

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



TESIS

**DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE
DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR
DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL**

AUTOR:

Bach. NATEROS ENRIQUEZ, Karina Roxana

ASESOR:

Ing. CÓRDOVA ZORRILLA, Nataly Lucia

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

TRANSPORTE Y URBANISMO

**HUANCAYO – PERÚ
2023**

ASESOR

Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla

Dedicatoria

- A nuestro padre eterno y a mis padres por todo el apoyo que me han brindado para llegar a cumplir mis sueños.

Bach. NATEROS ENRIQUEZ, Karina Roxana

Agradecimiento

- A todos los docentes y profesionales que ayudaron en la realización de la presente investigación, mi agradecimiento eterno con ellos.

Bach. NATEROS ENRIQUEZ, Karina Roxana

CONSTANCIA 154

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final de tesis titulado: "DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE".

Cuyo autor (a) : Karina Roxana, Nateros Enríquez.

Facultad : Ingeniería

Escuela Profesional : Ingeniería Civil

Asesor (a) (es) : Ing. Nataly Lucía, Córdova Zorrilla.

Que, fue presentado con fecha 23.03.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 24.03.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **30%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 24 De Marzo del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Dario Tapia Silguera
Decano

Mg. Jesús Iden Cárdenas Capcha
Jurado

Mg. Lourdes Graciela Poma Bernaola
Jurado

Mg. Jeannelle Sofia Herrera Montes
Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario docente

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
RESUMEN	16
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO I	22
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	22
1.1. Planteamiento del Problema	22
1.2. Formulación y sistematización del problema	26
1.2.1. Problema general	26
1.2.2. Problemas específicos	26
1.3. Justificación	27
1.3.1. Social	27
1.3.2. Teórica	27
1.3.3. Metodológica	28
1.4. Delimitaciones	28
1.4.1. Espacial	28
1.4.2. Temporal	30
1.4.3. Económica	30
1.5. Limitaciones	30
1.5.1. Limitaciones por el Covid-19	30
1.6. Objetivos	30
1.6.1. Objetivo general	30
1.6.2. Objetivos específicos	30
CAPÍTULO II	32
MARCO TEÓRICO	32
2.1. Antecedentes	32
2.1.1. Antecedentes internacionales	32
2.1.2. Antecedentes nacionales	39
2.2. Marco conceptual	48
	vii

2.2.1. SUELOS COHESIVOS	48
2.2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS	51
2.2.3. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS SUELOS	62
2.2.4. SUBRASANTE	64
2.2.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	68
2.3. Definición de términos:	75
2.4. Hipótesis	77
2.4.1. Hipótesis general	77
2.4.2. Hipótesis específicas	77
2.5. Variables	77
2.5.1. Definición conceptual de la variable	77
2.5.2. Definición operacional de la variable	78
2.5.3. Operacionalización de la variable	79
CAPITULO III	81
METODOLOGÍA	81
3.1. Método de investigación	81
3.2. Tipo de investigación	81
3.3. Nivel de investigación	82
3.4. Diseño de investigación	82
3.5. Población y muestra	83
3.5.1. Población	83
3.5.2. Muestra	84
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	84
3.6.1. Técnicas	84
3.6.2. Instrumentos	104
3.7. Procesamiento de la información	105
3.8. Técnicas y análisis de datos	105
CAPÍTULO IV	106
RESULTADOS	106
4.1. Características de la subrasante investigada	106
4.2. Precipitación pluvial	109
4.2.1. Determinación de los meses más lluviosos	109

4.2.2. Determinación del número de días con precipitaciones pluviales que producen condiciones de saturación	113
4.3. Material para la sustitución de la subrasante de calidad pobre	116
4.3.1. Características del material de sustitución de la subrasante	116
4.4. Determinación de coeficientes de diseño	131
4.4.1. Características de drenaje de la capa de sustitución de subrasante	131
4.4.2. Tiempo de remoción del agua	132
4.4.2.1. Características geométricas	132
4.4.2.2. Parámetros de permeabilidad de la capa de sustitución	133
4.4.2.3. Determinación de la permeabilidad de la capa de sustitución	134
4.4.2.4. Tiempo de drenaje	135
4.4.3. Cálculo de coeficientes de diseño para la metodología AASHTO 93 (método del MTC)	136
4.4.4. Cálculo del tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	136
4.4.5. Cálculo del coeficiente de drenaje m_4	153
4.4.6. Cálculo del coeficiente estructural a_4 :	169
4.5. Cálculo de los valores de los coeficientes de diseño por la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	171
4.6. Cálculo de los valores de los coeficientes de diseño por la metodología del módulo resiliente compuesto	178
4.7. Costos de ejecución de la capa de sustitución de subrasante	186
CAPÍTULO V	191
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	191
CONCLUSIONES	198
RECOMENDACIONES	200
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202
ANEXOS	207
Anexo 01 - Matriz de consistencia - Determinación de coeficientes de diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante	208
Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables	210
Anexo 03: Ensayos de mecánica de suelos	212
Anexo 04: Evidencia fotográfica	290

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Diferencias entre arcilla y limo</i>	50
Tabla 2. <i>Clasificación de suelos según tamaño de partículas.</i>	52
Tabla 3. <i>Tamices de acuerdo a la Norma ASTM D 422</i>	52
Tabla 4. <i>Clasificación de suelos según Índice de plasticidad</i>	57
Tabla 5. <i>Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS</i>	58
Tabla 6. <i>Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282</i>	59
Tabla 7. <i>Símbolos para identificación del tipo de suelo</i>	60
Tabla 8. <i>Clasificación de suelos según SUCS</i>	61
Tabla 9. <i>Categorías de subrasante</i>	67
Tabla 10. <i>Operacionalización de las variables</i>	80
Tabla 11. <i>Diseño de la investigación.</i>	83
Tabla 12. <i>Clasificación de suelos de la subrasante</i>	108
Tabla 13. <i>Presencia de nivel freático de la subrasante</i>	108
Tabla 14. <i>Resultados del próctor modificado de la subrasante</i>	108
Tabla 15. <i>Resultados del CBR de la subrasante</i>	108
Tabla 16. <i>Precipitación total mensual acumulada – Estación Santa Ana</i>	112
Tabla 17. <i>Número de días con precipitaciones ≥ 10 mm en Chilca-Huancayo</i>	115
Tabla 18. <i>Límites de consistencia – Cantera La Huaycha</i>	118
Tabla 19. <i>Clasificación de suelos – Cantera La Huaycha</i>	118
Tabla 20. <i>Porcentajes por tamaños – Cantera La Huaycha</i>	118
Tabla 21. <i>Abrasión Los Ángeles – Cantera La Huaycha</i>	119
Tabla 22. <i>Equivalente de Arena – Cantera La Huaycha</i>	119
Tabla 23. <i>Próctor modificado – Cantera La Huaycha</i>	119
Tabla 24. <i>CBR – Cantera La Huaycha</i>	119
Tabla 25. <i>Límites de consistencia – Cantera Concepción</i>	120
Tabla 26. <i>Clasificación de suelos – Cantera Concepción</i>	120
Tabla 27. <i>Porcentajes por tamaños – Cantera Concepción</i>	120
Tabla 28. <i>Abrasión Los Ángeles – Cantera Concepción</i>	121
Tabla 29. <i>Equivalente de Arena – Cantera Concepción</i>	121
Tabla 30. <i>Próctor modificado – Cantera Concepción</i>	121

Tabla 31: <i>CBR – Cantera Concepción</i>	121
Tabla 32: <i>Límites de consistencia – Cantera Sausa</i>	122
Tabla 33: <i>Clasificación de suelos – Cantera Sausa</i>	122
Tabla 34: <i>Porcentajes por tamaños – Cantera Sausa</i>	122
Tabla 35: <i>Abrasión Los Ángeles – Cantera Sausa</i>	123
Tabla 36: <i>Equivalente de Arena – Cantera Sausa</i>	123
Tabla 37: <i>Próctor modificado – Cantera Sausa</i>	123
Tabla 38: <i>CBR – Cantera Sausa</i>	123
Tabla 39: <i>Límites de consistencia – Cantera Jauja</i>	124
Tabla 40: <i>Clasificación de suelos – Cantera Jauja</i>	124
Tabla 41: <i>Porcentajes por tamaños – Cantera Jauja</i>	124
Tabla 42: <i>Abrasión Los Ángeles – Cantera Jauja</i>	125
Tabla 43: <i>Equivalente de Arena – Cantera Jauja</i>	125
Tabla 44: <i>Próctor modificado – Cantera Jauja</i>	125
Tabla 45: <i>CBR – Cantera Jauja</i>	125
Tabla 46: <i>Resumen de valores de CBR por cantera</i>	126
Tabla 47: <i>Resumen de índice de plasticidad por cantera</i>	128
Tabla 48: <i>Resumen de índice de plasticidad por cantera</i>	129
Tabla 49: <i>Resumen de la densidad seca y peso específico de sólidos por cantera</i>	134
Tabla 50: <i>Tabla de calificación del porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación</i>	136
Tabla 51: <i>Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 30 cm)</i>	138
Tabla 52: <i>Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 30 cm)</i>	139
Tabla 53: <i>Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 35 cm)</i>	140
Tabla 54: <i>Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 35 cm)</i>	141
Tabla 55: <i>Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 40 cm)</i>	142
Tabla 56: <i>Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 40 cm)</i>	143
Tabla 57: <i>Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 45 cm)</i>	144

