | 1.3 % | |
| No. 40 | 0.419 | 54.72 | 13.70 | 20.10 | 79.9 | | | |
| No. 60 | 0.250 | 47.93 | 12.00 | 32.10 | 67.9 | ARENAS | 85.2 % | |
| No. 140 | 0.105 | 164.95 | 41.30 | 73.40 | 26.6 | | | |
| No. 200 | 0.074 | 52.32 | 13.10 | 86.50 | 13.5 | FINOS | 13.5 % | |
| < No. 200 | 0.074 | 53.92 | 13.50 | 100.00 | 0.0 | | | |

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

NTP 339.129

| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------|----|-----------------|----|
| LL: | NP | LP: | NP |

| INDICE DE PLASTICIDAD | |
|-----------------------|----|
| IP: | NP |

CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

SM Arena limosa

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |



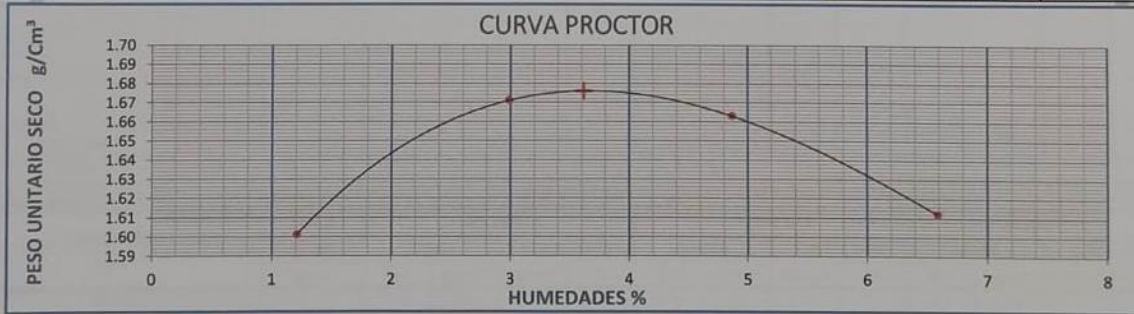


METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³))
NTP 339.141

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROJ.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-05 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | | |
|--|--|--------------------------|------------|----------------------------|-------------|-------------|
| No. DE MOLDE: | I | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 | |
| 1 | No. Pruebras | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9889.67034 | 10103.28971 | 10152.23072 | 10097.52222 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3441.67034 | 3655.289708 | 3704.230724 | 3649.522219 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm3) | | 1.620 | 1.721 | 1.744 | 1.718 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | | |
| 5 | No. Pruebras | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 280.19 | 281.04 | 316.81 | 485.89 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 278.70 | 277.60 | 310.90 | 474.60 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 155.70 | 162.40 | 189.50 | 303.30 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 1.49 | 3.44 | 5.91 | 11.29 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 123.00 | 115.20 | 121.40 | 171.30 |
| 11 | Humedad % | | 1.21 | 2.99 | 4.87 | 6.59 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm3) | | 1.601 | 1.671 | 1.663 | 1.612 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm3) | | 1.676 | Humedad Optima (%) | 3.62 | |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 23.36 | |



| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | PAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 201627 |



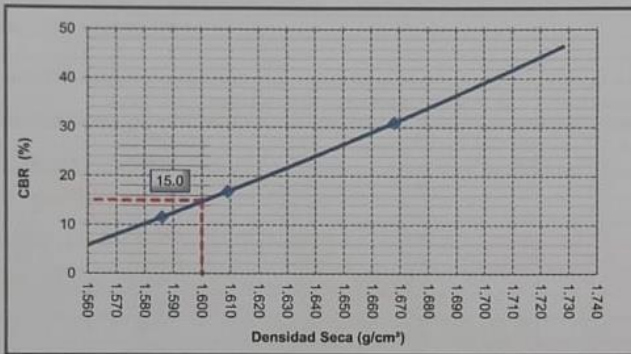
Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------|------------------|
| NOMBRE DE PROYECTO: | "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021." | | |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA. | PROCEDENCIA: | M1+95g DE CENIZA |
| SOLICITANTE: | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | FECHA DE RECEPCIÓN: | 2021-10-01 |
| DIRECCIÓN SOLICITANTE: | - | FECHA DE EMISIÓN: | 2021-10-18 |

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR | |
|-------------------|----|
| Densidad Seca | -- |
| Óptimo Humedad | -- |

| RESULTADOS DE CBR al 0,1 in | |
|-----------------------------|--------|
| CBR al 100 % | 31.0 % |
| Estado Natural % | 15.0 % |

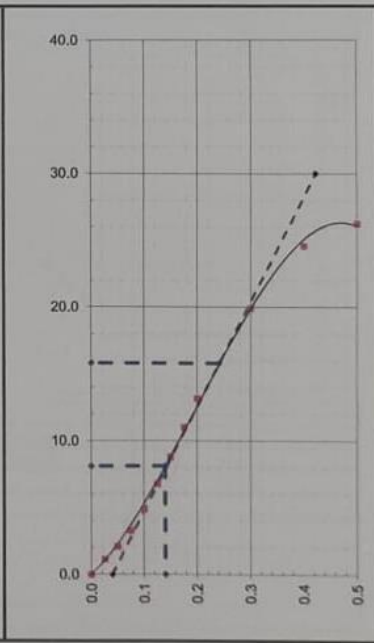
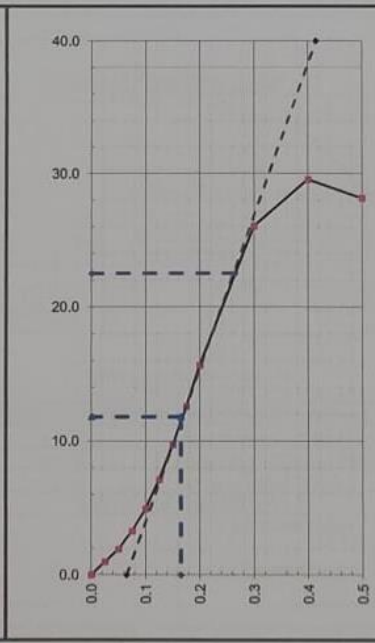
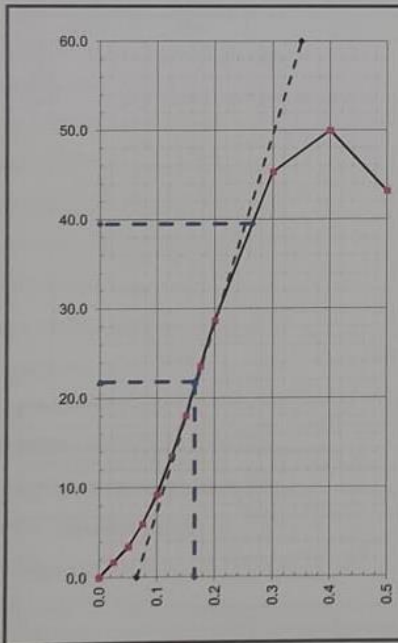
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.668 g/cm³ |
| Estado natural | 1.600 g/cm³ |

| EXPANSIÓN | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L. Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L. Los Resultados solo están Relacionados con la Muestra Ensayada. La Muestra ha sido Identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.

FABIAN KENSEL
VARGAS VILLEGAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 201537

ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 79951

Anexo 11: Muestra patrón + (8% de CCA + 20% CBCA)

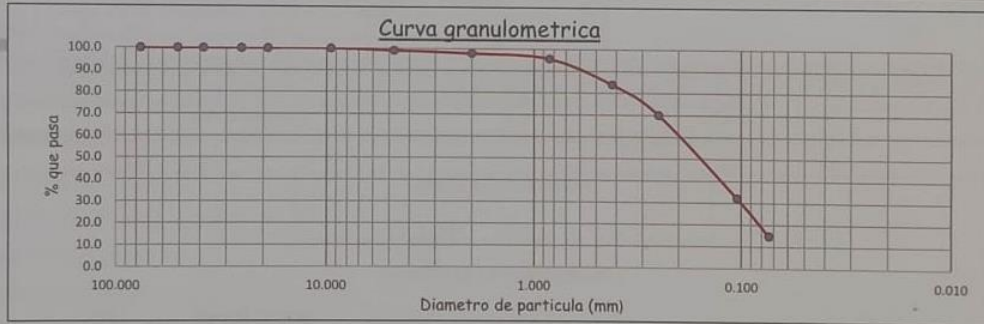


**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

| | | | | |
|----------------------|---|----------------------|-----------------|------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BAROLO MEDINA | | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estadio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima | Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-06 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 380.0 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.263158 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.9 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 84.2 % |
| No. 4 | 4.750 | 3.4 | 0.9 | 0.9 | 99.1 | FINOS | 14.9 % |
| No. 10 | 2.000 | 4.56 | 1.2 | 2.1 | 97.9 | Tam. Máx. Particula | 2 In |
| No. 20 | 0.841 | 8.74 | 2.3 | 4.4 | 95.6 | D10 | 0.074 |
| No. 40 | 0.419 | 44.46 | 11.7 | 16.1 | 83.9 | D30 | 0.101 |
| No. 60 | 0.250 | 52.44 | 13.8 | 29.9 | 70.1 | D60 | 0.199 |
| No. 140 | 0.105 | 144.40 | 38.0 | 67.9 | 32.1 | Coef. Uniformidad | 2.68 |
| No. 200 | 0.074 | 65.36 | 17.2 | 85.1 | 14.9 | Coef. Curvatura | 0.69 |
| < No. 200 | 0.074 | 56.6 | 14.9 | 100.0 | 0.0 | | |



| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|-------|---|--------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 14.0 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 0.9 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 69.0 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 1.2 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 14.9 % |

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | R. J. KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 20157 |



**METODO PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON PROPOSITOS DE INGENIERIA (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).
NTP 339.134**

NOMBRE CLIENTE : Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA
 DIRECCIÓN CLIENTE : Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima
 NOMBRE PROYECTO : Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021
 UBICACIÓN PROYECTO : Av Cordillera Occidental Distrito: Chorrillos Provincia: Lima Dpto: Lima
 FECHA RECEPCIÓN : 29/09/2021 FECHA EMISIÓN : 2/10/2021

DATOS DE LABORATORIO

CALICATA : C - 01 CÓDIGO PROY.: EKV-004
 MUESTRA : M - 01 N° DE SOLICITUD: LEM2110002-06
 PROF.: 0.50 m - 1.50 m FECHA DE ENSAYO: 30/09/2021

Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS

**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|-----------------|--------------------|--------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 0.00 | |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 0.90 | |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Gruesa % | 3.50 | |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Media % | 25.50 | |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina % | 55.20 | |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | FINOS | Limos y Arcillas % | 14.9 |
| No. 4 | 4.750 | 3.4 | 0.90 | 0.90 | 99.1 | GRAVAS | | | |
| No. 10 | 2.000 | 4.56 | 1.20 | 2.10 | 97.9 | | | | 0.9 % |
| No. 20 | 0.841 | 8.74 | 2.30 | 4.40 | 95.6 | ARENAS | | | 84.2 % |
| No. 40 | 0.419 | 44.46 | 11.70 | 16.10 | 83.9 | | | | |
| No. 60 | 0.250 | 52.44 | 13.80 | 29.90 | 70.1 | FINOS | | | 14.9 % |
| No. 140 | 0.105 | 144.40 | 38.00 | 67.90 | 32.1 | | | | |
| No. 200 | 0.074 | 65.36 | 17.20 | 85.10 | 14.9 | | | | |
| < No. 200 | 0.074 | 56.62 | 14.90 | 100.00 | 0.0 | | | | |

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129**

| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
|-----------------------|----|-----------------|----|
| LL: | NP | LP: | NP |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | |
| IP: | | NP | |

CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

SM Arena limosa

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR: | REVISADO POR: |
| TECNICO: | SUP. DE LABORATORIO: |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL C.O. N° 201537 |



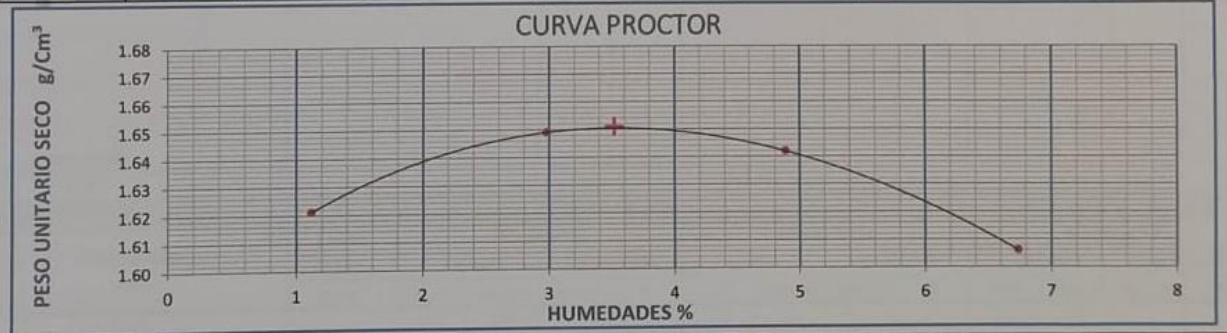



METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³))
NTP 339.141

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-06 |
| PROF.: | 0,50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|--------|----------------------------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm ³): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9930 | 10055 | 10106 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3482 | 3607 | 3658 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm ³) | | 1.639 | 1.698 | 1.722 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 400.70 | 482.81 | 479.98 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 398.70 | 477.20 | 470.90 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 219.80 | 288.80 | 285.30 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 2.00 | 5.61 | 9.08 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 178.90 | 188.40 | 185.60 |
| 11 | Humedad % | | 1.12 | 2.98 | 4.89 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm ³) | | 1.621 | 1.649 | 1.642 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm ³) | | 1.651 | Humedad Optima (%) | 3.52 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 24.26 |



| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| |  RAÚL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |



Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

NOMBRE DE PROYECTO: "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021."

UBICACIÓN DEL PROYECTO: AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA.