Tabla 58: <i>Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 45 cm)</i>	145
Tabla 59: <i>Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 50 cm)</i>	146
Tabla 60: <i>Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 50 cm)</i>	147
Tabla 61: <i>Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 55 cm)</i>	148
Tabla 62: <i>Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 55 cm)</i>	149
Tabla 63: <i>Cálculo del coeficiente de drenaje m_4 (espesor = 30 cm)</i>	154
Tabla 64: <i>Cálculo del coeficiente de drenaje m_4 (espesor = 35 cm)</i>	155
Tabla 65: <i>Cálculo del coeficiente de drenaje m_4 (espesor = 40 cm)</i>	156
Tabla 66: <i>Cálculo del coeficiente de drenaje m_4 (espesor = 45 cm)</i>	157
Tabla 67: <i>Cálculo del coeficiente de drenaje m_4 (espesor = 50 cm)</i>	158
Tabla 68: <i>Cálculo del coeficiente de drenaje m_4 (espesor = 55 cm)</i>	159
Tabla 69: <i>Resumen del coeficiente de drenaje m_4 por cada cantera</i>	164
Tabla 70: <i>Resumen del coeficiente K y el coeficiente de drenaje m_4 por cada cantera</i>	168
Tabla 71: <i>Resumen del coeficiente estructural a_4 por cada cantera</i>	170
Tabla 72: <i>Cálculo del espesor de sustitución mediante la metodología del MTC (AASHTO 93)</i>	173
Tabla 73: <i>Cálculo del espesor de sustitución mediante la metodología del módulo resiliente compuesto</i>	181
Tabla 74: <i>Comparativo de espesores calculados por ambos métodos</i>	183
Tabla 75: <i>Análisis de precios unitarios – Espesor = 25 cm</i>	186
Tabla 76: <i>Análisis de precios unitarios – Espesor = 30 cm</i>	187
Tabla 77: <i>Análisis de precios unitarios – Espesor = 50 cm</i>	187
Tabla 78: <i>Análisis de precios unitarios – Espesor = 55 cm</i>	188
Tabla 79: <i>Comparativo de espesores calculados por ambos métodos</i>	189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Vías pavimentadas y no pavimentadas en la ciudad de Huancayo y distritos</i>	23
Figura 2: <i>Partida de Mejoramiento de subrasante</i>	25
Figura 3: <i>Ubicación y Localización.</i>	29
Figura 4: <i>Origen de la cohesión en suelos arcillosos</i>	49
Figura 5: <i>Carta de plasticidad</i>	60
Figura 6: <i>Principios de compactación</i>	62
Figura 7: <i>Ubicación del Jr. Integración (Chilca)</i>	84
Figura 8: <i>Análisis granulométrico agregado fino.</i>	88
Figura 9: <i>Análisis granulométrico agregado grueso</i>	90
Figura 10: <i>Límite plástico</i>	92
Figura 11: <i>Contenido de humedad</i>	94
Figura 12: <i>Proctor modificado</i>	100
Figura 13: <i>California bearing ratio (CBR)</i>	104
Figura 14: <i>Subrasante del Jr. Integración – Chilca.</i>	107
Figura 15: <i>Ubicación de estaciones meteorológicas utilizadas</i>	111
Figura 16: <i>Ubicación de canteras de material de sustitución</i>	117
Figura 17: <i>Diseño geométrico vial del Jr. Integración</i>	132
Figura 18: <i>Pendiente longitudinal del Jr. Integración</i>	133
Figura 19: <i>Correlación entre valor de CBR y coeficiente estructural</i>	169
Figura 20: <i>Estratos analizados de acuerdo al método del módulo resiliente compuesto</i>	180
Figura 21: <i>Medición de Jr. Integración</i>	291
Figura 22: <i>Ubicación de Jr. Integración</i>	291
Figura 23: <i>Medición del diseño geométrico de Jr. Integración</i>	292
Figura 24: <i>Medición de Jr. Sucre</i>	292
Figura 25: <i>Tomando datos</i>	293
Figura 26: <i>Ubicación de Jr. Integración y Francisco Toledo</i>	293

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: <i>Meses con mayores precipitaciones en Chilca, Huancayo</i>	113
Gráfico 2: <i>Comparativo del valor de CBR por cantera</i>	127
Gráfico 3: <i>Comparativo del valor de IP por cantera</i>	128
Gráfico 4: <i>Comparativo desgaste Los Ángeles por cantera</i>	130
Gráfico 5: <i>Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 30 cm</i>	150
Gráfico 6: <i>Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 35 cm</i>	151
Gráfico 7: <i>Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 40 cm</i>	151
Gráfico 8: <i>Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 45 cm</i>	152
Gráfico 9: <i>Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 50 cm</i>	152
Gráfico 10: <i>Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 55 cm</i>	153
Gráfico 11: <i>Comparativo coeficiente m^4 para un espesor de 30 cm</i>	160
Gráfico 12: <i>Comparativo coeficiente m^4 para un espesor de 30 cm</i>	161
Gráfico 13: <i>Comparativo coeficiente m^4 para un espesor de 30 cm</i>	161
Gráfico 14: <i>Comparativo coeficiente m^4 para un espesor de 30 cm</i>	162
Gráfico 15: <i>Comparativo coeficiente m^4 para un espesor de 30 cm</i>	162
Gráfico 16: <i>Comparativo coeficiente m^4 para un espesor de 30 cm</i>	163
Gráfico 17: <i>Relación de espesor de capa y tiempo de drenaje por cantera</i>	166
Gráfico 18: <i>Relación de espesor de capa y tiempo de drenaje por cantera</i>	167
Gráfico 19: <i>Relación entre el coeficiente K y el coeficiente de drenaje m^4</i>	168
Gráfico 20: <i>Relación entre el coeficiente K y el coeficiente de drenaje m^4</i>	171
Gráfico 21: <i>Comparativo de SN sustitución por cantera</i>	175
Gráfico 22: <i>Comparativo de diferencias de SN por cantera</i>	176
Gráfico 23: <i>Comparativo de diferencias de SN por cantera</i>	177
Gráfico 24: <i>Comparativo de diferencias de SN por cantera</i>	182
Gráfico 25: <i>Comparativo de espesores de sustitución cantera La Huaycha</i>	184
Gráfico 26: <i>Comparativo de espesores de sustitución cantera Concepción</i>	184
Gráfico 27: <i>Comparativo de espesores de sustitución cantera Sausa</i>	185
Gráfico 28: <i>Comparativo de espesores de sustitución cantera Jauja</i>	185
Gráfico 29: <i>Comparativo de costos por metro cuadrado</i>	190

RESUMEN

En la presente investigación el problema general fue: ¿Cuál es el resultado de determinar los coeficientes de diseño para calcular el espesor de sustitución de subrasante por la metodología del MTC y por la metodología del módulo resiliente compuesto?, el objetivo general fue: Determinar el resultado de los coeficientes de diseño para calcular el espesor de sustitución de subrasante por la metodología del MTC y por la metodología del módulo resiliente compuesto, la hipótesis general fue: Al utilizarse las metodologías de cálculo del espesor de sustitución de subrasante, se obtienen espesores adecuados, en términos de soporte de cargas y características particulares de los suelos.

El método de investigación fue el científico, el tipo de esta investigación fue aplicada y el nivel fue descriptivo, el diseño de investigación fue transeccional descriptivo, la población fue el Jr. Integración del Sector 9 de octubre, del distrito de Chilca-Huancayo, la muestra fue del tipo no probabilístico o dirigido y viene a estar conformada por tres calicatas, el resultado fue: El método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos, es el más conservador y analista, al considerar parámetros para su cálculo, ya que la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es basado en el método AASHTO 93.

La conclusión es que en base a los resultados obtenidos se determina que, al utilizarse las metodologías de cálculo del espesor de sustitución de subrasantes, sea la del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) o por el módulo resiliente compuesto, se obtienen espesores adecuados, en términos de soporte de cargas y características particulares de los suelos, lo cual incide en la calidad de la estructura del pavimento de la vía.

La recomendación es realizar el estudio de materiales de cantera para otras capas de la estructura del pavimento, como sub bases y base granulares, propias para cada realidad.

Palabras claves: **Coefficientes de diseño, Estabilización de subrasante, Espesor de sustitución de suelo.**

ABSTRACT

In the present investigation, the general problem was: What is the result of determining the design coefficients to calculate the substitution thickness of subsurfaces by the MTC methodology and by the composite resilient module methodology in the Chilca district?, the objective The general hypothesis was: To determine the result of the design coefficients to calculate the subgrade substitution thickness by the MTC methodology and by the composite resilient modulus methodology, the general hypothesis was: When using the subgrade substitution thickness calculation methodologies , adequate thicknesses are obtained, in terms of load support and particular characteristics of the soils.

The research method was scientific, the type of this research was applied and the level was descriptive, the research design was descriptive-correlational, the population was the Jr. Integración del Sector 9 de Octubre, from the district of Chilca-Huancayo, The sample was of the non-probabilistic or directed type and is made up of three pits, the result was: The AASHTO 93 method for pavement design is the most conservative and analytical, when considering parameters for its calculation, since the methodology of the Ministry of Transport and Communications, is based on the AASHTO 93 method.