PROCEDENCIA: M1+190 g DE CENIZA

SOLICITANTE: Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BAROLO MEDINA

FECHA DE RECEPCIÓN: 2021-10-01

DIRECCIÓN SOLICITANTE: --

FECHA DE EMISIÓN: 2021-10-18

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|

ENSAYO CBR ASTM D 1883

| | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Molde N° | 10 | | 11 | | 12 | |
| N° Capa | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 10 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso molde + Suelo húmedo | 10106 | 10665 | 11356 | 11934 | 10610 | 11228 |
| Peso de molde (g) | 6561 | 6561 | 7859 | 7859 | 7273 | 7273 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 3545 | 4104 | 3497 | 4075 | 3337 | 3955 |
| Volumen del molde (cm³) | 2117 | 2117 | 2132 | 2132 | 2119 | 2119 |
| Densidad húmeda (g/cm³) | 1.675 | 1.939 | 1.640 | 1.911 | 1.575 | 1.866 |
| % de humedad | 1.62 | 17.39 | 1.81 | 18.30 | 1.69 | 20.20 |
| Densidad seca (g/cm³) | 1.648 | 1.652 | 1.611 | 1.615 | 1.549 | 1.552 |
| Densidad Máxima Laboratorio (g/cm³) | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Tarro N° | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g) | 834.80 | 737.00 | 750.00 | 872.90 | 923.10 | 844.00 |
| Tarro + Suelo seco (g) | 826.60 | 661.30 | 741.90 | 784.80 | 912.70 | 740.50 |
| Peso del Agua (g) | 8.20 | 75.70 | 8.10 | 88.10 | 10.40 | 103.50 |
| Peso del tarro (g) | 320.60 | 226.10 | 295.20 | 303.30 | 297.10 | 228.10 |
| Peso del suelo seco (g) | 506.00 | 435.20 | 446.70 | 481.50 | 615.60 | 512.40 |
| % de humedad | 1.6 | 17.4 | 1.8 | 18.3 | 1.7 | 20.2 |
| Promedio de Humedad (%) | | | | | | |

EXPANSIÓN

| FECHA | HORA | TIEMPO h | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
|------------------|------|-------------|------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|--------------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Sub Total | | | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | | | 0.0 % |

PENETRACIÓN

| PENETRACIÓN (in) | CARGA STAND. kg/cm² | MOLDE N° 10 | | | | MOLDE N° 11 | | | | MOLDE N° 12 | | | |
|---------------------|---------------------------|-------------|--------|------------|------|-------------|--------|------------|------|-------------|--------|------------|------|
| | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | | CARGA | | CORRECCIÓN | |
| | | kg-f | kg/cm² | kg/cm² | % | kg-f | kg/cm² | kg/cm² | % | kg-f | kg/cm² | kg/cm² | % |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.025 | | 28.8 | 1.5 | | | 27.1 | 1.4 | | | 21.8 | 1.1 | | |
| 0.050 | | 60.7 | 3.1 | | | 53.3 | 2.8 | | | 38.5 | 2.0 | | |
| 0.075 | | 103.2 | 5.3 | | | 90.1 | 4.7 | | | 60.3 | 3.1 | | |
| 0.100 | 70 | 151.8 | 7.9 | 14.8 | 21.0 | 138.7 | 7.2 | 14.0 | 19.9 | 86.5 | 4.5 | 5.8 | 8.2 |
| 0.125 | | 210.8 | 10.9 | | | 198.7 | 10.3 | | | 112.6 | 5.8 | | |
| 0.150 | | 281.5 | 14.6 | | | 264.4 | 13.7 | | | 143.4 | 7.4 | | |
| 0.175 | | 354.6 | 18.4 | | | 338.1 | 17.5 | | | 173.6 | 9.0 | | |
| 0.200 | 105 | 427.6 | 22.1 | 28.6 | 27.2 | 413.5 | 21.4 | 27.0 | 25.7 | 204.4 | 10.6 | 11.6 | 11.0 |
| 0.300 | | 680.3 | 35.2 | | | 629.4 | 32.6 | | | 318.4 | 16.5 | | |
| 0.400 | | 728.6 | 37.7 | | | 704.8 | 36.5 | | | 393.4 | 20.4 | | |
| 0.500 | | 698.4 | 36.1 | | | 750.7 | 38.9 | | | 457.1 | 23.7 | | |

Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L.
Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L.
Los Resultados solo están Relacionados con la Muestra Ensayada. La Muestra ha sido Identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.

RAUL KENSEL
VARGAS VILLEGAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 201537

ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 79951

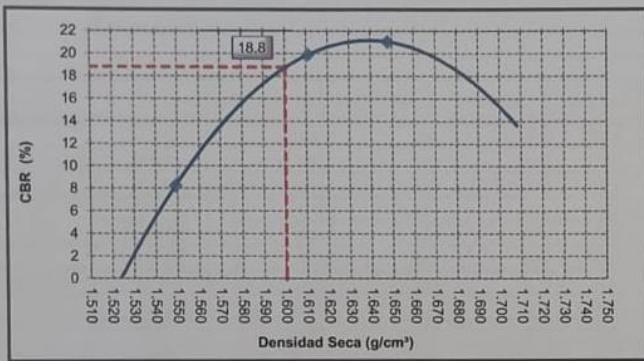
Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------|--------------------|
| NOMBRE DE PROYECTO: | "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021." | | |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA. | PROCEDENCIA: | M1+190 g DE CENIZA |
| SOLICITANTE: | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | FECHA DE RECEPCIÓN: | 2021-10-01 |
| DIRECCIÓN SOLICITANTE: | - | FECHA DE EMISIÓN: | 2021-10-18 |

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR | |
|-------------------|----|
| Densidad Seca | -- |
| Óptimo Humedad | -- |

| RESULTADOS DE CBR al 0,1 in | |
|-----------------------------|--------|
| CBR al 100 % | 21.0 % |
| Estado Natural % | 18.8 % |

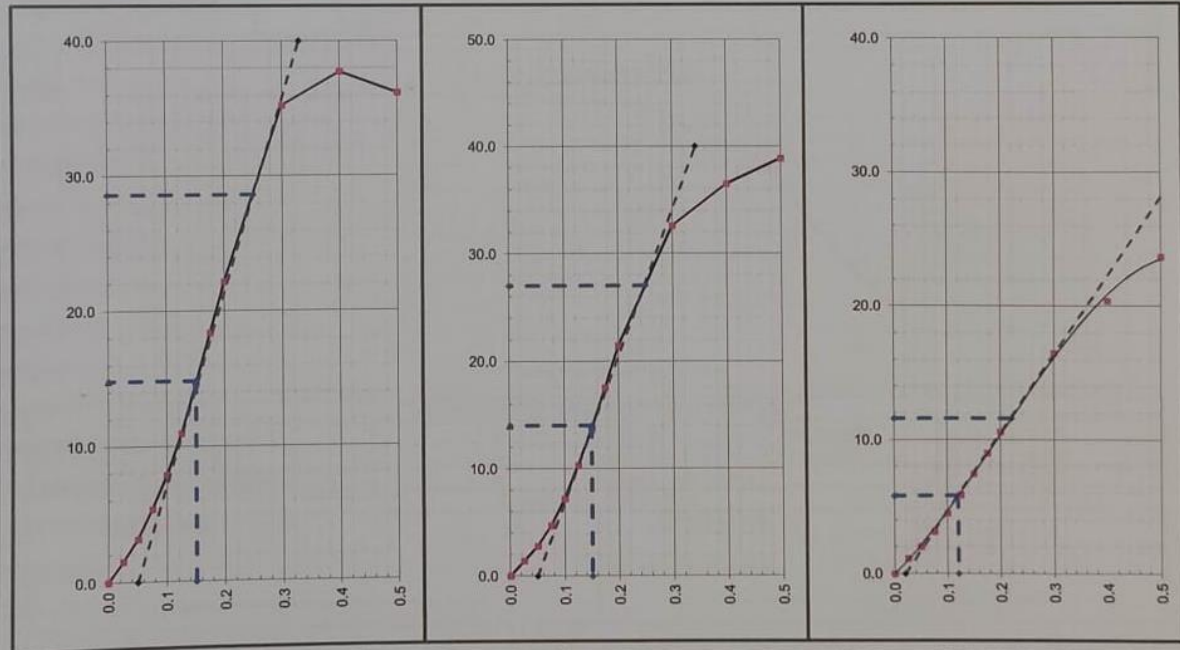
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.648 g/cm³ |
| Estado natural | 1.600 g/cm³ |

| EXPANSIÓN | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L.
 Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L.
 Los Resultados solo están Relacionados con la Muestra Ensayada. La Muestra ha sido Identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.

RAFAEL KENSEL
 VARGAS VILLEGAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 201537

ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 79951

Anexo 12: Muestra patrón + (10% de CCA + 35% CBCA)

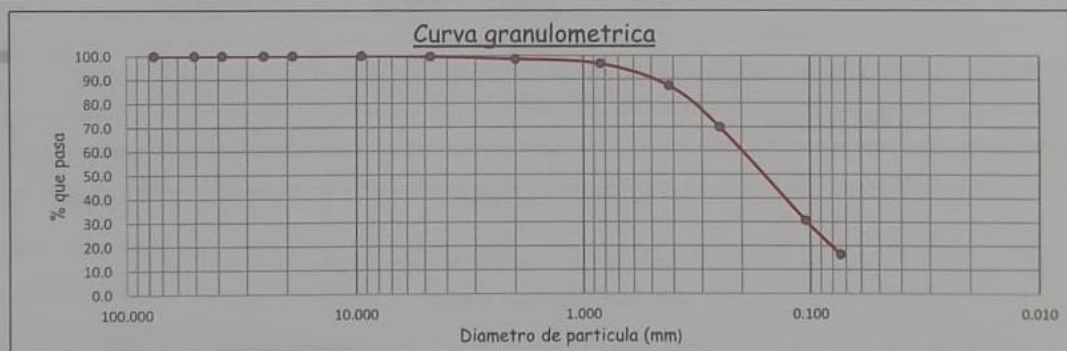


METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339.128

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-07 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 522.1 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.191534 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.3 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 83.3 % |
| No. 4 | 4.750 | 1.6 | 0.3 | 0.3 | 99.7 | FINOS | 16.4 % |
| No. 10 | 2.000 | 5.74 | 1.1 | 1.4 | 98.6 | Tam. Máx. Particula | 2 in |
| No. 20 | 0.841 | 9.92 | 1.9 | 3.3 | 96.7 | D10 | 0.074 |
| No. 40 | 0.419 | 48.56 | 9.3 | 12.6 | 87.4 | D30 | 0.103 |
| No. 60 | 0.250 | 91.37 | 17.5 | 30.1 | 69.9 | D60 | 0.201 |
| No. 140 | 0.105 | 205.19 | 39.3 | 69.4 | 30.6 | Coef. Uniformidad | 2.72 |
| No. 200 | 0.074 | 74.14 | 14.2 | 83.6 | 16.4 | Coef. Curvatura | 0.72 |
| < No. 200 | 0.074 | 85.6 | 16.4 | 100.0 | 0.0 | | |



| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|-------|---|--------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 11.2 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 0.3 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 71.0 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 1.1 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 16.4 % |

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAÚL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |



**METODO PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON PROPOSITOS DE INGENIERIA (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).
NTP 339.134**

NOMBRE CLIENTE : Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA
 DIRECCIÓN CLIENTE : Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima
 NOMBRE PROYECTO : Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021
 UBICACIÓN PROYECTO : Av Cordillera Occidental Distrito: Chorrillos Provincia: Lima Dpto: Lima
 FECHA RECEPCIÓN : 29/09/2021 FECHA EMISIÓN : 2/10/2021

DATOS DE LABORATORIO

CALICATA : C - 01 CÓDIGO PROY.: EKV-0004
 MUESTRA : M - 01 N° DE SOLICITUD: LEM2110002-07
 PROF.: 0,50 m - 1,50 m FECHA DE ENSAYO: 30/09/2021

Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS

**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------------|-----------------|------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | | 0.30 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | ARENAS | Arenas Gruesa % | 3.00 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Media % | | 26.80 | |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | Arenas Fina % | | 53.50 | |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | FINOS | Limos y Arcillas % | 16.4 | |
| No. 4 | 4.750 | 1.6 | 0.30 | 0.30 | 99.7 | | | | |
| No. 10 | 2.000 | 5.74 | 1.10 | 1.40 | 98.6 | | | | |
| No. 20 | 0.841 | 9.92 | 1.90 | 3.30 | 96.7 | GRAVAS | | 0.3 % | |
| No. 40 | 0.419 | 48.56 | 9.30 | 12.60 | 87.4 | ARENAS | | 83.3 % | |
| No. 60 | 0.250 | 91.37 | 17.50 | 30.10 | 69.9 | | | | |
| No. 140 | 0.105 | 205.19 | 39.30 | 69.40 | 30.6 | | | | |
| No. 200 | 0.074 | 74.14 | 14.20 | 83.60 | 16.4 | FINOS | | 16.4 % | |
| < No. 200 | 0.074 | 85.62 | 16.40 | 100.00 | 0.0 | | | | |

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129**

| | | | |
|------------------------------|--|------------------------|--|
| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
| LL: NP | | LP: NP | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | |
| IP: NP | | | |

CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

SM Arena limosa

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|------------------------------------|---|
| ELABORADO POR : TECNICO : _____ | REVISADO POR: SUP. DE LABORATORIO : _____ RAUL KANSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |



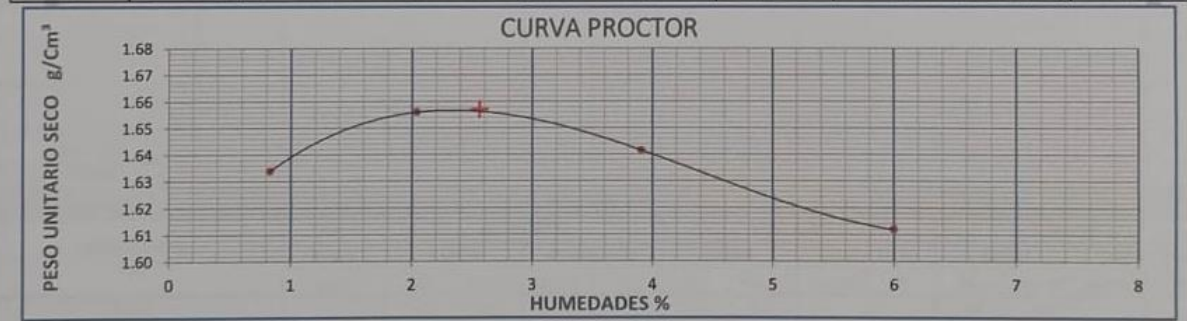


**METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³))
NTP 339.141**

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROJ.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-07 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|--------|----------------------------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm ³): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebras | | 1 | 2 | 3 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9947 | 10037 | 10071 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3499 | 3589 | 3623 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm ³) | | 1.647 | 1.690 | 1.706 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebras | | 1 | 2 | 3 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 494.70 | 489.02 | 559.07 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 492.20 | 483.40 | 544.90 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 190.60 | 207.80 | 182.60 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 2.50 | 5.62 | 14.17 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 301.60 | 275.60 | 362.30 |
| 11 | Humedad % | | 0.83 | 2.04 | 3.91 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm ³) | | 1.634 | 1.656 | 1.642 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm ³) | | 1.657 | Humedad Optima (%) | 2.56 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C. 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 24.04 |



| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | PAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 201537 |