The conclusion is that based on the results obtained, it is determined that, when using the subsurface substitution thickness calculation methodologies, whether that of the Ministry of Transport and Communications (MTC) or by the composite resilient modulus, adequate thicknesses are obtained, in terms of load support and particular characteristics of the soils, which affects the quality of the road pavement structure.

The recommendation is to carry out the quarry materials for other layers of the study pavement structure, such as sub-bases and granular bases, specific to each reality.

Keywords: Design coefficients, Subgrade stabilization, Soil substitution
thickness.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: “Determinación de coeficientes de diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante”; nace de la problemática que se tiene en relación al cálculo de los espesores de sustitución o mejoramiento o reemplazo del material de subrasantes pobres con un valor de CBR menor a 6%, requiriéndose conocer cuáles son las metodologías y coeficientes de diseño, para un cálculo real y adecuado de esta capa, ya que el MTC solo recomienda un valor estándar de espesor, en función del tráfico que soportará la vía.

En base a lo mencionado se realizaron ensayos de laboratorio a fin de determinar las características particulares de cada cantera que proporciona material para la sustitución de la subrasante para el distrito de Chilca, considerándose al Jr. Integración, para realizar la investigación correspondiente.

Para una mejor comprensión, la presente investigación se ha dividido en los siguientes capítulos:

El Capítulo I: Problema de investigación, donde se considera el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones de la investigación, limitaciones y los objetivos tanto general como específico.

El Capítulo II: Marco teórico, contiene las antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.

El Capítulo III: Metodología, consigna el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, la población y muestra,

técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: Resultados, desarrollado en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.

El Capítulo V: Discusión de resultados, en el cual se realiza la discusión de los resultados obtenidos en la investigación frente a los antecedentes utilizados.

Por último, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

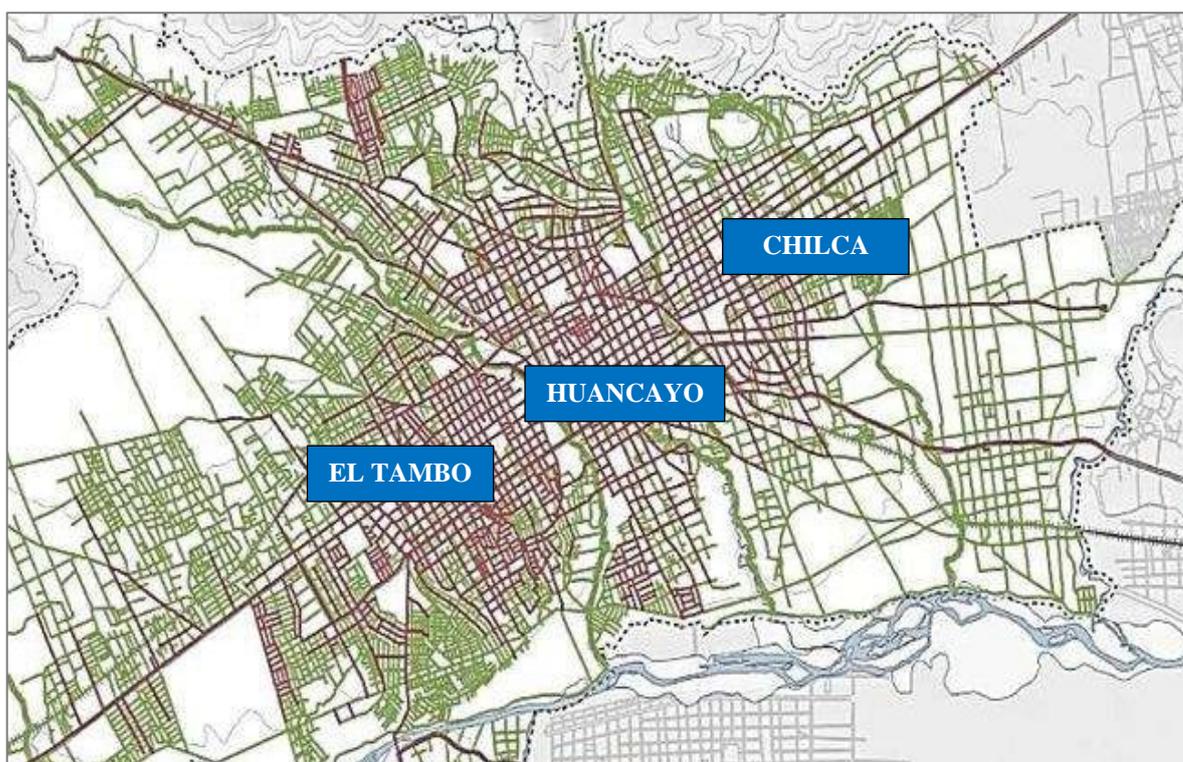
Las obras viales son muy importantes para el desarrollo de las naciones, en ese sentido, año tras año se destinan recursos económicos para la generación y construcción de este tipo de proyectos, sin embargo, existen diferentes tipos de escenarios donde se ejecutarán las carreteras o vías urbanas, teniendo que considerarse las particularidades de estos en los diseños que realicemos, como indica (Hernández, Mejía, Celaya, 2016, p. 1) que: “Cuando se presenta este tipo de problemas es necesario pensar en darle una solución, muy a menudo lo que más se utiliza es el desalojo de todo el material arcilloso y reemplazarlo por otro tipo de suelo adecuado para el fin de una obra de construcción vial.”

El Perú no es ajeno a esta situación por lo que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de su Manual de Carreteras, Sección Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, contempla el Capítulo IX, en el cual indica diversas metodologías para la estabilización de subrasantes.

En la ciudad de Huancayo, a fecha actual, se tienen aún muchas vías sin pavimentar, tal como se puede visualizar en la figura siguiente, las cuales requieren

de este tipo de proyectos a fin de lograr el desarrollo de cada uno de los distritos, ya que, se requiere de ciudades con sistemas viales adecuadamente integrados que generen anillos viales generadores de comercio, así como los proyectos de pavimentación, mejoran la calidad de vida de los beneficiarios incluso elevando el valor de sus predios.

Figura 1: *Vías pavimentadas y no pavimentadas en la ciudad de Huancayo y distritos*



Fuente: Propuesta de Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Huancayo para los años 2015 al 2025

En la figura anterior, se pueden visualizar en color verde, las vías que aún no cuentan con algún tipo de pavimentación, conformando estas, el mayor porcentaje de vías en los distritos de Huancayo, El Tambo y Chilca.

En la actualidad, en el distrito de Chilca de la provincia de Huancayo, a fin de generar el desarrollo del distrito, se vienen ejecutando proyectos de pavimentaciones en vías urbanas, los suelos de subrasantes de este distrito, están

conformados por suelos clasificados como arcillas y limos, los cuales conforman clasificaciones de subrasante como insuficientes e inadecuadas, por lo que estas, de acuerdo a la normatividad vigente en la materia, no pueden ser utilizadas directamente como terreno de fundación, requiriendo de algún método de estabilización de suelos para tal fin.

En ese sentido, la técnica local del distrito, de una manera empírica, al encontrar estos tipos de subrasante, plantea el “mejoramiento de la subrasante” por el método de sustitución de suelos, lo cual consiste en colocar una capa de material granular, considerándose, para todos los casos, un espesor estándar de 15 cm, tanto para pavimentos flexibles como para pavimentos rígidos, sin mayores sustentos o diseños estructurales.

Esto se puede sustentar en la siguiente figura, la cual se ha obtenido del expediente técnico del proyecto de inversión: “Mejoramiento de vías del Barrio Pishupyacun, Jr. Santa Rosa, Jr. La Mar, Jr. Garcilaso de la Vega, Jr. Pumacahua y Psjes. Torres, San Antonio, Ancalá, Diego Ferrer, Elías Aguirre y Guido, Distrito de Chilca - Huancayo – Junín”, donde se puede apreciar que se ha considerado, este espesor estándar de 0.15 m (15 cm), tal como se aprecia a continuación:

Figura 2: Partida de Mejoramiento de subrasante

03.03	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE							
03.03.01	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO P/MEJ. DE S.R.	M3						642.72
	Jr. Pumacahua (tramo 1)		1.20	85.50	8.00	0.15		123.12
	Jr. Pumacahua (tramo 2)		1.20	41.88	8.00	0.15		60.31
	Jr. Pumacahua (tramo 3)		1.20	160.00	8.00	0.15		230.40
	Jr. Pumacahua (tramo 4)		1.20	158.95	8.00	0.15		228.89
03.03.02	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACION (MEJ. SUBRASANTE)	M2						3,570.64
	Jr. Pumacahua (tramo 1)		1.00	85.50	8.00			684.00
	Jr. Pumacahua (tramo 2)		1.00	41.88	8.00			335.04
	Jr. Pumacahua (tramo 3)		1.00	160.00	8.00			1,280.00
	Jr. Pumacahua (tramo 4)		1.00	158.95	8.00			1,271.60

Fuente: Expediente Técnico del PI: “Mejoramiento de vías del Barrio Pishupyacun, Jr. Santa Rosa, Jr. La Mar, Jr. Garcilaso de la Vega, Jr. Pumacahua y Psjes. Torres, San Antonio, Ancalá, Diego Ferrer, Elías Aguirre y Guido, Distrito de Chilca - Huancayo – Junín”

Este planteamiento empírico, carece de un sustento técnico, ya que, al revisar el Manual de Carreteras, Sección Suelos Geología Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su capítulo IX: Estabilización de Suelos, se puede apreciar que cuando se elige utilizar un método de estabilización mecánica, en este caso por sustitución de suelos, se establece un procedimiento para el cálculo del espesor de reemplazo de material de subrasante, en función del valor de soporte o resistencia del suelo y del tráfico que transita por la vía.