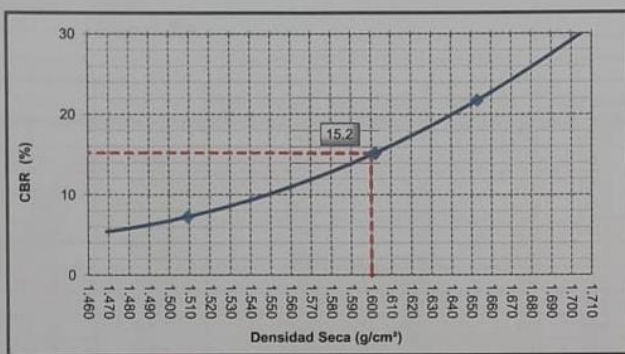
Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------|--------------------|
| NOMBRE DE PROYECTO: | "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021." | | |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA. | PROCEDENCIA: | M1+380 g DE CENIZA |
| SOLICITANTE: | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BAROLO MEDINA | FECHA DE RECEPCIÓN: | 2021-10-01 |
| DIRECCIÓN SOLICITANTE: | - | FECHA DE EMISIÓN: | 2021-10-18 |

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR | |
|-------------------|----|
| Densidad Seca | -- |
| Óptimo Humedad | -- |

| RESULTADOS DE CBR al 0,1 in | |
|-----------------------------|--------|
| CBR al 100 % | 21.8 % |
| Estado Natural % | 15.2 % |

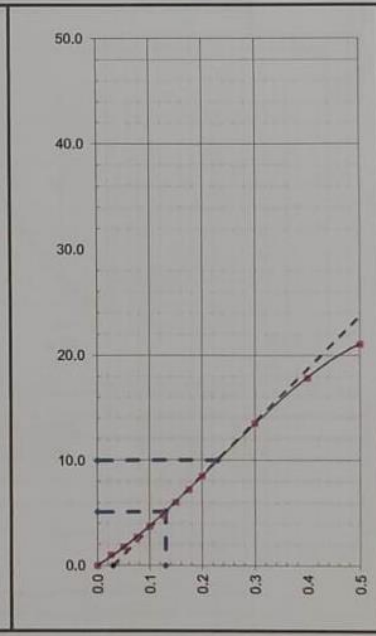
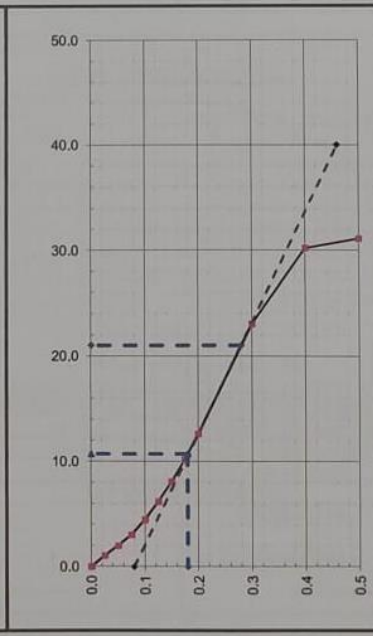
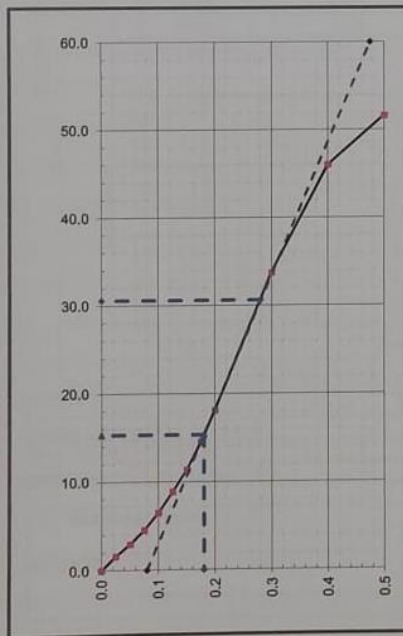
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.653 g/cm³ |
| Estado natural | 1.600 g/cm³ |

| EXPANSIÓN | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L.
 Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L.
 Los Resultados solo están Relacionados con la Muestra Ensayada. La Muestra ha sido Identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.

PAUL KENSEL
 VARGAS VILLEGAS
 INGENIERO CIVIL

ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 79951

Anexo 12: Muestra patrón + 2% de Aditivo Terrasil



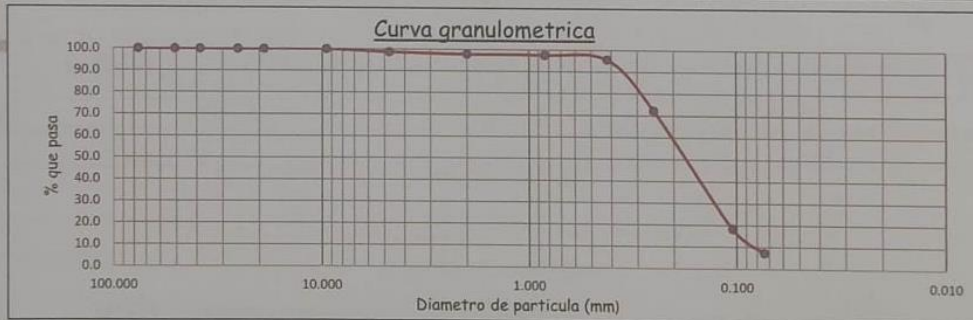
METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339.128

| | | | | |
|----------------------|---|----------------------|-----------------|------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima | Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 | |

DATOS DE LABORATORIO

| | | | |
|------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-004 |
| MUESTRA : | M - 01 | Nº DE SOLICITUD: | LEM2110002-02 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 346.8 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.288351 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 1.3 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 91.4 % |
| No. 4 | 4.750 | 4.5 | 1.3 | 1.3 | 98.7 | FINOS | 7.3 % |
| No. 10 | 2.000 | 3.12 | 0.9 | 2.2 | 97.8 | Tam. Max. Particula | 2 in |
| No. 20 | 0.841 | 1.04 | 0.3 | 2.5 | 97.5 | D10 | 0.090 |
| No. 40 | 0.419 | 6.59 | 1.9 | 4.4 | 95.6 | D30 | 0.127 |
| No. 60 | 0.250 | 80.80 | 23.3 | 27.7 | 72.3 | D60 | 0.205 |
| No. 140 | 0.105 | 187.27 | 54.0 | 81.7 | 18.3 | Coef. Uniformidad | 2.29 |
| No. 200 | 0.074 | 38.15 | 11.0 | 92.7 | 7.3 | Coef. Curvatura | 0.87 |
| < No. 200 | 0.074 | 25.3 | 7.3 | 100.0 | 0.0 | | |



DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm)

| | | | |
|---|-------|---|--------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 2.3 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 1.3 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 88.3 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 0.9 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 7.3 % |

LABORATORIO DE SUELOS

| | |
|-----------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |

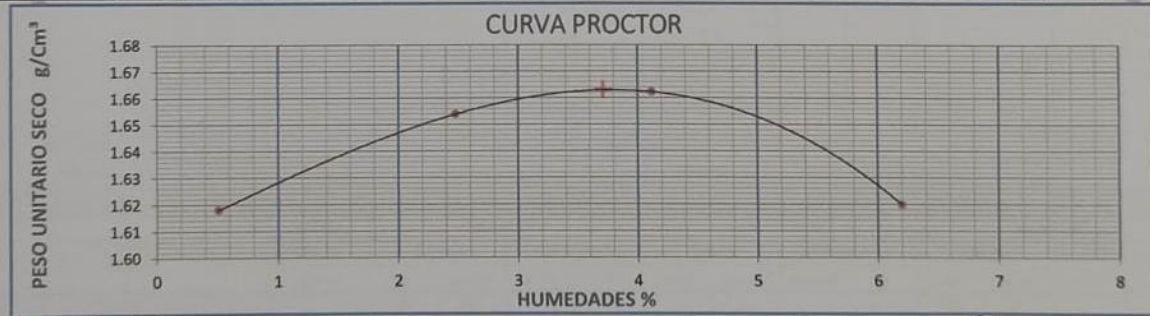


**METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³))
NTP 339.141**

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-02 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
|--|--|--------------------------|--------|----------------------------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9902 | 10048 | 10124 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3454 | 3600 | 3676 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm ³) | | 1.626 | 1.695 | 1.731 |
| | | | | | 1.720 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 402.98 | 485.16 | 466.43 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 401.90 | 478.10 | 455.90 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 190.50 | 193.50 | 200.30 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 1.08 | 7.06 | 10.53 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 211.40 | 284.60 | 255.60 |
| 11 | Humedad % | | 0.51 | 2.48 | 4.12 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm ³) | | 1.618 | 1.654 | 1.662 |
| | | | | | 1.620 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm ³) | | 1.663 | Humedad Optima (%) | 3.71 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 23.82 |



| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201337 |



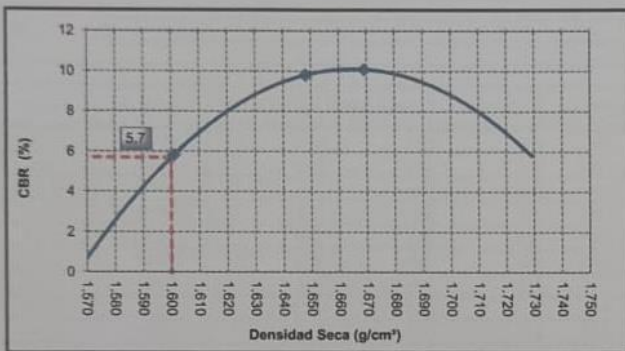
Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

| | | | |
|-------------------------|--|---------------------|---------------------------------|
| NOMBRE DE PROYECTO: | "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021." | | |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA. | PROCEDENCIA: | MUESTRA 1 + 2% ADITIVO TERRASIL |
| SOLICITANTE: | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | FECHA DE RECEPCIÓN: | 2021-10-01 |
| DIRECCIÓN SOLICITANTE: | - | FECHA DE EMISIÓN: | 2021-10-14 |

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|--------------------|----------|--------------|-----------------|-----|---|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | - |
|--------------------|----------|--------------|-----------------|-----|---|

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR | |
|-------------------|----|
| Densidad Seca | -- |
| Óptimo Humedad | -- |

| RESULTADOS DE CBR al 0,1 in | |
|-----------------------------|--------|
| CBR al 100 % | 10.1 % |
| Estado Natural % | 5.7 % |

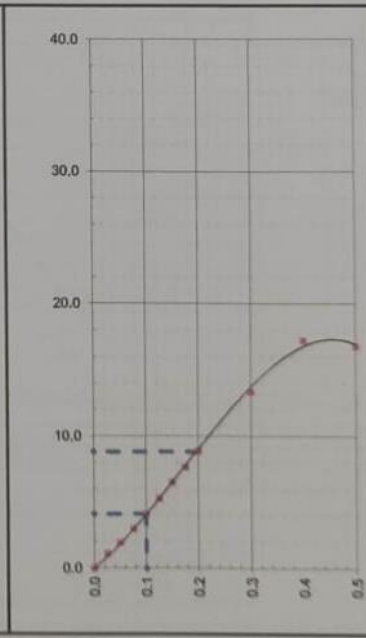
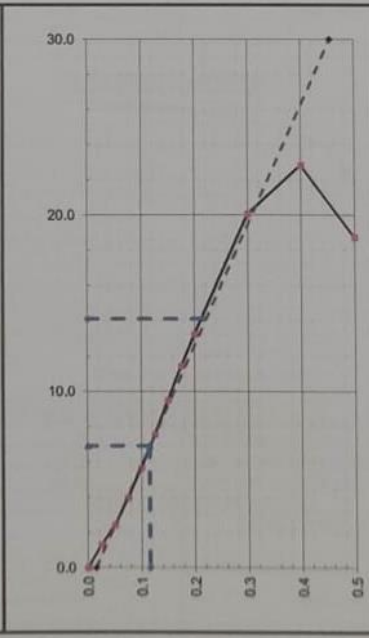
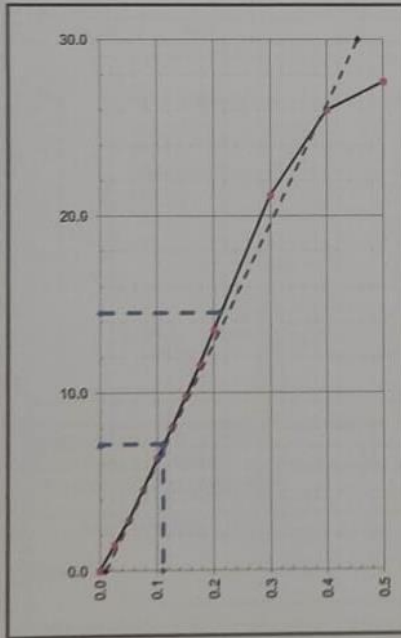
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.669 g/cm³ |
| Estado natural | 1.600 g/cm³ |

| EXPANSIÓN | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L.
 Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L.
 Los Resultados solo están Relacionados con la Muestra Ensayada. La Muestra ha sido Identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.