Asimismo, este método del MTC basado en el AASHTO 1993, no es el único método para determinar el espesor de sustitución de subrasante, existe también el método del módulo resiliente compuesto recomendado por el AASTHO 2002, el cual puede incluso optimizar el diseño del MTC.

Por lo tanto, como se puede apreciar, el procedimiento utilizado actualmente en el distrito de Chilca, carece de criterio técnico, lo cual produce que los proyectos

de pavimentaciones no tengan la calidad adecuada, no cumpliendo adecuadamente su periodo de diseño; en ese sentido, la presente investigación ha buscado obtener, los parámetros de diseño propios para el cálculo de los espesores de reemplazo de la subrasante, en función de los diferentes valores reales que presentan los suelos de las canteras que abastecen a las obras viales del distrito de Chilca y se realice un procedimiento técnico adecuado a la realidad del distrito en pro de generar obras de mayor calidad, en base a la metodología más adecuada, ya sea la del MTC o la del módulo resiliente compuesto.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de determinar los coeficientes de diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasantes por la metodología del MTC y por la metodología del módulo resiliente compuesto?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Qué resultado se obtiene al utilizar los coeficientes de diseño por la metodología del MTC para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante?
- b. ¿Qué resulta de la utilización de los coeficientes de diseño por la metodología del módulo resiliente compuesto para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante?
- c. ¿De qué manera inciden los coeficientes de diseño en el costo de ejecución de colocación de capas de sustitución de subrasante?

1.3. Justificación

1.3.1. Social

En cuanto a la justificación práctica o social de la presente investigación, tal como se señala a continuación:

La justificación práctica existe cuando se aporta información útil que puede resolver problemas de la ingeniería de transportes, en todos sus ámbitos, evitar consecuencias negativas, prevenir, corregir errores, reducir costos, mejorar la eficacia, mejorar la eficiencia, información útil para resolver problemas de gestión empresarial cotidianos o latentes, entre otros. (Ccanto, 2010, p. 130)

En ese sentido, la presente investigación busca mejorar la calidad de las pavimentaciones en vías urbanas del distrito de Chilca, Huancayo, a fin de obtener espesores de sustitución de suelos más adecuados en lo que se refiere a su comportamiento estructural y calidad requerida, realizando un comparativo entre el método del MTC y el método del módulo resiliente compuesto.

1.3.2. Teórica

En cuanto a la justificación teórica de la presente investigación, tal como se señala a continuación:

La justificación teórica existe cuando se aporta un nuevo conocimiento científico, nuevos conceptos, nuevas teorías, nuevas formas de entender los problemas de la ingeniería de transportes, adaptaciones teóricas a nuevos contextos, entender problemas viejos con nuevas formas creativas, ampliar conceptos o corregir ambigüedades en la teoría, nuevas

aplicaciones de conceptos y teorías a otras realidades, etc. (Ccanto, 2010, p. 130)

En ese sentido, la investigación contribuye con información local referida a los parámetros de cálculo de espesores de sustitución del material de subrasante, realizando un comparativo entre el método del MTC y el método del módulo resiliente compuesto, lo cual servirá para ser utilizado en el diseño de pavimentos en el distrito de Chilca, con características propias.

1.3.3. Metodológica

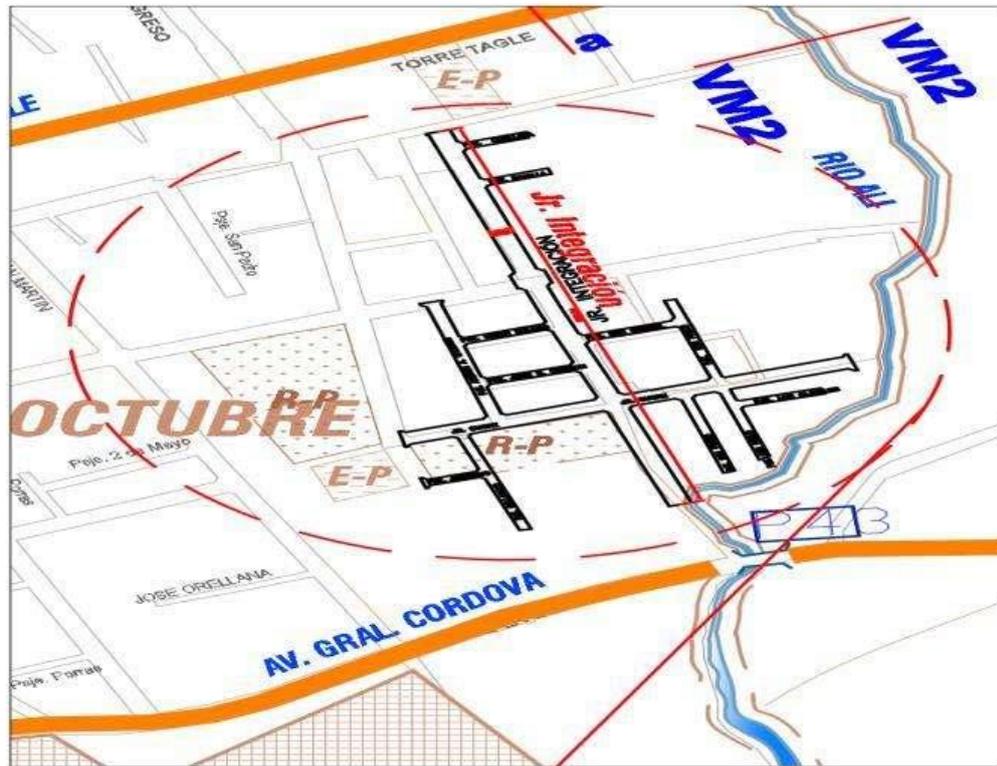
La presente investigación propone una metodología para determinar los espesores de la capa de sustitución de la subrasante, conociéndose los parámetros de cálculo propios para el distrito de Chilca, por lo cual, este procedimiento podrá ser replicado para los proyectos que se realicen en este distrito.

1.4. Delimitaciones

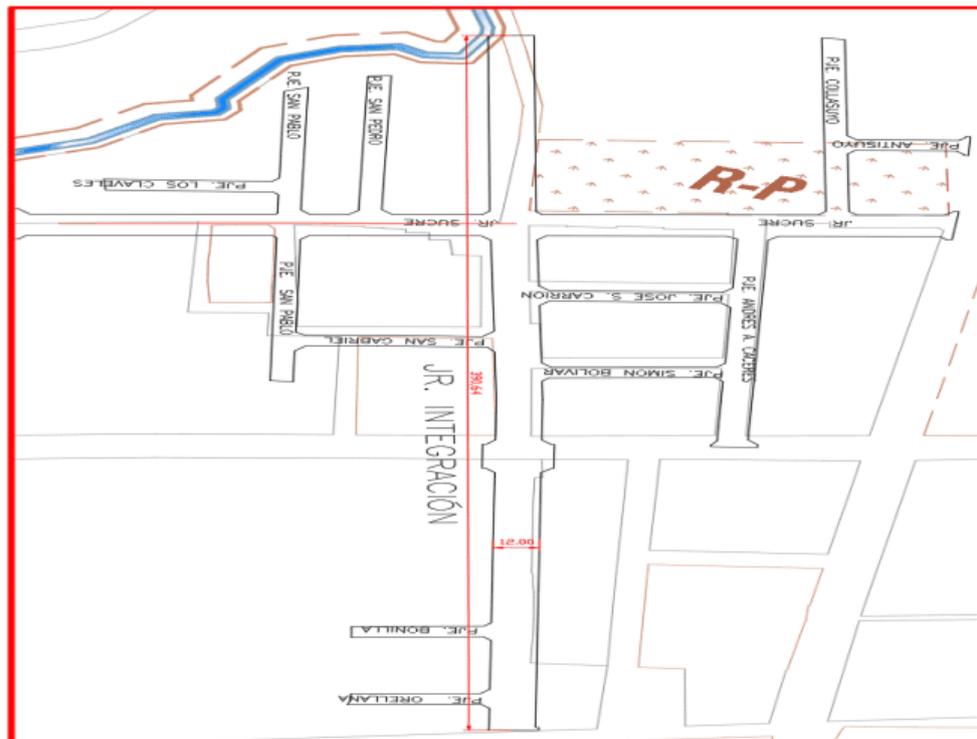
1.4.1. Espacial

En la presente investigación se tiene como delimitación espacial, la el Jr. Integración del Sector 9 de Octubre del distrito de Chilca, de la provincia de Huancayo, vía en la cual se cuentan con subrasantes clasificadas como pobres con un valor de CBR menor al 6% para el 95% de la máxima densidad seca y al 0.1” de penetración.

Figura 3: *Ubicación y Localización.*



JR. INTEGRACIÓN
PLANO DE UBICACION



JR. INTEGRACIÓN
PLANO DE LOCALIZACION

Fuente: Elaboración propia.

1.4.2. Temporal

La presente investigación se desarrolló entre los meses de octubre del 2020 hasta el mes de marzo del año 2021.

1.4.3. Económica

Los costos presentados en esta investigación fueron asumidos en su totalidad por el investigador.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitaciones por el Covid-19

En la presente investigación se tuvo demoras y contratiempos, debido a la coyuntura de la pandemia por la Covid-19 y la restricción social y toques de queda, para la verificación de las canteras y la ejecución de los ensayos de laboratorio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar el resultado de los coeficientes de diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante por la metodología del MTC y por la metodología del módulo resiliente compuesto.

1.6.2. Objetivos específicos

- a. Establecer el resultado de utilizar los coeficientes de diseño por la metodología del MTC para cálculo del espesor de sustitución de subrasante.
- b. Calcular el resultado de la utilización de los coeficientes de diseño por la metodología del módulo resiliente para cálculo del espesor de sustitución de subrasante.

- c. Evaluar la manera en que inciden los coeficientes de diseño en el costo de ejecución de colocación de capas de sustitución de subrasante.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Álzate (2019) en su trabajo de investigación “**Mejoramiento de subrasantes en vías de tercer orden**” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Libre Seccional Pereira (Colombia), considera como problema general: ¿Cuál es el porcentaje óptimo de cemento que garantice mayor resistencia en la estabilización de subrasantes?, como objetivo general: Evaluar el cemento como aditivo estabilizante en la capa de subrasante para la vía Llano Grande jurisdicción del Municipio de Pereira-Rísaralda.

La solución es determinación del porcentaje de cemento de mayor eficiencia, mediante la realización de ensayos de resistencia a la compresión no confinada de cilindros moldeados de suelo-cemento, se concluye que el porcentaje óptimo con el que se obtuvo mayor resultado

fue con el 13%. Dependiendo de la resistencia necesaria, se deja una carta de correlación para los estratos de estudio, donde se puede apreciar el porcentaje de cemento y la resistencia a la compresión esperada, se aprecia un aumento de manera lineal.

Los resultados para hacer la estabilización con cemento, el índice de plasticidad no debe ser superior al 30 %, ideal para suelos con pasante tamiz 200 del 3.5 al 5 %. El cemento es un material más fino que los suelos de estudio, se adhiere y envuelve las partículas, la pasta los cementa en su punto de contacto generando mayor impermeabilidad, debido a este proceso los cambios volumétricos por presencia de agua se reducen. Al aumentar el porcentaje de cemento se debe hacer un aumento en el porcentaje de humedad, debido a que el cemento tiene una reacción que libera calor, por lo que se produce una pérdida en el porcentaje de humedad. Los porcentajes se tiene en cuenta por peso de muestra.

El aporte de esta investigación es un método más económico que aporte garantías en la durabilidad de las vías terciarias, de tal manera que se evita incurrir en problemáticas socio-económicas.

Ayala (2013) en su trabajo de investigación: “Acondicionamiento de un equipo triaxial cíclico para la estimación de módulo resiliente, utilizado en el Diseño de Pavimentos” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad de San Francisco (Ecuador), considera como problemática: El diseño de pavimentos confiables y duraderos es una de los principales objetivos de la ingeniería de transporte. El presente trabajo tiene como objetivo principal el acondicionamiento de un equipo triaxial cíclico adquirido por

un laboratorio particular para la realización de ensayos de módulo resiliente, lo que permitirá obtener datos más precisos y acordes a la realidad del Ecuador.

La solución de esta tesis, se han elaborado varios conceptos que permiten entender de mejor manera el comportamiento del pavimento ante las cargas que son sometidos por parte del tráfico y las inclemencias de la naturaleza y del tiempo. Uno de estos conceptos es el de módulo resiliente. Sin embargo, la falta de equipos para llevar a cabo el ensayo en el Ecuador ha obligado a limitar el diseño al uso de correlaciones en base a otros ensayos, como el CBR.

Los resultados dan a conocer que el módulo resiliente es una técnica que simula la carga producida por el tráfico y permite aproximar el comportamiento del pavimento ante la naturaleza repetitiva de estos esfuerzos. El aporte debido a que las correlaciones son una medida indirecta de las propiedades resilientes de los materiales usados para la fabricación de pavimentos en Ecuador, se vuelve de gran importancia la adquisición de estos equipos en los laboratorios locales para tener datos más confiables y apegados a la realidad.

Pico (2016) en su trabajo de investigación “Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de teligote y masabachos de la parroquia Benítez Cantón San Pedro De Pelileo, Con Cal Y Cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica De Ambato (Ecuador), considera como problemática que: “¿Cuál es el resultado de

diseñar la vía de las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez con su respectiva estabilización?”, asimismo, plantea como objetivo general: “Diseñar la vía de las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez con su respectiva estabilización”, el enfoque de la investigación fue cuantitativo y el tipo exploratorio-experimental.

La solución: La presente investigación sobre la estabilización con cal y cloruro de sodio fue llevada a cabo en base a información bibliográfica sobre estos materiales como agentes de estabilización, técnicas poco implementadas en Ecuador. Los valores de CBR obtenidos en la mezcla suelo – cloruro de sodio y suelo – cal generados para la presente investigación, servirán como parámetros para comparar las mejoras que se pueden obtener al adicionar un agente estabilizador a un suelo inestable. El resultado de la tesis mediante los ensayos determinó que el material más eficiente para llevar a cabo la estabilización del tipo de suelo encontrado en la vía, es la cal ya que ésta representa un aumento del más del 100% en lo que respecta al valor de CBR.

El aporte que ofrece la investigación tiene vital importancia ya que la parroquia de Benítez está en proceso de crecimiento y es importante buscar la manera de satisfacer las necesidades de accesibilidad, comercialización, para mejorar la calidad de vida de los habitantes que se beneficiaran con la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos.

Borbor y Collantes (2019) en su trabajo de investigación: “Estabilización o mejoramiento de la capacidad portante de los suelos de la subrasante de carretera utilizando diferentes proporciones de

arenas asfálticas de yacimientos naturales de la Península de Santa Elena” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Benemérita Universidad Estatal Península De Santa Elena (Ecuador), considera como problemática que: “Los suelos son la base fundamental para cualquier tipo de construcción, por tal motivo, las características que se presenta deben cumplir con los requerimientos que garanticen la integridad y el tiempo de vida útil de la obra a ejecutar. En la construcción de caminos y carreteras el suelo de subrasante debe ser capaz de resistir las cargas producto del tráfico y el propio peso de la estructura del pavimento. Generalmente, el suelo que se encuentra en el terreno natural no cumple con lo establecido en las normas vigentes, por lo que, es necesario realizar una estabilización. Plantea como problema general: “¿Cuál es el resultado de analizar y evaluar el comportamiento del suelo de subrasante del barrio Nueva Jerusalén, sector Velasco Ibarra del cantón La Libertad, mejorando y estabilizado mediante la adición de arenas bituminosas en diferentes porcentajes para determinar la variación de sus propiedades físicas y mecánicas?”, se indica como solución ante al problema: “Se requiere analizar la variación de las propiedades físico-mecánicas, y el comportamiento del suelo de subrasante correspondiente al sector Velasco Ibarra del cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, mezclado con diferentes proporciones de arenas asfálticas, dicho material es proveniente de yacimientos naturales cercanos a la zona, por lo que se puede aprovechar este recurso y obtener resultados satisfactorios que mejoren las propiedades del suelo de la subrasante”.

Los resultados que muestra la investigación: “Las arenas asfálticas estudiadas contienen 50,04% de finos, alcanza un CBR de 9,56% y un IP = 15,82, por consiguiente, se concluye que este material no cumple con los requisitos establecidos en el MOP en la sección 402 denominada “Mejoramiento de subrasante”, tan sólo el límite líquido está por debajo del valor permitido ($LL = 21,5 < 35\%$). El valor de la capacidad portante decrece conforme el contenido de arena asfáltica aumenta, solo el terreno natural y la mezcla (90% TN - 10% AA) alcanza una capacidad portante de 23,34% y 20,58% respectivamente lo cual cumple con lo establecido en el MOP sección 402 para “Mejoramiento de subrasante”, donde se establece un CBR_{min} de 20%”.

El aporte de la investigación: “Las capas que conformen el pavimento tengan menor espesor, por tanto, se logrará que el presupuesto del proyecto disminuya en la optimización de los materiales, componentes y estructura, así mismo, garantiza una respuesta satisfactoria a las solicitudes de cargas impuestas por el tráfico, logrando que los proyectos viales cumplan con la vida útil estimada”.

Oviedo y Cardenas (2021) en su trabajo de investigación: “Evaluación del comportamiento mecánico de una subrasante mejorada con rajón de concreto reciclado, mediante una modelación a escala física y numérica, caso de estudio vías Samarkanda, Funza Cundinamarca” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad de La Salle (Colombia), considera como problemática: La implementación de residuos de concreto hidráulico en nuevas construcciones de obras civiles es una forma sostenible de aprovechar los

recursos, uno de los usos posibles es en el mejoramiento de subrasantes que tienen baja capacidad de soporte.