INGENIERO CIVIL
 VARGAS VILLEGAS
 INGENIERO CIVIL
 P.A.S. CIP-147 201037

INGENIERO CIVIL
 ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 79951

Anexo 13: Muestra patrón + 4% de Aditivo Terrasil

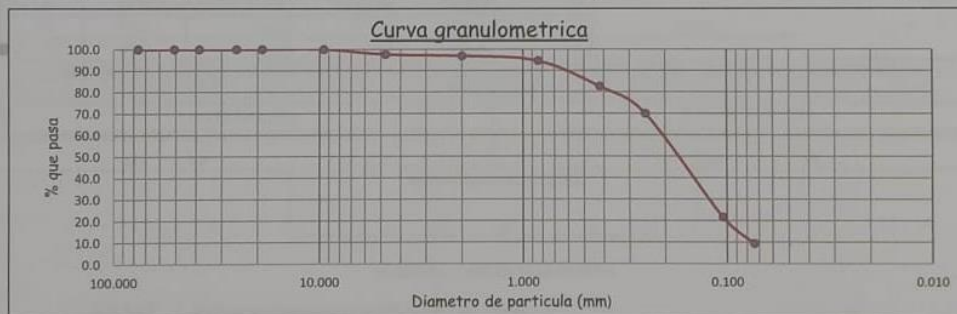


**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCION CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACION PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCION : | 29/09/2021 | FECHA EMISION : | 2/10/2021 |

| | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| DATOS DE LABORATORIO | | | |
| CALICATA : | C - 01 | CODIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | Nº DE SOLICITUD: | LEM2110002-03 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 322.1 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.310463 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 2.4 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 88.3 % |
| No. 4 | 4.750 | 7.7 | 2.4 | 2.4 | 97.6 | FINOS | 9.3 % |
| No. 10 | 2.000 | 2.25 | 0.7 | 3.1 | 96.9 | Tam. Max. Particula | 2 In |
| No. 20 | 0.841 | 7.41 | 2.3 | 5.4 | 94.6 | D10 | 0.087 |
| No. 40 | 0.419 | 38.65 | 12.0 | 17.4 | 82.6 | D30 | 0.122 |
| No. 60 | 0.250 | 40.94 | 12.7 | 30.1 | 69.9 | D60 | 0.209 |
| No. 140 | 0.105 | 155.54 | 48.3 | 78.4 | 21.6 | Coef. Uniformidad | 2.41 |
| No. 200 | 0.074 | 39.62 | 12.3 | 90.7 | 9.3 | Coef. Curvatura | 0.82 |
| < No. 200 | 0.074 | 30.0 | 9.3 | 100.0 | 0.0 | | |



| DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULAS (mm) | | | |
|--|-------|---|--------|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 14.3 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 2.4 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 73.3 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 0.7 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 9.3 % |

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR : |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 201537 |





**METODO PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON PROPOSITOS DE INGENIERIA (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).
NTP 339.134**

NOMBRE CLIENTE : Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA
 DIRECCIÓN CLIENTE : Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima
 NOMBRE PROYECTO : Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021
 UBICACIÓN PROYECTO : Av Cordillera Occidental Distrito: Chorrillos Provincia: Lima Dpto: Lima
 FECHA RECEPCIÓN : 29/09/2021 FECHA EMISIÓN : 2/10/2021

DATOS DE LABORATORIO

CALICATA : C - 01 CÓDIGO PROY.: EKV-0004
 MUESTRA : M - 01 N° DE SOLICITUD: LEM2110002-03
 PROF.: 0.50 m - 1.50 m FECHA DE ENSAYO: 30/09/2021

Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS

**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------------|--------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 2.40 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Gruesa % | 3.00 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Media % | 24.71 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina % | 60.59 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | FINOS | Limos y Arcillas % | 9.3 |
| No. 4 | 4.750 | 7.7 | 2.40 | 2.40 | 97.6 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 2.25 | 0.70 | 3.10 | 96.9 | GRAVAS | | 2.4 % |
| No. 20 | 0.841 | 7.41 | 2.30 | 5.40 | 94.6 | | | |
| No. 40 | 0.419 | 38.65 | 12.00 | 17.40 | 82.6 | | | |
| No. 60 | 0.250 | 40.94 | 12.71 | 30.11 | 69.9 | ARENAS | | 88.3 % |
| No. 140 | 0.105 | 155.54 | 48.29 | 78.40 | 21.6 | | | |
| No. 200 | 0.074 | 39.62 | 12.30 | 90.70 | 9.3 | FINOS | | 9.3 % |
| < No. 200 | 0.074 | 29.96 | 9.30 | 100.00 | 0.0 | | | |

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129**

| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
|-----------------------|----|-----------------|----|
| LL: | NP | LP: | NP |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | |
| IP: NP | | | |

CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

SP SM Arena pobremente graduada con limo

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLAGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |



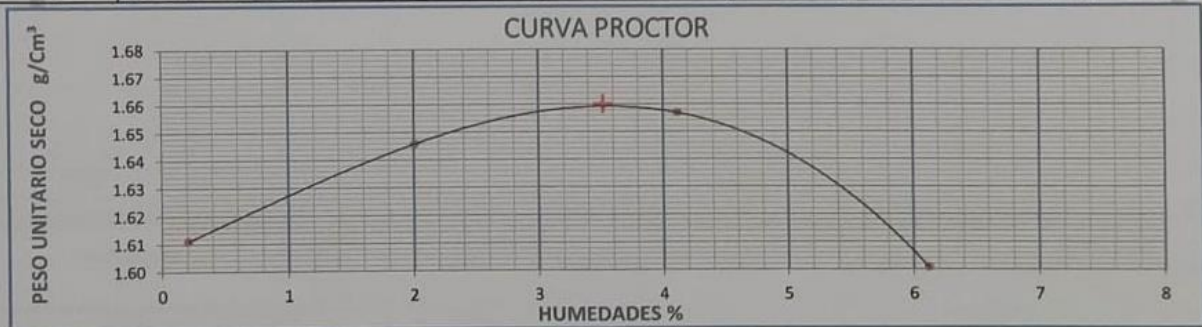


METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³))
NTP 339.141

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROJ.: | EKV-004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-03 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
|--|--|--------------------------|----------------------------|---------------------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebras | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | 9877 | 10014 | 10112 | 10056 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | 3429 | 3566 | 3664 | 3608 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm3) | 1.614 | 1.679 | 1.725 | 1.699 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebras | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | 281.53 | 304.92 | 299.13 | 401.12 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | 281.20 | 301.60 | 293.00 | 389.60 |
| 8 | Masa de Tara (g) | 125.60 | 136.40 | 144.20 | 201.40 |
| 9 | Masa de Agua (g) | 0.33 | 3.32 | 6.13 | 11.52 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | 155.60 | 165.20 | 148.80 | 188.20 |
| 11 | Humedad % | 0.21 | 2.01 | 4.12 | 6.12 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm3) | 1.611 | 1.646 | 1.657 | 1.601 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm3) | 1.660 | Humedad Optima (%) | 3.52 | |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 23.93 | |



| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|--|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL N° de CIP N° 201637 |



Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

NOMBRE DE PROYECTO: "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021."

UBICACIÓN DEL PROYECTO: AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA.

PROCEDENCIA: MUESTRA 1 + 4% ADITIVO TERRASIL

SOLICITANTE: Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA

FECHA DE RECEPCIÓN: 2021-10-01

DIRECCIÓN SOLICITANTE: --

FECHA DE EMISIÓN: 2021-10-14

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|

ENSAYO CBR ASTM D 1883

| | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Molde N° | 10 | | 11 | | 12 | |
| N° Capa | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 10 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso molde + Suelo húmedo | 10172 | 10697 | 11415 | 12033 | 11435 | 12000 |
| Peso de molde (g) | 6562 | 6562 | 7860 | 7860 | 7993 | 7993 |
| Peso del suelo húmedo (g) | 3610 | 4135 | 3555 | 4173 | 3442 | 4007 |
| Volumen del molde (cm³) | 2117 | 2117 | 2132 | 2132 | 2119 | 2119 |
| Densidad húmeda (g/cm³) | 1.705 | 1.953 | 1.667 | 1.957 | 1.624 | 1.891 |
| % de humedad | 3.32 | 16.81 | 3.27 | 20.21 | 3.28 | 19.38 |
| Densidad seca (g/cm³) | 1.650 | 1.672 | 1.614 | 1.628 | 1.572 | 1.584 |
| Densidad Máxima Laboratorio (g/cm³) | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Tarro N° | | | | | | |
| Tarro + Suelo húmedo (g) | 753.30 | 715.00 | 676.30 | 757.40 | 621.00 | 723.70 |
| Tarro + Suelo seco (g) | 736.50 | 644.50 | 664.70 | 682.60 | 608.50 | 642.00 |
| Peso del Agua (g) | 16.80 | 70.50 | 11.60 | 74.80 | 12.50 | 81.70 |
| Peso del tarro (g) | 231.10 | 225.10 | 309.80 | 312.50 | 227.20 | 220.50 |
| Peso del suelo seco (g) | 505.40 | 419.40 | 354.90 | 370.10 | 381.30 | 421.50 |
| % de humedad | 3.3 | 16.8 | 3.3 | 20.2 | 3.3 | 19.4 |
| Promedio de Humedad (%) | | | | | | |

EXPANSIÓN

| FECHA | HORA | TIEMPO h | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | | DIAL | EXPANSIÓN | |
|------------------|------|-------------|------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|--------------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Sub Total | | | | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | | | | 0.0 % |

PENETRACIÓN

| PENETRACIÓN (in) | CARGA | | MOLDE N° 10 | | | | MOLDE N° 11 | | | | MOLDE N° 12 | | | |
|---------------------|--------|-------|-------------|------|-------|------------|-------------|-------|------------|-------|-------------|------------|------|--------|
| | STAND. | CARGA | CORRECCIÓN | | CARGA | CORRECCIÓN | | CARGA | CORRECCIÓN | | CARGA | CORRECCIÓN | | |
| | | | kg/cm² | kg-f | | kg/cm² | % | | kg/cm² | kg-f | | kg/cm² | kg-f | kg/cm² |
| 0.000 | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | | |
| 0.025 | | 20.9 | 1.1 | | | 25.0 | 1.3 | | | 12.1 | 0.6 | | | |
| 0.050 | | 47.0 | 2.4 | | | 51.9 | 2.7 | | | 30.1 | 1.6 | | | |
| 0.075 | | 84.5 | 4.4 | | | 87.7 | 4.5 | | | 50.8 | 2.6 | | | |
| 0.100 | 70 | 134.7 | 7.0 | 11.6 | 16.5 | 126.3 | 6.5 | 8.2 | 11.7 | 67.9 | 3.5 | 3.5 | 5.0 | |
| 0.125 | | 191.6 | 9.9 | | | 166.7 | 8.6 | | | 85.4 | 4.4 | | | |
| 0.150 | | 242.1 | 12.5 | | | 200.0 | 10.4 | | | 100.7 | 5.2 | | | |
| 0.175 | | 287.5 | 14.9 | | | 236.0 | 12.2 | | | 114.8 | 5.9 | | | |
| 0.200 | 105 | 324.5 | 16.8 | 17.0 | 16.2 | 270.1 | 14.0 | 14.2 | 13.5 | 126.9 | 6.6 | 6.6 | 6.3 | |
| 0.300 | | 335.4 | 17.4 | | | 294.6 | 15.2 | | | 169.1 | 8.8 | | | |
| 0.400 | | 319.4 | 16.5 | | | 251.3 | 13.0 | | | 185.5 | 9.6 | | | |
| 0.500 | | 265.0 | 13.7 | | | 212.3 | 11.0 | | | 163.1 | 8.4 | | | |

Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L.

Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L.

Los Resultados solo están Relacionados con la Muestra Enviada. La Muestra ha sido Identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.

RAL KENSEL
 RAL KENSEL
 VARGAS VILLEGAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 201537

ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
 ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 79951

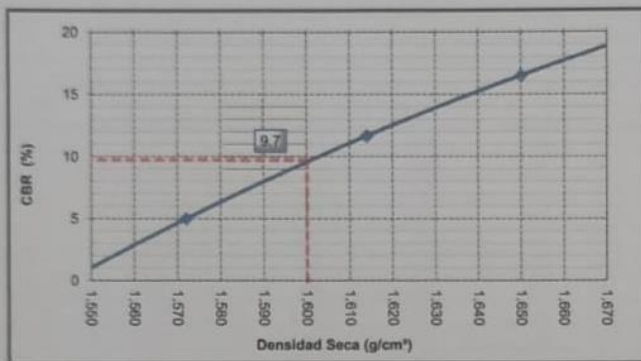
Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------|---------------------------------|
| NOMBRE DE PROYECTO: | "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021." | | |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA. | PROCEDENCIA: | MUESTRA 1 + 4% ADITIVO TERRASIL |
| SOLICITANTE: | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | FECHA DE RECEPCIÓN: | 2021-10-01 |
| DIRECCIÓN SOLICITANTE: | - | FECHA DE EMISIÓN: | 2021-10-14 |

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|---|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | - |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|---|

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR | |
|-------------------|----|
| Densidad Seca | -- |
| Óptimo Humedad | -- |

| RESULTADOS DE CBR al 0,1 in | |
|-----------------------------|--------|
| CBR al 100 % | 24.7 % |
| Estado Natural % | 9.7 % |

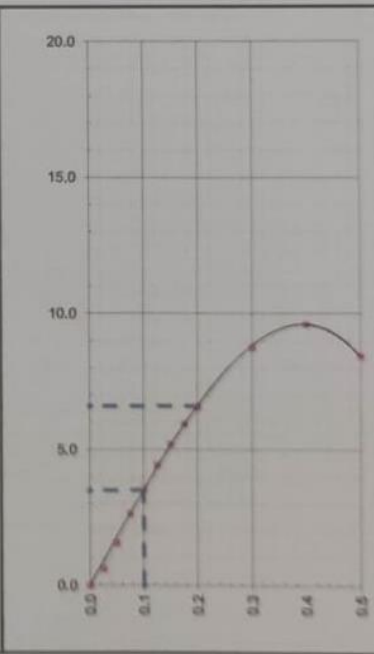
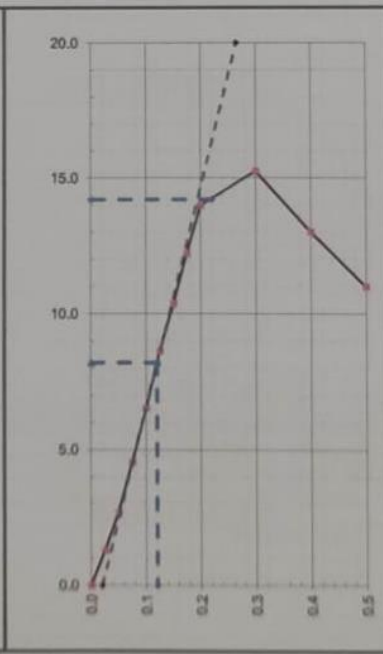
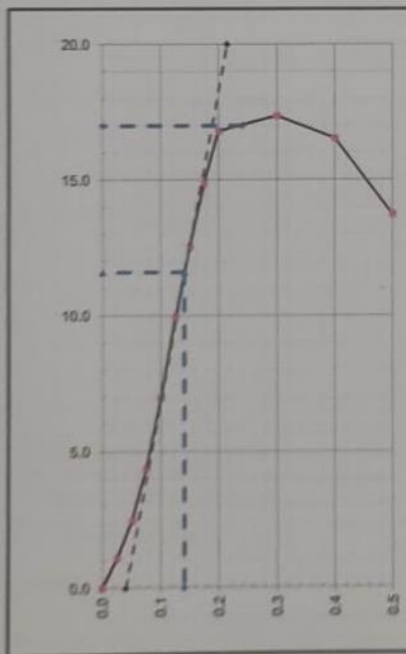
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.650 g/cm³ |
| Estado natural | 1.600 g/cm³ |

| EXPANSIÓN | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |


EC = 56 GOLPES

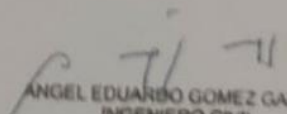
EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L. Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L. Los Resultados sólo están Relacionados con la Muestra Laboral, La Muestra ha sido identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.


 HILDA KINSEL
 VARGAS ALLEGAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 201937


 ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 79951

Anexo 14: Muestra patrón + 7% de Aditivo Terrasil

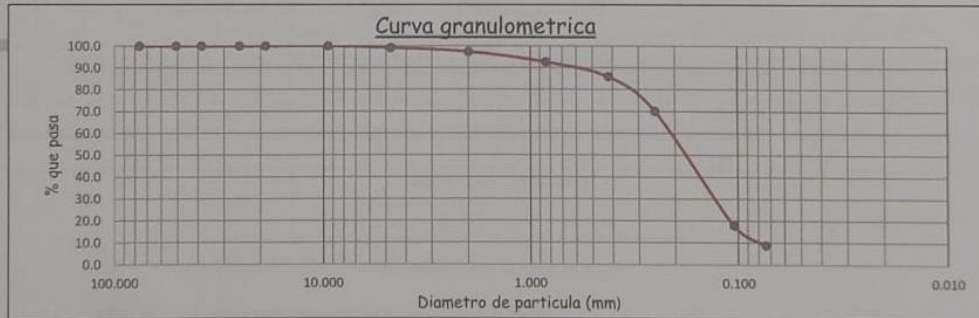


METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339.128

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| DATOS DE LABORATORIO | | | |
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | Nº DE SOLICITUD: | LEM2110002-04 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 456.7 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.218962 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.8 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 90.5 % |
| No. 4 | 4.750 | 3.7 | 0.8 | 0.8 | 99.2 | FINOS | 8.7 % |
| No. 10 | 2.000 | 8.22 | 1.8 | 2.6 | 97.4 | Tam. Máx. Particula | 2 In |
| No. 20 | 0.841 | 21.92 | 4.8 | 7.4 | 92.6 | D10 | 0.090 |
| No. 40 | 0.419 | 30.60 | 6.7 | 14.1 | 85.9 | D30 | 0.129 |
| No. 60 | 0.250 | 72.16 | 15.8 | 29.9 | 70.1 | D60 | 0.211 |
| No. 140 | 0.105 | 238.85 | 52.3 | 82.2 | 17.8 | Coef. Uniformidad | 2.35 |
| No. 200 | 0.074 | 41.56 | 9.1 | 91.3 | 8.7 | Coef. Curvatura | 0.87 |
| < No. 200 | 0.074 | 39.7 | 8.7 | 100.0 | 0.0 | | |



| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|-------|---|---|
| Bolones < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 11.5 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 0.8 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 77.2 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 1.8 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 8.7 % |
| LABORATORIO DE SUELOS | | | |
| ELABORADO POR : | | REVISADO POR: | |
| TECNICO : | | SUP. DE LABORATORIO : | RAÚL ANSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 201327 |



**METODO PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON PROPOSITOS DE INGENIERIA (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).
NTP 339.134**

NOMBRE CLIENTE : Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA
 DIRECCIÓN CLIENTE : Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima
 NOMBRE PROYECTO : Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021
 UBICACIÓN PROYECTO : Av Cordillera Occidental Distrito: Chorrillos Provincia: Lima Dpto: Lima
 FECHA RECEPCIÓN : 29/09/2021 FECHA EMISIÓN : 2/10/2021

DATOS DE LABORATORIO

CALCATA : C-01 CÓDIGO PROY.: EKV-0004
 MUESTRA : M-01 N° DE SOLICITUD: LEM2110002-04
 PROF.: 0.50 m - 1.50 m FECHA DE ENSAYO: 30/09/2021

Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS

**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

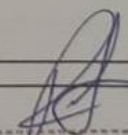
| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------------|--------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 0.80 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Gruesa % | 6.60 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Media % | 22.50 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina % | 61.40 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | FINOS | Limos y Arcillas % | 8.7 |
| No. 4 | 4.750 | 3.7 | 0.80 | 0.80 | 99.2 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 8.22 | 1.80 | 2.60 | 97.4 | GRAVAS | | 0.8 % |
| No. 20 | 0.841 | 21.92 | 4.80 | 7.40 | 92.6 | | | |
| No. 40 | 0.419 | 30.60 | 6.70 | 14.10 | 85.9 | ARENAS | | 90.5 % |
| No. 60 | 0.250 | 72.16 | 15.80 | 29.90 | 70.1 | | | |
| No. 140 | 0.105 | 238.85 | 52.30 | 82.20 | 17.8 | | | |
| No. 200 | 0.074 | 41.56 | 9.10 | 91.30 | 8.7 | FINOS | | 8.7 % |
| < No. 200 | 0.074 | 39.73 | 8.70 | 100.00 | 0.0 | | | |

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129**

| | | | |
|------------------------------|----|------------------------|----|
| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
| LL: | NP | LP: | NP |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | |
| IP: NP | | | |

CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

SP SM Arena pobremente graduada con limo

| | |
|------------------------------|---|
| LABORATORIO DE SUELOS | |
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| |  RAÚL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |



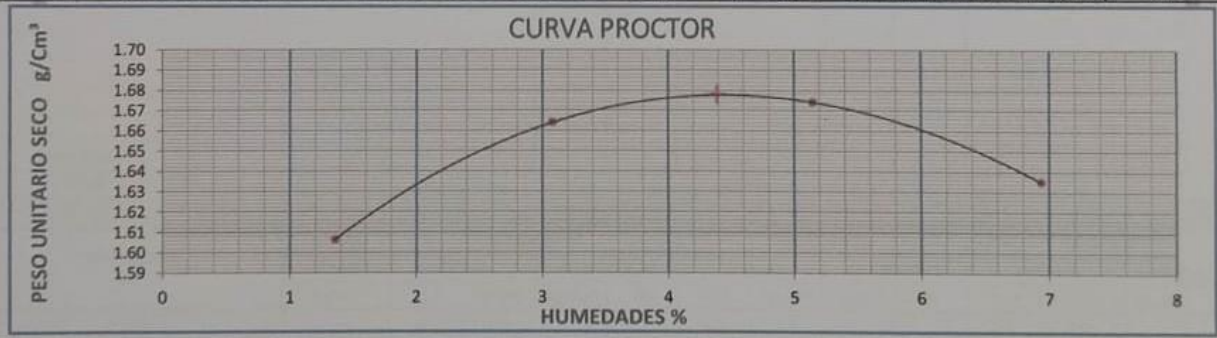


**METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³))
NTP 339.141**

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| DATOS DE LABORATORIO | | | |
| CALICATA : | C - 01 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | Nº DE SOLICITUD: | LEM2110002-04 |
| PROF.: | 0.50 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| | | | | | |
|--|---|---------------------------------------|--------|----------------------------|--------|
| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm ³): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | | 9906 | 10091 | 10187 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | | 3458 | 3643 | 3739 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm ³) | | 1.628 | 1.715 | 1.760 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | | 495.48 | 489.02 | 423.25 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 492.90 | 482.90 | 411.80 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 303.30 | 284.30 | 189.50 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 2.58 | 6.12 | 11.45 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 189.60 | 198.60 | 222.30 |
| 11 | Humedad % | | 1.36 | 3.08 | 5.15 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm ³) | | 1.606 | 1.664 | 1.674 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm ³) | | 1.678 | Humedad Optima (%) | 4.39 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 23.28 |



| | |
|-----------------------|---|
| LABORATORIO DE SUELOS | |
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 201337 |



Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883

| | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------|---------------------------------|
| NOMBRE DE PROYECTO: | "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021." | | |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA. | PROCEDENCIA: | MUESTRA 1 + 7% ADITIVO TERRASIL |
| SOLICITANTE: | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BAROLO MEDINA | FECHA DE RECEPCIÓN: | 2021-10-01 |
| DIRECCIÓN SOLICITANTE: | -- | FECHA DE EMISIÓN: | 2021-10-14 |

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|
| MATERIAL/CALICATA: | C-01_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR | |
|-------------------|----|
| Densidad Seca | -- |
| Óptimo Humedad | -- |

| RESULTADOS DE CBR al 0,1 in | |
|-----------------------------|-------|
| CBR al 100 % | 6.8 % |
| Estado Natural % | 6.2 % |

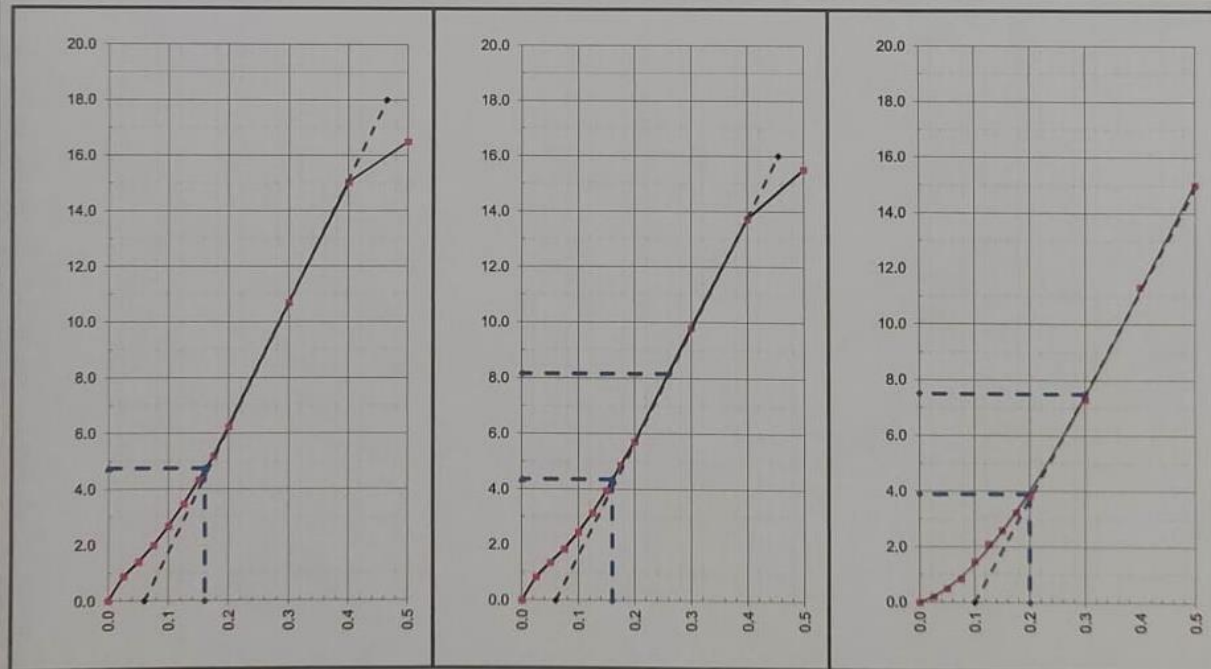
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.667 g/cm³ |
| Estado natural | 1.600 g/cm³ |

| EXPANSIÓN | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L.
 Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L.
 Los Resultados solo están Relacionados con la Muestra Ensayada. La Muestra ha sido Identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.

RAUL KENSEL
 VARGAS VILLEGAS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 201537

ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 79951

Anexo 15: Muestra patrón Calicata C-02

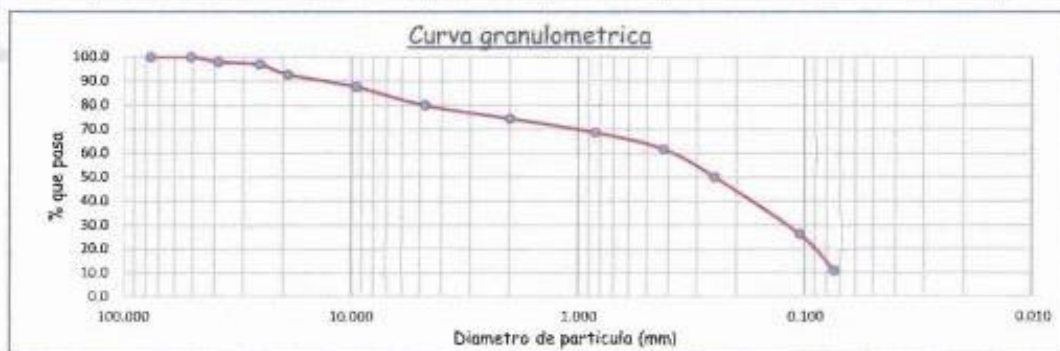


**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

| | | | |
|---------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE: | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE: | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO: | Estudio comparativo para estabilizar la sub base con cenizas de residuos orgánicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO: | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN: | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN: | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA: | C-02 | CÓDIGO PROJ.: | EKV-0004 |
| MUESTRA: | M-01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-05 |
| PROF.: | 0.00 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 10142.0 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.009860 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 210.3 | 2.1 | 2.1 | 97.9 | PESO FRACCION | 327.4 gr |
| 1 in | 25.400 | 102.3 | 1.0 | 3.1 | 96.9 | FRACCION 2 | 0.243991 % |
| 3/4 in | 19.050 | 428.2 | 4.2 | 7.3 | 92.7 | GRAVA | 20.1 % |
| 3/8 in | 9.525 | 514.2 | 5.1 | 12.4 | 87.6 | ARENA | 69.2 % |
| No. 4 | 4.750 | 785.3 | 7.7 | 20.1 | 79.9 | FINOS | 10.7 % |
| No. 10 | 2.000 | 22.70 | 5.5 | 25.7 | 74.3 | Tam. Mx. Particula | 2 in |
| No. 20 | 0.841 | 23.40 | 5.7 | 31.4 | 68.6 | D10 | 0.074 |
| No. 40 | 0.419 | 28.60 | 7.0 | 38.3 | 61.7 | D30 | 0.121 |
| No. 60 | 0.250 | 47.60 | 11.6 | 50.0 | 50.0 | D60 | 0.389 |
| No. 140 | 0.105 | 98.30 | 24.0 | 73.9 | 26.1 | Coef. Uniformidad | 3.26 |
| No. 200 | 0.074 | 63.10 | 15.4 | 89.3 | 10.7 | Coef. Curvatura | 0.51 |
| < No. 200 | 0.074 | 43.1 | 10.7 | 100.0 | 0.0 | | |



| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|--------|---|--------|
| Bolotas < 300 mm (12") y > 75 mm (3") : | 0.0 % | Arena Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 12.7 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 20.1 % | Arena Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 51.0 % |
| Arena Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 5.5 % | % Limo y Arcilla < 0.074 mm : | 10.7 % |

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR: | REVISADO POR: |
| TECNICO: | SUP. DE LABORATORIO: |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL R.E.J. CIP N° 291537 |



MÉTODO PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON PROPOSITOS DE INGENIERIA (Sistema unificado de clasificacion de suelos, SUCS).
NTP 339.134

| | | | |
|----------------------|--|-----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCION CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estado comparativo para estabilizar la subrasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima 2021 | | |
| UBICACION PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Districto: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCION : | 29/09/2021 | FECHA EMISION : | 2/10/2021 |

| | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| DATOS DE LABORATORIO | | | |
| CALICATA : | C - 02 | CÓDIGO PROJ.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110092-08 |
| PROF.: | 0.00 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS

METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO

NTP 339.128

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | Composicion granulometrica | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------------|--------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 7.30 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 12.81 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 210.3 | 2.07 | 2.07 | 97.9 | ARENAS | Arenas Gruesa % | 11.25 |
| 1 in | 25.400 | 102.3 | 1.01 | 3.08 | 96.9 | | Arenas Media % | 18.59 |
| 3/4 in | 19.050 | 428.2 | 4.22 | 7.30 | 92.7 | | Arenas Fina % | 39.38 |
| 3/8 in | 9.525 | 514.2 | 5.07 | 12.37 | 87.6 | FINOS | Limos y Arcillas % | 10.7 |
| No. 4 | 4.750 | 785.3 | 7.74 | 20.12 | 79.9 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 22.70 | 5.54 | 25.66 | 74.3 | GRAVAS | | 20.1 % |
| No. 20 | 0.841 | 23.40 | 5.71 | 31.37 | 68.6 | | | |
| No. 40 | 0.419 | 28.60 | 6.98 | 38.34 | 61.7 | ARENAS | | 69.2 % |
| No. 60 | 0.250 | 47.60 | 11.61 | 49.96 | 50.0 | | | |
| No. 140 | 0.105 | 98.30 | 23.98 | 73.94 | 26.1 | | | |
| No. 200 | 0.074 | 63.10 | 15.40 | 89.34 | 10.7 | FINOS | | 10.7 % |
| < No. 200 | 0.074 | 43.70 | 10.66 | 100.00 | 0.0 | | | |

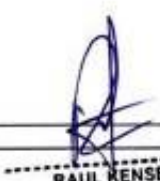
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

NTP 339.129

| | | | |
|-----------------------|----|-----------------|----|
| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
| LL: | NP | LP: | NP |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | |
| IP: NP | | | |

CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

SP SM Arena pobremente graduada con limo con grava

| | |
|-----------------------|--|
| LABORATORIO DE SUELOS | |
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO: | SUP. DE LABORATORIO: |
| |  RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |



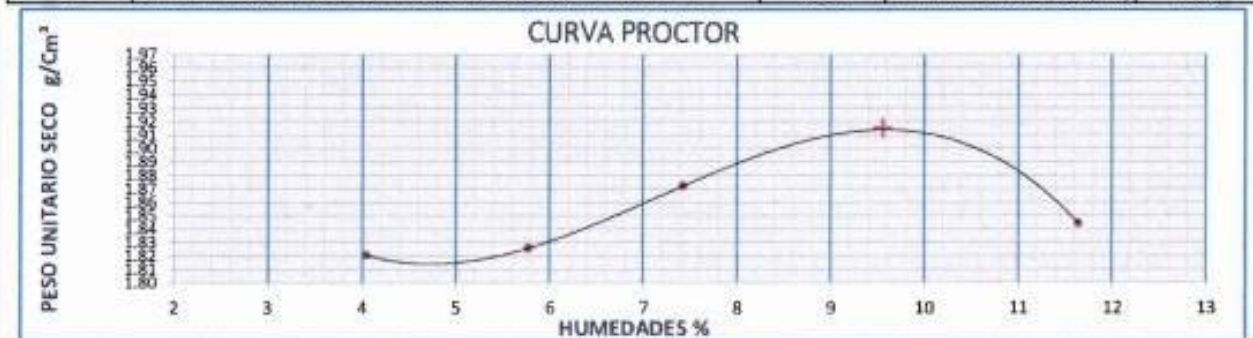


**METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 lb-1bf / ft³ (2,700 kN-m / m³))
NTP 339.141**

| | | | |
|----------------------|---|-----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo químico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Districto: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 02 | CÓDIGO PROY.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-08 |
| PROF.: | 0.00 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | | |
|--|--|--------------------------|--------|----------------------------|--------|--------|
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm3): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 | |
| 1 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo húmedo (g) | | 10471 | 10550 | 10720 | 10821 |
| 3 | Masa del Suelo Húmedo (g) | | 4023 | 4102 | 4272 | 4373 |
| 4 | Densidad Húmeda (g/cm3) | | 1.894 | 1.931 | 2.011 | 2.059 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Húmedo + Tara (g) | | 518.50 | 580.90 | 557.70 | 556.00 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | | 506.10 | 560.70 | 533.50 | 519.60 |
| 8 | Masa de Tara (g) | | 199.40 | 210.80 | 207.60 | 207.00 |
| 9 | Masa de Agua (g) | | 12.40 | 20.20 | 24.20 | 36.40 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | | 306.70 | 349.90 | 325.90 | 312.60 |
| 11 | Humedad % | | 4.04 | 5.77 | 7.43 | 11.64 |
| 12 | Densidad Seca (g/cm3) | | 1.820 | 1.826 | 1.872 | 1.844 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm3) | | 1.915 | Humedad Óptima (%) | | 9.56 |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | | 15.91 |



| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAÚL KINSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP-IP 204537 |

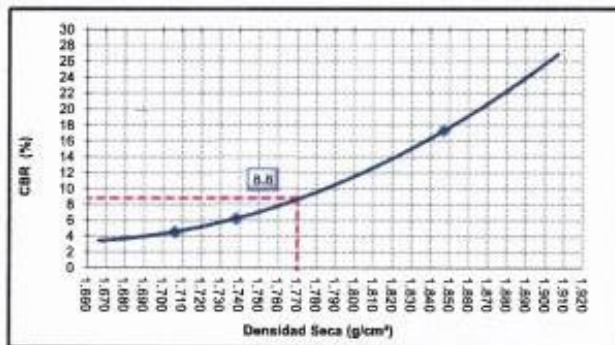


| INFORME DE ENSAYO | | N° LEM2110203/02 |
|---|--|---------------------------------------|
| Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils ASTM D1883 | | |
| NOMBRE DE PROYECTO: | "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUB RASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA 2021." | |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO: | AV. CORDILLERA OCCIDENTAL - CHORRILLOS - LIMA - LIMA | PROCEDENCIA: - |
| SOLICITANTE: | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | FECHA DE RECEPCIÓN: 2021-10-01 |
| DIRECCIÓN SOLICITANTE: | - | FECHA DE EMISIÓN: 2021-10-07 |

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|
| MATERIAL/CALICATA: | C-02_M-1 | PROFUNDIDAD: | 0.00 m - 1.50 m | TMP | -- |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------|------------|----|

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



| DATOS DEL PROCTOR | |
|-------------------|----|
| Densidad Seca | -- |
| Óptimo Humedad | -- |

| RESULTADOS DE CBR al 0,1 in | |
|-----------------------------|--------|
| CBR al 100 % | 17.4 % |
| Estado Natural % | 8.8 % |

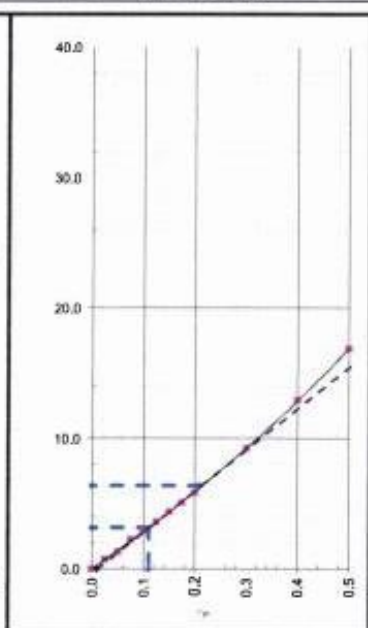
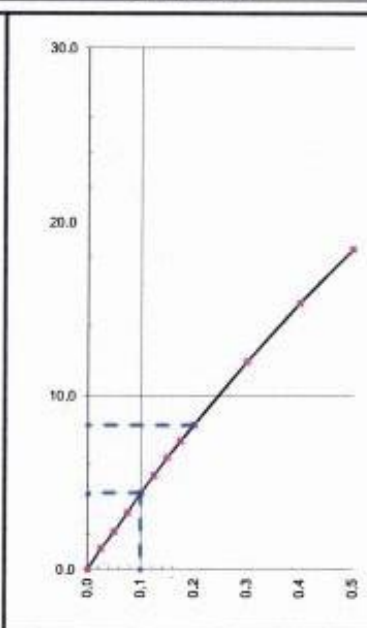
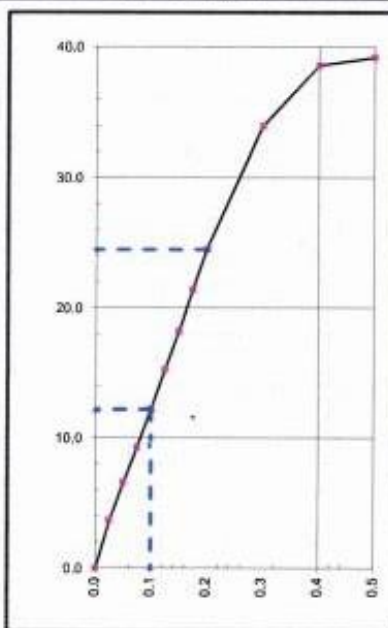
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.847 g/cm³ |
| Estado Natural | 1.770 g/cm³ |

| EXPANSIÓN | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |

EC = 56 GOLPES


EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad de LEMICONS S.R.L.
 Prohibido la Reproducción Total o Parcial, Excepto con Autorización previa por escrito de LEMICONS S.R.L.
 Los Resultados solo están relacionados con la Muestra Ensayada. La Muestra ha sido identificada y Entregada en el Laboratorio por el Cliente bajo su Responsabilidad.


RAUL BENSEL
VARGAS VILLEGAS
INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 201537


ANGEL EDUARDO GOMEZ GARCIA
INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 79951

Anexo 15: Muestra patrón Calicata C- 03



**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**

| | | | |
|----------------------|--|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima 2021 | | |
| UBICACIÓN PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISIÓN : | 2/10/2021 |

| DATOS DE LABORATORIO | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| CALICATA : | C - 03 | CÓDIGO PROY. : | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | Nº DE SOLICITUD: | LEM2110002-09 |
| PROF. : | 0.00 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q' PASA | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO TOTAL | 277.8 gr |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION | 0.359971 gr |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PESO FRACCION | 0.0 gr |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | FRACCION 2 | N/A % |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA | 0.3 % |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | ARENA | 91.8 % |
| No. 4 | 4.750 | 0.8 | 0.3 | 0.3 | 99.7 | FINOS | 7.9 % |
| No. 10 | 2.000 | 1.67 | 0.6 | 0.9 | 99.3 | Tam. Max. Particula | 2 in |
| No. 20 | 0.841 | 1.39 | 0.5 | 1.4 | 98.6 | D10 | 0.088 |
| No. 40 | 0.419 | 10.83 | 3.9 | 5.3 | 94.7 | D30 | 0.125 |
| No. 60 | 0.250 | 72.23 | 26.0 | 31.3 | 68.7 | D60 | 0.214 |
| No. 140 | 0.105 | 135.01 | 48.6 | 79.9 | 20.1 | Coef. Uniformidad | 2.43 |
| No. 200 | 0.074 | 33.89 | 12.2 | 92.1 | 7.9 | Coef. Curvatura | 0.83 |
| < No. 200 | 0.074 | 21.9 | 7.9 | 100.0 | 0.0 | | |



| DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS (mm) | | | |
|--|-------|--|--------|
| Bolones < 300 mm (12") y >.75 mm (3") : | 0.0 % | Arca Mediana < 2.00 mm y > 0.425 mm (#40): | 4.4 % |
| Grava < 75 mm y > 4.75 mm (#4) : | 0.3 % | Arca Fina < 0.425 mm y > 0.075 mm (#200): | 86.8 % |
| Arca Gruesa < 4.75 mm y > 2.00 mm (#10): | 0.6 % | % Limo y Arcilla < 0.075 mm : | 7.9 % |

| LABORATORIO DE SUELOS | |
|-----------------------|---|
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 201517 |



**METODO PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON PROPOSITOS DE INGENIERIA (Sistema unificado de clasificacion de suelos, SUCS).
NTP 339.134**

| | | | |
|----------------------|--|-----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCION CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima 2021 | | |
| UBICACION PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Districto: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCION : | 29/09/2021 | FECHA EMISION : | 2/10/2021 |

| | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|--------------|
| DATOS DE LABORATORIO | | | |
| CALICATA : | C - 03 | CODIGO PROJ.: | EKV-004 |
| MUESTRA : | M - 01 | Nº DE SOLICITUD: | LEM210002-09 |
| PROF.: | 0.00 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

Sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS

**METODO DE ENSAYO PARA EL ANALISIS GRANULOMETRICO
NTP 339.128**


| TAMIZ | ABERT. mm. | PESO RET. (g) | %RET. PARC. | %RET. AC. | % Q/PASA | Composicion granulometrica | | |
|-----------|------------|---------------|-------------|-----------|----------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| 3 in | 76.200 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | GRAVAS | Gravas Gruesa % | 0.00 |
| 2 in | 50.800 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Gravas Fina % | 0.30 |
| 1 1/2 in | 38.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Gruesa % | 1.10 |
| 1 in | 25.400 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | ARENAS | Arenas Media % | 29.90 |
| 3/4 in | 19.050 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | Arenas Fina % | 60.80 |
| 3/8 in | 9.525 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 100.0 | | FINOS | Limos y Arcillas % |
| No. 4 | 4.750 | 0.8 | 0.30 | 0.30 | 99.7 | | | |
| No. 10 | 2.000 | 1.67 | 0.60 | 0.90 | 99.1 | | | |
| No. 20 | 0.841 | 1.39 | 0.50 | 1.40 | 98.6 | GRAVAS | | 0.3 % |
| No. 40 | 0.419 | 10.83 | 3.90 | 5.30 | 94.7 | | | |
| No. 60 | 0.250 | 72.23 | 26.00 | 31.30 | 68.7 | ARENAS | | 91.8 % |
| No. 140 | 0.105 | 135.01 | 48.60 | 79.90 | 20.1 | | | |
| No. 200 | 0.074 | 33.89 | 12.20 | 92.10 | 7.9 | FINOS | | 7.9 % |
| < No. 200 | 0.074 | 21.95 | 7.90 | 100.00 | 0.0 | | | |

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
NTP 339.129**

| | | | |
|------------------------------|----|------------------------|----|
| LIMITE LIQUIDO | | LIMITE PLASTICO | |
| LL: | NP | LP: | NP |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | |
| IP: NP | | | |