El objetivo de este proyecto es simular el comportamiento mecánico de una subrasante mejorada con rajón de concreto reciclado mediante una modelación a escala reducida, con el fin de encontrar la viabilidad de su aplicación.

La solución de esta investigación: “Mediante la adición de los parámetros que definen un suelo, una predicción del comportamiento mecánico que tendrá posterior a la aplicación de un mejoramiento de rajón de concreto reciclado; se evalúan las relaciones de similitud entre el ensayo de prueba de placa y penetraciones a escala reducida a nivel de laboratorio. Se evalúan 4 modelos físicos y virtuales, uno sin mejoramiento y tres con mejoramientos del 60%, 70% y 80% de rajón de concreto reciclado escalado (RCRe) respectivamente aplicados sobre la capa de la subrasante de tres muestras inalteradas, los modelos son sometidos a penetraciones con un pistón de 5cm de diámetro; de las gráficas esfuerzo vs deformación se encuentra el módulo de reacción, una vez se tienen los parámetros que caracteriza el suelo y el mejoramiento se modela en SIGMA para obtener el comportamiento mecánico de la subrasante mejorada, finalmente se evalúa la relación beneficio-costos de los tres escenarios planteados.

Los resultados son: “Es viable simular el comportamiento mecánico de una subrasante mejorada en modelos físicos a escala reducida, ya que hubo comportamientos similares a los encontrados en una prueba de carga estática y se logró obtener el módulo de reacción. Sin embargo, no es viable simular este comportamiento mediante un modelo

virtual a escala reducida y a escala real porque los valores del módulo de reacción obtenidos difieren considerablemente y los datos generados por el programa no son tan precisos y no permiten generar un módulo de reacción confiable”.

El aporte de la investigación: “El volumen de estos residuos generado en la industria de la construcción está aumentando progresivamente, la búsqueda de usos aprovechables para los RCD es un reto y un compromiso para reducir el impacto ambiental. En la actualidad se ha generado una tendencia del uso de los Residuos de construcción y demolición debida a su potencial de reutilización que según se especifica en la Resolución 0472 de 2017 es “La prolongación de la vida útil de los RCD recuperados que se utilizan nuevamente, sin que para ello se requiera un proceso de transformación”.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Arenas (2017) en su trabajo de investigación “Análisis Comparativo De Los Métodos (Aashto 93, Boussinesq, Ábacos De Colorado), Para el cálculo del espesor de mejoramiento de subrasante en la carretera Dv. Las Vegas-Tarma, Provincia de Tarma – Región Junín” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, considera como problemática: En tal medida, al realizar los trabajos de evaluación del suelo a nivel de SUBRASANTE, se detecta la existencia de suelos inadecuados de baja capacidad de soporte con presencia de humedad muy alta que resultan inadecuados, que requieren la sustitución o su respectiva

estabilización, donde la alternativa a elegir está condicionada por un análisis técnico-económico comparativo. Plantea como problema general: ¿Cuál es el resultado de comparar los métodos (AASHTO 93, BOUSSINESQ, ÁBACOS DE COLORADO), para el cálculo del espesor de mejoramiento de subrasante en la carretera Dv Las Vegas-Tarma, ¿provincia de Tarma – región Junín?, como objetivo general: “Hacer un análisis comparativo de los métodos (AASHTO 93, BOUSSINESQ, ÁBACOS DE COLORADO), para el cálculo del espesor de mejoramiento de subrasante en la carretera Dv. Las Vegas-Tarma, provincia de Tarma – región Junín”, y como solución indica que: Permitirá evaluar las características físicas y mecánicas de un tramo de carretera con el fin de determinar el espesor de mejoramiento que esta requiere a nivel de subrasante. Para lo cual se ejecutaron ensayos tanto destructivos como no destructivos. Basados en estos ensayos se procederá a realizar el cálculo del espesor de mejoramiento suficiente para obtener una buena respuesta elástica y la disipación de las cargas a la que será sometido el tramo de carretera en estudio. Dichos cálculos se realizarán a través de tres métodos que son: METODO AASHTO 93, METODO DE BOUSSINESQ Y METODO DE LOS ABACOS DEL ESTADO DE COLORADO; estos métodos analizarán los parámetros que cada uno toma en cuenta para determinar la dimensión de mejoramiento requerida para cada sector homogéneo, el cual será determinado de acuerdo a las características que presente cada tramo adyacente.

El resultado de la investigación: El método AASHTO 93 es el más conservador y analistas, ya que considera diferentes parámetros para su

cálculo, acercándose mucho a la realidad de solicitudes de carga que presenta un pavimento, proporcionándonos valores bajos sin mucho margen de seguridad, por lo que el ministerio de transportes y comunicaciones recomienda optar por valores mayores o iguales a los obtenidos por este método. El método de BOUSSINESQ nos proporciona valores que van mucho más acorde con la necesidad que se puede presentar al momento de realizar un mejoramiento, ya que nos da un cierto factor de seguridad al ser los resultados mayores a los obtenidos en el método AASHTO 93. La utilización de los Ábacos del Estado de Colorado para el cálculo de la profundidad de tratamiento del mejoramiento del suelo a nivel de subrasante, viene estando dada por el rápido cálculo que es necesario para tomar decisiones importantes en la etapa de ejecución ya que los valores proporcionados por el estudio suelen ser herrados y también por la homogeneidad que proporciona a los sectores de trabajo ya que nos da profundidades similares en tramos homogéneos que facilitan su rápida ejecución, siendo estas profundidades no muy distantes de las obtenidas por los métodos de AASHTO Y BOUSSINESQ, con aun un mayor margen de seguridad.

El aporte que brinda esta investigación es que todos los métodos son válidos y aplicables dependiendo de la condición y el tipo de proyecto que se nos presente, ya que el ministerio de transportes y comunicaciones no establece restricción alguna; además se debe cuidar de no excederse en los costos ya que la partida de mejoramiento de suelos abarca un nivel de incidencia importante en el presupuesto de una obra vial.

Santa Cruz (2019) en su trabajo de investigación “Determinación del espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana Unión, considera como problema general: “¿Se puede determinar un espesor adecuado de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos para evitar asentamientos por consolidación de suelos?”, como objetivo general: “Determinar un espesor adecuado para mejorar la subrasante con presencia de suelos blandos para evitar asentamientos por consolidación de suelos” y como hipótesis general: “Un espesor adecuado de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos disminuye la probabilidad de asentamientos por consolidación de suelos”,

La solución de la investigación: Para poder determinar el asentamiento que presenta los suelos blandos, se realizó el ensayo de consolidación y se obtuvo un asentamiento máximo de 11.98%. Al aplicar estos métodos se obtuvo espesores variantes y se obtuvo los mayores de cada progresiva. Se obtuvo que los espesores de mejoramiento serían 0.90 m, 0.95 m y 1.20 m comparando los 4 métodos y teniendo el más crítico.

Llegando como resultado principal que: “Las propiedades físicas del suelo son fundamentales para poder determinar el espesor adecuado del mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos. Entre las principales características físicas está determinar el tipo de suelo y su clasificación mediante AASHTO y SUCS. Los límites de consistencia del suelo: límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Por último, la humedad natural del suelo. Las propiedades mecánicas del suelo

comprenden, en gran parte, el mayor análisis para determinar el espesor de mejoramiento. El óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca son parámetros obtenidos del ensayo de proctor. El valor de CBR es el parámetro para determinar la resistencia del suelo ante los esfuerzos que el tránsito ejerce a la estructura del pavimento. Conociendo estos parámetros se puede determinar adecuadamente un espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos. El método a utilizar en el cálculo del espesor de un mejoramiento depende mucho de las condiciones que se puedan encontrar *Ínsitu*. Se pueden aplicar los métodos presentados en esta investigación y adoptar la que se ajuste más a las condiciones de cada suelo en estudio.

El aporte que brinda esta investigación: Se pudieron verificar algunos aspectos que se pueden mejorar para la continuidad de las futuras investigaciones alrededor del tema.

Peralta (2020) en su trabajo de investigación: “Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad de soporte mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana Los Andes, considera como problemática: ¿En qué cantidad la adición de la ceniza de gallinaza influye al mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte? en consecuencia se planteó el objetivo general: Analizar la influencia en la adición de la ceniza de gallinaza para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte, de esta forma fue adicionado distintos porcentajes de ceniza de gallinaza: 2.0%, 4.0% y 8.0% del peso seco del suelo; y la hipótesis general

que evidenció fue: La estabilización mediante la incorporación de 2%, 4% y 8% de la ceniza de gallinaza influye en el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte.

La solución del trabajo de investigación: “Se aplicaron los parámetros establecido por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC); por lo tanto, se realizó una calicata a cielo abierto y se usaron los estudios de suelo del expediente del pavimento, el cual nos sirvió como referencia para constatar la homogeneidad del suelo. Por lo tanto, fue analizado la consistencia del suelo muestreado mediante la determinación de la adhesividad del suelo mojado, por consiguiente, nos facilitó determinar un suelo desfavorable para un pavimento y para tener la certeza que es una subrasante no apta, se realizaron sus análisis mediante ensayos en el laboratorio del suelo patrón y también con la incorporación de diversos porcentajes de ceniza de gallinaza”.

Los resultados que muestran: El mejoramiento de las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte de la Av. La Esperanza no fueron favorables adicionando los porcentajes de 2.0%, 4.0% y 8.0% de ceniza de gallinaza. El suelo que conforma la subrasante de la Av. La Esperanza se clasificó como un CL y A-7-5 (20) según SUCS y AASHTO respectivamente. Según esto, todos los suelos fueron inadecuados para su uso como material de subrasante. Sin embargo, al adicionar la ceniza de gallinaza, este influyó también en su clasificación logrando así un suelo de subrasante como CH, A-7-6 (25) una arcilla de alta plasticidad con arena, esto implicó por el aumento de sus límites líquido y límites plásticos, obteniendo así un índice de plasticidad de 28%

con el porcentaje óptimo de 4% de ceniza de gallinaza, siendo así que el suelo todavía es de plasticidad alta. La misma influencia negativa se reflejó en el equivalente de arena que al 168 adicionar un 2% de ceniza de gallinaza este desciende de un 20% a un 2% de EA, el cual es suelo plástico y arcilloso; al adicionar mayor cantidad de ceniza de gallinaza de 4% y 8% se muestra el aumento de 2% a 18% EA.

Por lo tanto, no se logró un porcentaje apropiado de ceniza de gallinaza para mejorar las propiedades físicas de la subrasante.

El aporte en este estudio de investigación: “se propone un proceso para el uso de la ceniza de gallinaza en la estabilización de la subrasante de baja capacidad de soporte, que es permitido para el uso de una subrasante, por lo tanto, se ha tenido en consideración a las pruebas (ensayos) que se sometieron al suelo patrón con y sin la incorporación de la ceniza de gallinaza”.

Hidalgo y Saavedra (2020) en su trabajo de investigación: “Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en la subrasante de pavimentos para la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, considera como problemática que: ¿Es posible que se llegue a una estabilización mejorada del suelo mediante la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de bagazo como agregados ecológicos a la subrasante de pavimentos? en consecuencia se planteó el objetivo general: Realizar un estudio que permita determinar si la adición de las cenizas de

cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar pueden ser utilizadas como material estabilizante en suelos arcilloso.

La solución del trabajo de investigación: “Radica en la búsqueda de métodos alternativos a la estabilización de suelos, para comprobar que estos agregados son viables en su utilización para la estabilización de subrasantes se realizaron en laboratorio ensayos de características químicas, físicas y mecánicas; En diferentes porcentajes para evaluar su respuesta como estabilizadores primarios.”

Los resultados que muestran: “Las características de compactación mostraron una disminución del contenido de humedad óptimo y un aumento de la densidad seca máxima con el aumento del porcentaje de contenido de cenizas de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar debido a la influencia de estos. Los resultados obtenidos durante esta investigación mostraron que el suelo estabilizado con ceniza de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar trae cambios favorables que hacen posible usar el material a nivel subrasante. Debido a su alto porcentaje de sílice presente que los convierte en potenciales agentes estabilizadores primarios o secundarios.”

El aporte en este estudio de investigación es una propuesta que genera una posible solución a un problema ambiental de la disposición de estos desechos orgánicos que generaría disminución de rellenos sanitarios, disminución de contaminación de suelos y ríos, enfermedades respiratorias, entre otros.

Rios y Rojas (2020) en su trabajo de investigación “Mejoramiento de suelo en zona susceptible a licuación utilizando

inclusiones, intercambio vial Aeropuerto Chincheros – Cusco” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma, considera como problema general: ¿Cómo mejorar el suelo en zona susceptible a licuación utilizando inclusiones, Intercambio Vial Aeropuerto, Chincheros-Cusco?”, el objetivo general planteado fue el de: Mejorar el suelo en zona susceptible a licuación utilizando inclusiones, intercambio aeropuerto Chincheros - Cusco.

La solución del trabajo de investigación: Se realizó un procedimiento de diseño para identificar la ocurrencia de licuación y la probabilidad que esta ocurra siguiendo la metodología de Boulagner, et al. (2014) y la Normativa Técnica de Edificación E.050 Suelos y Cimentaciones. Conocido el problema del suelo se evalúa la viabilidad de los posibles mejoramientos de suelos para mitigar la licuación, posterior a la evaluación de estas se planteó dos soluciones: Columna de Grava y la Columna de Módulo Controlado (CMC), ambas inclusiones con una plataforma de transferencia de carga.

Los resultados que muestran: Para el caso de minimizar los efectos de licuación, según lo investigado, tenemos a la Columna de Grava por el drenaje y densificación que otorga al suelo; sin embargo, las Columnas de Módulo Controlado se podría usar en algunos casos donde no se disponga material disponible, exista un bajo peligro sísmico, y por consecuencia presente baja susceptibilidad y probabilidad que se presente licuación. Se pudo comprobar que este método aumenta la capacidad portante del suelo, minimiza los asentamientos y aumenta la rigidez del suelo.

El aporte en este estudio de investigación permitirá elaborar de un futuro manual o que se incluya en la normativa peruana como parte del diseño de mejoramiento de suelos y con ello evitar cualquier tipo de incertidumbre, además servir de guía a futuros consultores. Esto traería una mejora en los procesos en cuanto al estudio e implementación de infraestructuras expuestas a suelos licuables obteniendo una infraestructura menos vulnerable y segura.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. SUELOS COHESIVOS

Los suelos se pueden diferenciar por sus características y una de ellas es la cohesión, está dividiendo en suelos cohesivos y no cohesivos. Los suelos cohesivos tienen una adherencia intermolecular como es el caso de las arcillas (Hernández, 2016, Mayo 19).

En base a los diferentes tipos de suelo, los suelos en mención tienen una peculiar singularidad que corresponde al tamaño de sus componentes por ser menor a 0.08 mm, por ello se da que en las partículas existe un enlace considerable (Bañon y Beviá, 2000, p. 3).

Una de las características de estos suelos se refiere a la disminución del transcurrir del agua sobre el mismo, debido a los pocos espacios que se tiene en su estructura. Como también se da la comprensión de estos suelos a consecuencia de un aumento en su humedad; esta propiedad es considerada en la compactación de suelos (Bañon y Beviá, 2000, p. 4).

2.2.1.1. Estructura de un suelo cohesivo

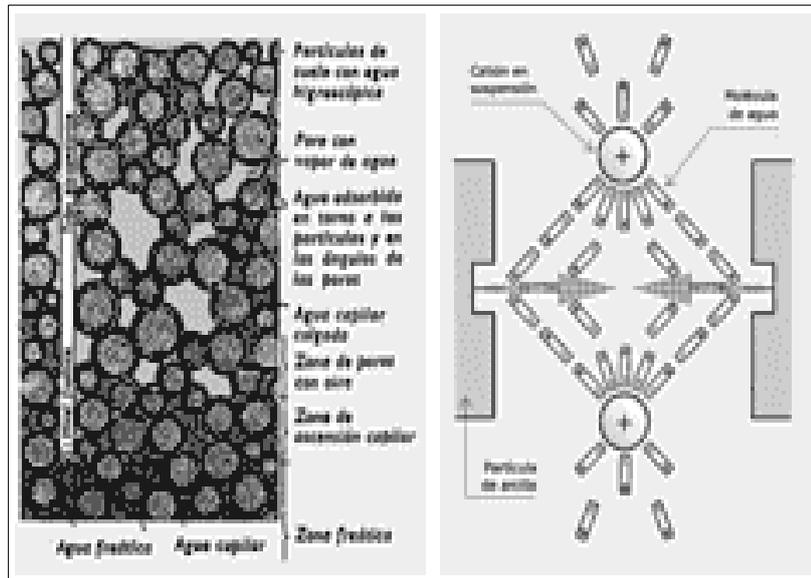
Según Hernández (2016, Mayo 19), la estructura de un suelo cohesivo se da por las partículas de este, que producen una fuerza iónica entre ellas, debido al tamaño de sus partículas estas fuerzas gravitatorias actúan en cada partícula, esas partículas se dan en forma cilíndricas, laminas todo ello de acuerdo a sus dimensiones.

2.2.1.2. Propiedades

De acuerdo a Hernández (2016, Mayo 19), los suelos cohesivos tienen las siguientes propiedades: resistencia, esto debido a la cohesión existente en sus partículas; porosidad debido a un mayor contenido de poros; cohesión esta se ve de manera muy notoria en estos suelos; comprensibilidad de manera muy alta; reacción a la compresión se da en tiempos muy extensos; permeabilidad debidamente impermeables.

Entre todas las propiedades se considera a la cohesión como principal en referencia a la parte mecánica, esta a su vez se denomina como la unión de las partículas bajo condiciones de agua y el suelo, para lo cual dicho suelo no deberá estar saturado (Bañon y Beviá, 2000, p. 3).

Figura 4: *Origen de la cohesión en suelos arcillosos*



Fuente: Bañon y Beviá (2000, p. 4).