CLASIFICACION DE SUELOS SUCS

SP SM Arena pobremente graduada con limo

| | |
|-----------------------|--|
| LABORATORIO DE SUELOS | |
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| |  RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL R.C. CIP Nº 204537 |





**METODO DE COMPACTACION DEL SUELO EN EL LABORATORIO ENERGIA DE COMPACTACION (56,000 lb-ft / ft³ (2,700 kN-m / m³))
NTP 339.141**

| | | | |
|----------------------|---|----------------------|----------------------------|
| NOMBRE CLIENTE : | Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr. KEVIN BARTOLO MEDINA | | |
| DIRECCIÓN CLIENTE : | Av Cordillera Occidental - Chorrillos - Lima - Lima | | |
| NOMBRE PROYECTO : | Estudio comparativo para estabilizar la sub rasante con cenizas de residuos organicos y aditivo quimico, Av Cordillera Occidental - Chorrillo - Lima 2021 | | |
| UBICACION PROYECTO : | Av Cordillera Occidental | Distrito: Chorrillos | Provincia: Lima Dpto: Lima |
| FECHA RECEPCIÓN : | 29/09/2021 | FECHA EMISION : | 2/10/2021 |

| | | | |
|----------------------|-----------------|------------------|---------------|
| DATOS DE LABORATORIO | | | |
| CALICATA : | C - 03 | CÓDIGO PROJ.: | EKV-0004 |
| MUESTRA : | M - 01 | N° DE SOLICITUD: | LEM2110002-09 |
| PROF.: | 0.00 m - 1.50 m | FECHA DE ENSAYO: | 30/09/2021 |

| | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|----------------------------|---------------------|--------|
| ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NTP, 339.141 / ASTM D 1557) | | | | | |
| No. DE MOLDE: | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE (Cm ³): | 2124 | MASA DEL MOLDE (g): | 6448 |
| 1 | No. Pruebas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | Masa del molde + Suelo humedo (g) | 10071 | 10146 | 10170 | 10189 |
| 3 | Masa del Suelo Humedo (g) | 3623 | 3698 | 3722 | 3741 |
| 4 | Densidad Humedad (g/cm ³) | 1.706 | 1.741 | 1.752 | 1.761 |
| DETERMINACION DEL PORTECENTAJE DE HUMEDAD (NTP, 339.127 / ASTM D 2216) | | | | | |
| 5 | No. Pruebas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | Masa de Suelo Humedo + Tara (g) | 472.40 | 476.50 | 478.50 | 445.60 |
| 7 | Masa de Suelo Seco + Tara (g) | 468.90 | 471.20 | 468.30 | 432.10 |
| 8 | Masa de Tara (g) | 199.40 | 210.80 | 207.60 | 207.00 |
| 9 | Masa de Agua (g) | 3.50 | 5.30 | 10.20 | 13.50 |
| 10 | Masa de Suelo Seco (g) | 269.50 | 260.40 | 260.70 | 225.10 |
| 11 | Humedad % | 1.30 | 2.04 | 3.91 | 6.00 |
| 12 | Densidad Seca. (g/cm ³) | 1.684 | 1.706 | 1.686 | 1.662 |
| RESULTADOS FINALES | | | | | |
| 13 | Densidad Maxima Seca (g/cm ³) | 1.709 | Humedad Optima (%) | 2.48 | |
| 14 | Gravedad Especifica de los solidos (ASTM D 854) (ASTM C 127). | 2.754 | Humedad 100% de sat. (%) | 22.20 | |



| | |
|-----------------------|---|
| LABORATORIO DE SUELOS | |
| ELABORADO POR : | REVISADO POR: |
| TECNICO : | SUP. DE LABORATORIO : |
| | RAUL KENSEL VARGAS VILLEGAS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 201537 |





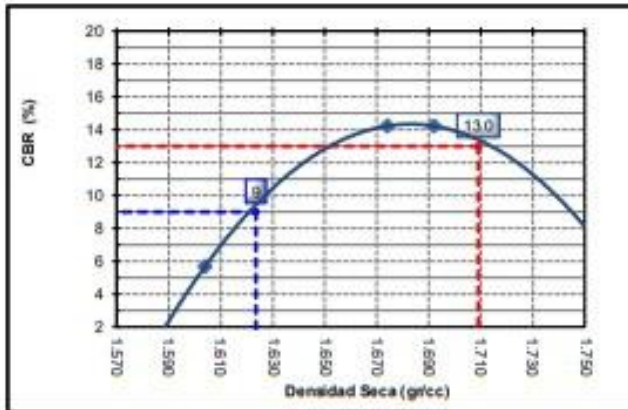
ENSAYO DE CBR ASTM D 1883

MUESTRA: C-03M-01
 PROCEDENCIA: DESITRO

CÓDIGO DE PROYECTO: EKV-0004
 N° DE SOLICITUD: LEM2110002-09
 FECHA DE INGRESO: 29/09/2021
 FECHA DE ENSAYO: 30/09/2021

UBICACIÓN: Av. Cordillera Occidental Distrito: Chorrillos Provincias: Lima Dpto: Lima
 SOLICITA: Sr. IVAN DOMINGUEZ CARRASCO, Sr KEVIN BARTOLO MEDINA

GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



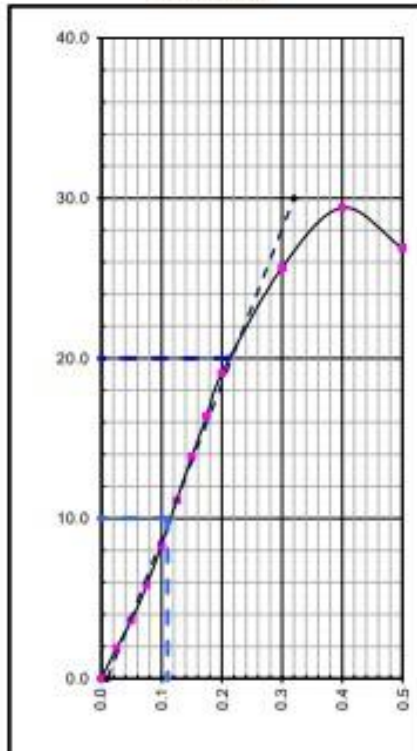
| Datos del Proctor | |
|-------------------|-------------|
| Densidad Seca | 1.709 gr/cc |
| Optimo Humedad | 6.2 % |

| RESULTADOS DE CBR al 0.1" | |
|---------------------------|--------|
| CBR al 100 % | 13.0 % |
| CBR al 95 % | 9.0 % |

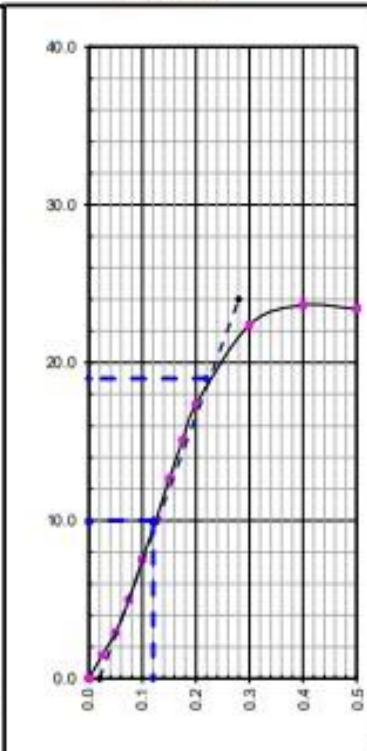
| DENSIDAD | |
|-------------------|-------------|
| Densidad al 100 % | 1.709 gr/cc |
| Densidad al 95 % | 1.624 gr/cc |

| EXPANSION | |
|-----------|-------|
| Expansión | 0.0 % |

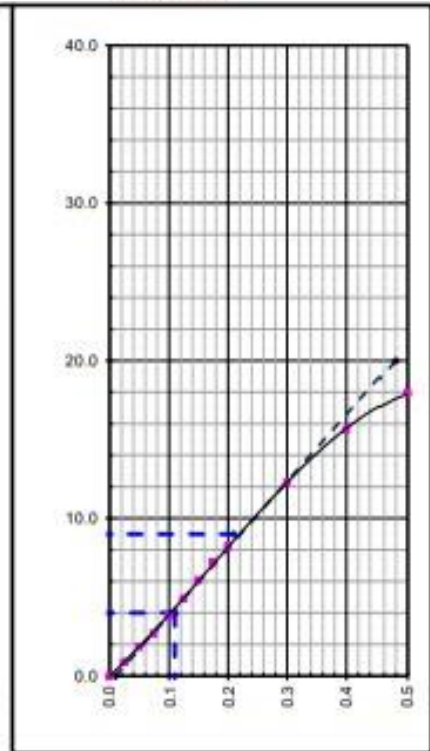
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



| | |
|-----------------|-----------------|
| ENSAYADO POR | REVISADO POR |
| NOMBRE FIRMA | NOMBRE FIRMA |

Anexo 16: Calibración del equipo California Bearing Ratio (C.B.R.)



Anexo 17: Equipo para realizar el ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.)



Anexo 18: peso del monde + muestra



Anexo 19: Anillos que simulan la sobre carga del pavimento flexible en cada molde



Anexo 18: Aditivo terrasil y las probetas que se usaron para la dosificación



Anexo 20: Cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar



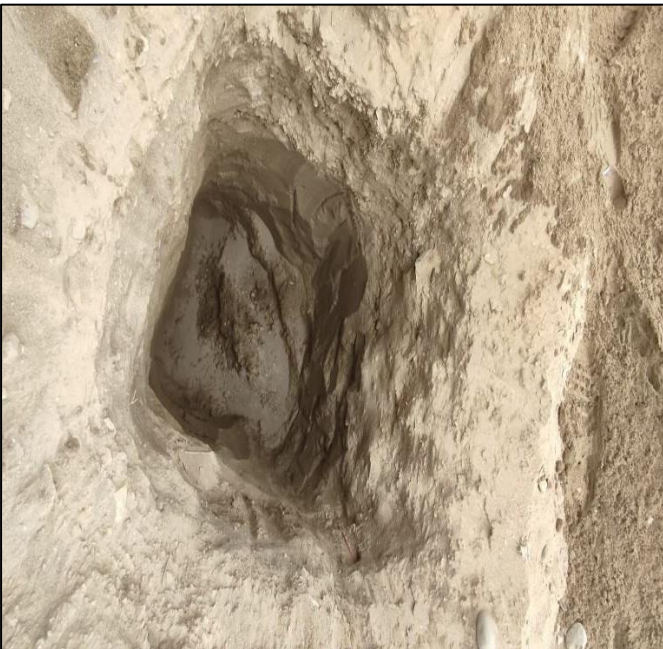
Anexo 21: Dosificación de las Cenizas de cascara de arroz



Anexo 22: Probetas sumergidas por 4 días para realizar el ensayo C.B.R.



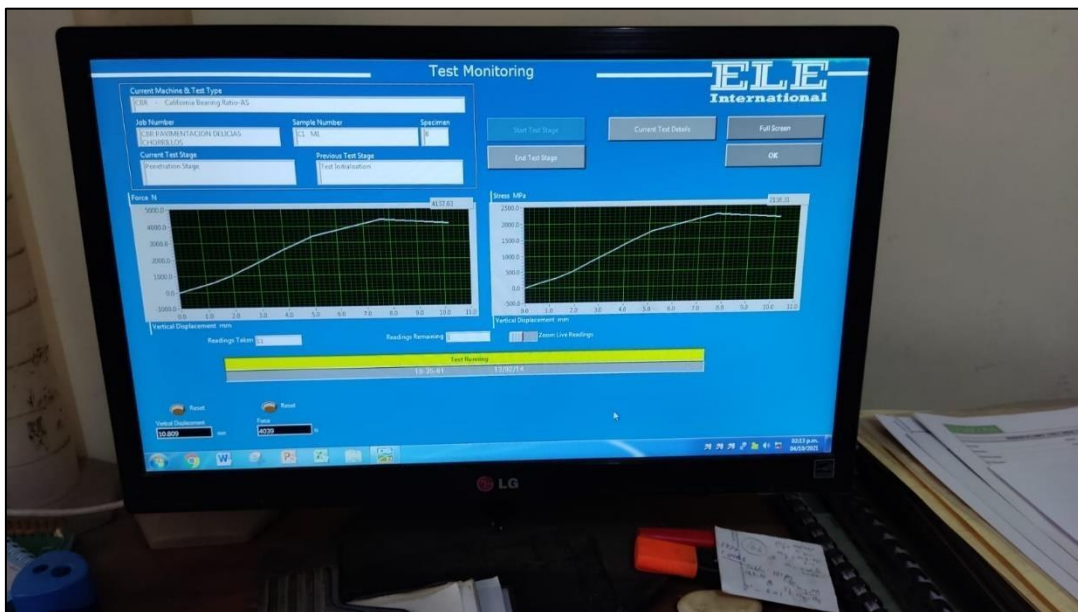
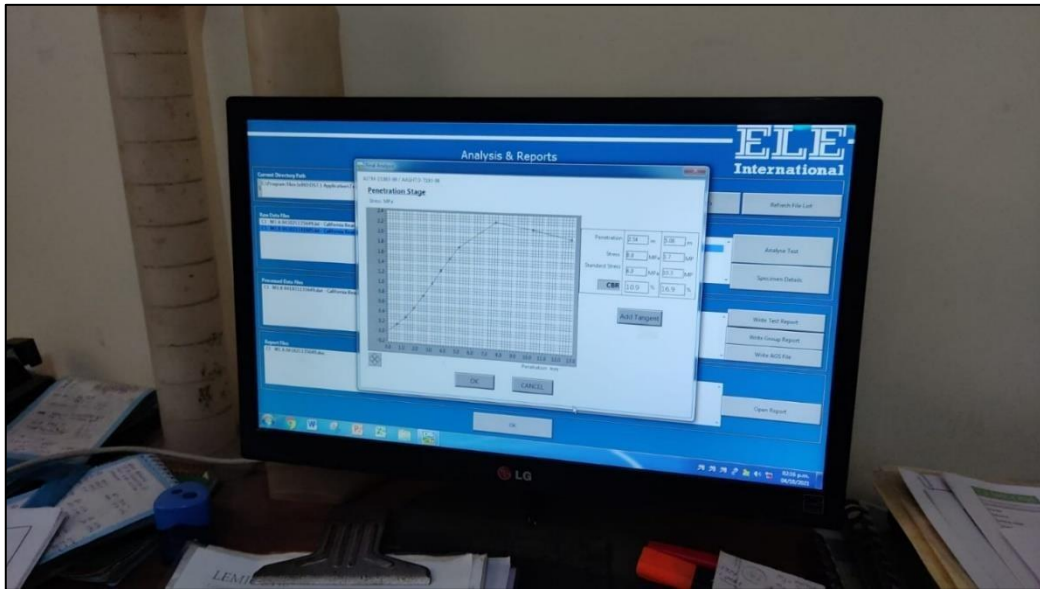
Anexo 22: Calicatas



Anexo 23: Muestra extraídas de las calicatas



Anexo 23: Programa incorporado al equipo del C.B.R. que grafica las curvas de penetración



Anexo 32: Estación de peaje más cercano a la zona de estudio (Chilca)



Anexo 33: Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

| N° | Peaje | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SETIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | Total | |
|----|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|---------|
| | | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros |
| | | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC |
| 1 | AGUAS CALIENTES | 0.9394 | 0.8663 | 1.1161 | 1.0973 | 1.1684 | 1.1945 | 0.9458 | 0.8773 | 0.9386 | 1.0294 | 1.0292 | 0.9845 | 1.0000 | |
| 2 | AGUAS CLARAS | 1.0204 | 1.0668 | 1.1013 | 1.0449 | 0.9979 | 0.9863 | 0.8917 | 0.9168 | 1.0069 | 1.0155 | 1.0712 | 0.8127 | 1.0000 | |
| 3 | AMBO | 0.7822 | 0.8431 | 0.8697 | 0.7549 | 0.7755 | 0.7823 | 0.7479 | 0.9820 | 1.0329 | 0.9842 | 0.9966 | 0.8835 | 1.0000 | |
| 4 | ATICO | 0.8849 | 0.7376 | 1.0576 | 1.0168 | 1.1538 | 1.1764 | 0.9711 | 0.9893 | 1.0821 | 1.0845 | 1.1559 | 0.9021 | 1.0000 | |
| 5 | AYAVIRI | 0.9913 | 0.9287 | 1.0870 | 1.0730 | 1.1003 | 1.0878 | 0.9449 | 0.9108 | 0.9242 | 1.0455 | 1.0348 | 0.9733 | 1.0000 | |
| 6 | CAMANA | 0.5935 | 0.4934 | 1.0509 | 1.2563 | 1.3886 | 1.3961 | 1.2549 | 1.2278 | 1.3076 | 1.2658 | 1.2303 | 0.8494 | 1.0000 | |
| 7 | CANCAS | 0.8722 | 0.8703 | 1.0694 | 1.1121 | 1.1631 | 1.2130 | 0.9722 | 0.9150 | 1.0516 | 1.0161 | 1.0259 | 0.8914 | 1.0000 | |
| 8 | CARACOTO | 1.0576 | 0.9886 | 1.0999 | 1.0550 | 1.0578 | 1.0471 | 0.9900 | 0.8677 | 0.9953 | 0.9895 | 1.0077 | 0.7648 | 1.0000 | |
| 9 | CASARACRA | 1.1441 | 1.1924 | 1.2529 | 0.9991 | 0.9240 | 1.0245 | 0.8401 | 0.8801 | 1.0508 | 0.9739 | 1.1465 | 0.8656 | 1.0000 | |
| 10 | CATAC | 1.0992 | 1.0589 | 1.3534 | 1.0405 | 1.0772 | 1.0762 | 0.8316 | 0.8717 | 0.9632 | 0.9514 | 1.1169 | 0.9747 | 1.0000 | |
| 11 | CCASACANCHA | 1.0321 | 1.0692 | 1.1050 | 1.0611 | 1.0719 | 1.0565 | 0.9517 | 0.9133 | 0.8930 | 0.9959 | 0.9734 | 0.7789 | 1.0000 | |
| 12 | CHACAPAMPA | 1.0342 | 0.9781 | 0.9986 | 1.0653 | 1.0693 | 1.2488 | 1.0419 | 0.9217 | 0.9818 | 0.9211 | 1.0968 | 0.9676 | 1.0000 | |
| 13 | CHALHUAPUQUIO | 1.1804 | 1.2304 | 1.2157 | 1.0487 | 1.0103 | 1.0467 | 0.7867 | 0.8314 | 1.0145 | 0.9547 | 1.0196 | 0.9379 | 1.0000 | |
| 14 | CHICAMA | 0.9891 | 0.9536 | 1.0369 | 1.0347 | 1.0520 | 1.0477 | 0.9368 | 0.9915 | 1.0553 | 1.0166 | 1.0421 | 0.7493 | 1.0000 | |
| 15 | CHILCA | 0.6041 | 0.5736 | 0.7824 | 1.0624 | 1.5470 | 1.6110 | 1.3032 | 1.4238 | 1.5046 | 1.2451 | 1.1887 | 0.6261 | 1.0000 | |
| 16 | CHULLQUI | 1.0428 | 1.0728 | 1.0509 | 1.0163 | 1.0500 | 0.9407 | 0.9832 | 0.9316 | 0.9915 | 0.9207 | 1.2832 | 0.8829 | 1.0000 | |
| 17 | CHULUCANAS | 1.0210 | 1.0629 | 1.1565 | 1.1355 | 1.0650 | 1.0374 | 0.9771 | 0.9150 | 0.9843 | 0.9479 | 0.9145 | 0.7502 | 1.0000 | |
| 18 | CIUDAD DE DIOS | 0.9338 | 0.9146 | 1.1930 | 1.0736 | 1.0024 | 1.0271 | 0.9071 | 0.9185 | 1.0902 | 0.8660 | 1.0664 | 0.6549 | 1.0000 | |
| 19 | CORCONA | 1.1416 | 1.1681 | 1.2623 | 1.0206 | 0.9748 | 1.0336 | 0.7786 | 0.8795 | 1.0065 | 0.9892 | 1.1933 | 0.8888 | 1.0000 | |
| 20 | CRUCE BAYOVAR | 0.9033 | 0.8846 | 1.0933 | 1.0974 | 1.1592 | 1.1950 | 0.8640 | 0.9864 | 1.1644 | 0.9986 | 1.0861 | 0.6673 | 1.0000 | |
| 21 | CUCULI | 0.9988 | 1.0350 | 1.1242 | 1.1174 | 1.1070 | 0.9545 | 0.9574 | 0.9186 | 0.9449 | 0.9671 | 0.9672 | 1.0218 | 1.0000 | |
| 22 | DESVIO OLMOS | 0.9736 | 1.0105 | 1.1312 | 1.1600 | 1.1451 | 1.0896 | 0.9427 | 0.8716 | 0.9919 | 0.9562 | 1.0093 | 0.7176 | 1.0000 | |

Anexo 34: Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

| Código | Peaje | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total | |
|--------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|---------|
| | | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados |
| | | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC | FC |
| 1 | AGUAS CALIENTES | 1.0234 | 0.9771 | 1.0540 | 1.0631 | 1.0703 | 1.1254 | 0.9831 | 0.9574 | 0.9655 | 0.9434 | 0.9429 | 0.9922 | 1.0000 | |
| 2 | AGUAS CLARAS | 1.0497 | 1.0164 | 0.9941 | 1.0038 | 0.9878 | 0.9823 | 0.9940 | 0.9597 | 0.9819 | 1.0086 | 1.0042 | 0.8920 | 1.0000 | |
| 3 | AMBO | 0.7967 | 0.7869 | 0.8193 | 0.7762 | 0.7945 | 0.7905 | 0.7890 | 1.0495 | 1.0086 | 0.9572 | 0.9482 | 0.9447 | 1.0000 | |
| 4 | ATICO | 1.0402 | 0.9961 | 1.0326 | 1.0478 | 1.0392 | 1.0365 | 1.0288 | 0.9862 | 0.9828 | 0.9573 | 0.9313 | 0.9458 | 1.0000 | |
| 5 | AYAVIRI | 1.0377 | 1.0057 | 1.0835 | 1.0533 | 1.0511 | 1.0319 | 0.9884 | 0.9505 | 0.9335 | 0.9456 | 0.9485 | 0.9933 | 1.0000 | |
| 6 | CAMANA | 0.9370 | 0.8802 | 1.0410 | 1.0753 | 1.0804 | 1.0953 | 1.0782 | 1.0099 | 1.0099 | 0.9947 | 0.9786 | 0.8325 | 1.0000 | |
| 7 | CANCAS | 1.0490 | 0.9888 | 1.0151 | 1.0452 | 1.0584 | 1.0381 | 1.0041 | 0.9824 | 1.0019 | 0.9551 | 0.9433 | 0.9563 | 1.0000 | |
| 8 | CARACOTO | 1.0489 | 1.0165 | 1.0879 | 1.0415 | 1.0743 | 1.0541 | 0.9982 | 0.9041 | 0.9575 | 0.9453 | 0.9765 | 0.8133 | 1.0000 | |
| 9 | CASARACRA | 1.1123 | 1.0819 | 1.1121 | 0.9769 | 0.9865 | 0.9782 | 0.9872 | 0.9697 | 0.9731 | 0.9521 | 1.0674 | 0.9416 | 1.0000 | |
| 10 | CATAC | 1.0538 | 1.0807 | 1.1606 | 1.0756 | 1.0119 | 0.9642 | 0.9591 | 0.9372 | 0.9719 | 0.9644 | 0.9958 | 0.9684 | 1.0000 | |
| 11 | CCASACANCHA | 1.0985 | 1.0820 | 1.0974 | 1.0774 | 1.0216 | 0.9848 | 0.9688 | 0.9568 | 0.9552 | 0.9509 | 0.9198 | 0.7875 | 1.0000 | |
| 12 | CHACAPAMPA | 1.1253 | 0.9872 | 0.9856 | 1.0061 | 1.0477 | 1.0441 | 1.0496 | 0.9939 | 0.9340 | 0.9269 | 0.9523 | 1.0257 | 1.0000 | |
| 13 | CHALHUAPUQUIO | 1.0741 | 1.0868 | 1.0814 | 1.0640 | 1.0533 | 0.9822 | 0.9411 | 0.9321 | 0.9569 | 0.9455 | 0.9498 | 0.9948 | 1.0000 | |
| 14 | CHICAMA | 0.9742 | 0.9585 | 1.0327 | 1.0799 | 1.0586 | 1.0428 | 1.0427 | 0.9889 | 0.9895 | 0.9814 | 0.9459 | 0.7964 | 1.0000 | |
| 15 | CHILCA | 0.9471 | 0.9731 | 1.0202 | 1.0429 | 1.0652 | 1.0551 | 1.0341 | 0.9979 | 0.9991 | 0.9830 | 0.9674 | 0.8073 | 1.0000 | |
| 16 | CHULLQUI | 0.9571 | 0.9658 | 1.0534 | 1.0776 | 1.0809 | 1.0402 | 1.0171 | 0.9865 | 0.9731 | 0.9169 | 1.2400 | 0.9257 | 1.0000 | |
| 17 | CHULUCANAS | 1.0042 | 0.9705 | 1.1344 | 1.1580 | 1.0939 | 1.0464 | 1.0225 | 0.9536 | 0.9603 | 0.9195 | 0.8980 | 0.7996 | 1.0000 | |
| 18 | CIUDAD DE DIOS | 0.9412 | 0.9568 | 1.1245 | 1.0109 | 0.9763 | 1.0522 | 1.0638 | 1.0509 | 1.0687 | 0.8375 | 0.8101 | 0.6639 | 1.0000 | |
| 19 | CORCONA | 1.1221 | 1.0894 | 1.1031 | 0.9536 | 0.9648 | 0.9756 | 0.9759 | 0.9653 | 0.9769 | 0.9739 | 1.0900 | 0.9561 | 1.0000 | |
| 20 | CRUCE BAYOVAR | 0.9925 | 0.9617 | 1.0163 | 1.0654 | 1.0473 | 1.0635 | 1.0368 | 0.9979 | 1.0155 | 0.9779 | 0.9314 | 0.7892 | 1.0000 | |
| 21 | CUCULI | 0.9544 | 1.0489 | 1.1882 | 1.1610 | 1.0781 | 0.9789 | 0.9835 | 0.9222 | 0.9034 | 0.9413 | 0.9400 | 1.0895 | 1.0000 | |
| 22 | DESIVIO OLMOS | 1.0670 | 1.0554 | 1.0607 | 1.0567 | 1.0520 | 1.0192 | 0.9857 | 0.9187 | 0.9394 | 0.9597 | 0.9510 | 0.8440 | 1.0000 | |

Anexo 35: Tasa de crecimiento de vehículos ligeros y pesados

| Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros | |
|--|--------------|
| | TC |
| Amazonas | 0.62% |
| Ancash | 0.59% |
| Apurímac | 0.59% |
| Arequipa | 1.07% |
| Ayacucho | 1.18% |
| Cajamarca | 0.57% |
| Callao | 1.56% |
| Cusco | 0.75% |
| Huancavelica | 0.83% |
| Huánuco | 0.91% |
| Ica | 1.15% |
| Junín | 0.77% |
| La Libertad | 1.26% |
| Lambayeque. | 0.97% |
| Lima Provincia | 1.45% |
| Lima | 1.45% |
| Loreto | 1.30% |
| Madre de Dios | 2.58% |
| Moquegua | 1.08% |
| Pasco | 0.84% |
| Piura. | 0.87% |
| Puno. | 0.92% |
| San Martín | 1.49% |
| Tacna | 1.50% |
| Tumbes | 1.58% |
| Ucayali | 1.51% |

| Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados | |
|--|--------------|
| | PBI |
| Amazonas | 3.42% |
| Ancash | 1.05% |
| Apurímac | 6.65% |
| Arequipa | 3.37% |
| Ayacucho | 3.60% |
| Cajamarca | 1.29% |
| Cusco | 4.43% |
| Huancavelica. | 2.33% |
| Huánuco | 3.85% |
| Ica | 3.54% |
| Junín | 3.90% |
| La Libertad | 2.83% |
| Lambayeque | 3.45% |
| Callao | 3.41% |
| Lima Provincia | 3.07% |
| Lima | 3.69% |
| Loreto | 1.29% |
| Madre de Dios | 1.98% |
| Moquegua | 0.27% |
| Pasco | 0.36% |
| Piura | 3.23% |
| Puno | 3.21% |
| San Martín | 3.84% |
| Tacna | 2.88% |
| Tumbes | 2.60% |
| Ucayali | 2.77% |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "ESTUDIO COMPARATIVO PARA ESTABILIZAR LA SUBRASANTE CON CENIZAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y ADITIVO QUÍMICO, AV. CORDILLERA OCCIDENTAL – CHORRILLOS – LIMA, 2021", cuyos autores son DOMINGUEZ CARRASCO CAMPAÑOLLY IVAN, BARTOLO MEDINA FRANK KEVIN, constato que la investigación cumple con el índice de 28.00% de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 20 de Diciembre del 2021

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|---|
| PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO DNI: 07732471 ORCID 0000-0002-9573-0182 | Firmado digitalmente por: RPINTOBA el 21-12-2021 00:35:42 |

Código documento Trilce: TRI - 0237982