2.2.1.3. Composición

Los suelos cohesivos están compuestos por arcillas y limos respectivamente, dado que contienen partículas finas. El tener una considerable cantidad de partículas finas en las gravas o arenas pueden producir una cohesión (Hernández, 2016, Mayo 19).

2.2.1.4. Subdivisión de suelos cohesivos

- LIMOS: Son característicos por tener de 0.02 y 0.002 mm en el tamaño de sus partículas (Bañon y Beviá, 2000, p. 3).
- ARCILLAS: Se considera que tienen partículas demasiado pequeñas que son a razón de la alteración de las rocas (Bañon y Beviá, 2000, p. 4).

2.2.1.5. Diferencia entre arcilla y limo

Tabla 1. *Diferencias entre arcilla y limo*

Limos (entre 0,002 y 0,06 mm.)	Arcillas (<0,002 mm.)
No suelen tener propiedades coloidales	Suelen tener propiedades coloidales

A partir de 0,002 mm. Y a medida que aumenta el tamaño de las partículas, se va haciendo cada vez mayor la proporción de minerales no arcillosos	Consiste en su mayor parte en minerales arcillosos
Partículas forma redondeada	Partículas forma laminar
Tacto áspero	Tacto suave
Mayor permeabilidad	Menor permeabilidad
Predominan las características de masa	Predominan las características de superficie
Se secan con relativa rapidez y no se pegan en los dedos	Se secan lentamente y se pegan a los dedos
Los terrones secos tienen una cohesión apreciable, pero se pueden reducir a polvo con los dedos	Los terrones secos se pueden partir, pero no reducir a polvo con los dedos
Pueden ser colapsables	No pueden ser colapsables
No son expansivas	Pueden ser expansivas

Fuente: Jimenez y Justo (1975, p. 1).

2.2.1.6. Uso en la construcción

Si estos suelos sirven como soporte para una pavimentación, ello genera un deterioro a corto plazo de la estructura esto debido al peso que se ejerce en el mismo (Hernández, 2016, Mayo 19).

2.2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS

2.2.2.1. Granulometría

Un análisis granulométrico se da mediante el tamizado del suelo por diferentes mallas, que estas a su vez van disminuyendo sus aberturas, obteniendo así ciertas cantidades en cada malla (Braja 1999, p. 2).

Además, se tiene según el Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC (2014, p. 30), que la granulometría se da mediante el tamizado del suelo, con la finalidad

poder determinar su clasificación de acuerdo a la distribución de sus partículas, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2. *Clasificación de suelos según tamaño de partículas.*

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC (2014, p. 31) .

El ensayo del análisis granulométrico se basa en la (ASTM D 422 – MTC E 107) y se realiza de acuerdo a lo siguiente:

Para este ensayo se requieren equipos que son: dos balanzas con sensibilidad de 0.01 g y 0.1 % respectivamente para pesar el suelo pasante y retenido en el tamiz N° 4, una estufa para conservar la temperatura de la muestra y materiales como: recipientes para las muestras, escobillas para el cepillado de las mallas, serie de tamices de las siguientes aberturas (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 44):

Tabla 3. *Tamices de acuerdo a la Norma ASTM D 422*

Tamices	Abertura (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100

1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Fuente: Manual de ensayo de materiales - MTC (2016, p. 44).

El procedimiento a seguir está compuesto por dos etapas la primera que es según la retención de la muestra en el tamiz Nº 4, para ello se usa del tamiz de 3" hasta el Nº 4, colocando la muestra sobre los tamices en mención se ejerce movimiento constante de forma circular hasta lograr que las partículas de cada tamiz no sigan pasando, posterior a ello se pesa el contenido de cada tamiz; la segunda etapa se realiza con los siguientes tamices desde el Nº 10 al Nº 200 incluyendo el fondo de este, se sigue los pasos mencionados en la primera etapa hasta culminar con la obtención del peso por cada tamiz (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 46).

2.2.2.2. Contenido de humedad

Es la relación que se tiene del suelo en estado natural en referencia a la cantidad de agua que posea, este mencionado en

forma porcentual (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 49).

El ensayo de contenido de humedad se basa en la (ASTM D 2216 – MTC E 108), y se realiza de acuerdo a lo siguiente:

Este ensayo se requiere de un horno para una temperatura de 110 ° C, balanzas de tolerancias de 0.01 g y 0.1 g para las muestras mayores y menores a 200 g y recipientes para las muestras del en estado natural (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 49).

El ensayo se da con la selección de las muestras que posteriormente serán pesadas en recipientes para luego ser llevadas al horno a temperatura constante de 110 ° C, una vez que la muestra se encuentre seca se procederá dejar que esta se encuentre a temperatura ambiente para poder pesarla y de esta manera saber qué cantidad de agua se tuvo en el suelo ensayado (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 50).

2.2.2.3. Plasticidad

Es el límite de deformación al que llegan los suelos sin deshacerse, y por medio de esta propiedad se puede conocer el comportamiento del suelo (Crespo,2004, p. 69).

La plasticidad va depender de sus partículas finas para poder llegar a contener cierto grado humedad y que esta permanezca estable Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC,2014, p. 31).

Para determinar la plasticidad se requiere de los límites de consistencia que son:

a) Límite líquido

Es el porcentaje de humedad del suelo en donde esté pasa de estar en el estado líquido a plástico (Crespo 2004, p. 70).

El ensayo que se realiza esta bajo la (ASTM D 4318 – MTC E 110).

Para la realización de este ensayo se requiere de un recipiente de porcelana, la copa Casagrande, un acanalador, una balanza, estufa y una espátula todo ello de acuerdo a las dimensiones establecidas (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 67).

El ensayo se realiza obteniendo una muestra representativa del material pasante al tamiz N° 40 para después mezclarlo con agua hasta tener una mezcla homogénea, posterior a ello se coloca la muestra sobre la copa Casagrande hasta un tercio del mismo, luego se procede hacer una abertura con el acanalador en la muestra, después se realiza el movimiento de la copa mediante golpes que se deberán anotar hasta que la muestra se junte en la parte inferior; finalmente luego de haber realizado todo ello limpiar la copa y hacer el mismo procedimiento aumentando a la muestra un mayor contenido de agua (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 69).

b) Límite plástico

Es el porcentaje de agua en relación al peso del suelo en donde este pasa de estar en un estado semisólido a plástico. Este es perjudicado por presencia de materia orgánica debido a que esta aumenta su valor sin ser directamente proporcional al límite líquido (Crespo 2004, p. 76-77-78).

Este ensayo se realiza esta bajo la (ASTM D 4318 – MTC E 111)

Para este ensayo se requiere de un recipiente de porcelana, una balanza, horno, una espátula y una superficie (vidrio grueso) (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 72).

En este ensayo se procede a tomar una muestra que pasa por el tamiz N° 40 para mezclarlo con agua hasta poder formar esferas con la mezcla sin dificultad, para posteriormente hacer con la muestra pequeños cilindros en la superficie de vidrio procurando que estos se agrieten antes de llegar a los 3.2 mm de diámetro, de no ser así y sobrepasar el diámetro mencionado sin agrietarse volver a realizar los cilindros hasta cumplir con el objetivo (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 73).

c) Índice de plasticidad

Se da mediante la resta de los valores obtenidos en los ensayos de límite líquido y plástico propiamente dicho. Este dependerá del contenido de arcilla que se encuentre en la muestra de suelo (Crespo,2004, p. 78).

Este cálculo se realiza esta bajo la (ASTM D 4318 – MTC E 111)

La clasificación de un suelo por medio del índice de plasticidad se dará conforme a lo siguiente:

Tabla 4. *Clasificación de suelos según Índice de plasticidad*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC (2014, p. 34).

d) Sistema de clasificación de suelos

La clasificación de los suelos se da en referencia a cada una de sus propiedades características por tamaño de partículas, está dividida en dos tipos de clasificación la AASHTO que generalmente se utiliza para obras viales como son las carreteras y la clasificación ASTM (SUCS-Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), la cual se puede utilizar para, tanto obras viales, como para obras de otras tipologías (Braja,1999, p. 17), a continuación podemos apreciar, la correlación que puede existir, entre estos dos tipos de clasificación de suelos:

Tabla 5. *Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS*

Clasificación de suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de suelos SUCS ASTM - D - 2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y

Pavimentos - MTC (2014, p. 35).

e) Sistema de clasificación de suelos AASHTO

Este sistema fue dado en el principio para clasificar caminos en donde se emplearía material granular. Posterior a ello se clasifica suelos de acuerdo a las características, de los ensayos de granulometría y los límites de consistencia, llevando a ello una clasificación que se divide en ocho grupos de los cuales los tres primeros grupos corresponden a materiales gruesos, los siguientes 4 grupos corresponden a materiales finos y el último de los grupos representa el material orgánico del suelo (Braja,1999, p. 17).

Esta clasificación se presenta de acuerdo a lo que indica la norma (ASTM D 3282), presentándose de la siguiente manera:

Tabla 6: Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

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

Fuente: Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC (2014, p. 34).

f) Sistema de clasificación de suelos SUCS

Esta clasificación tuvo mejoras desde su origen por diversos profesionales, es usado con mayor frecuencia en el área de geotecnia y para la identificación del tipo de suelo se da mediante las siguientes simbologías (Braja,1999, p. 19):

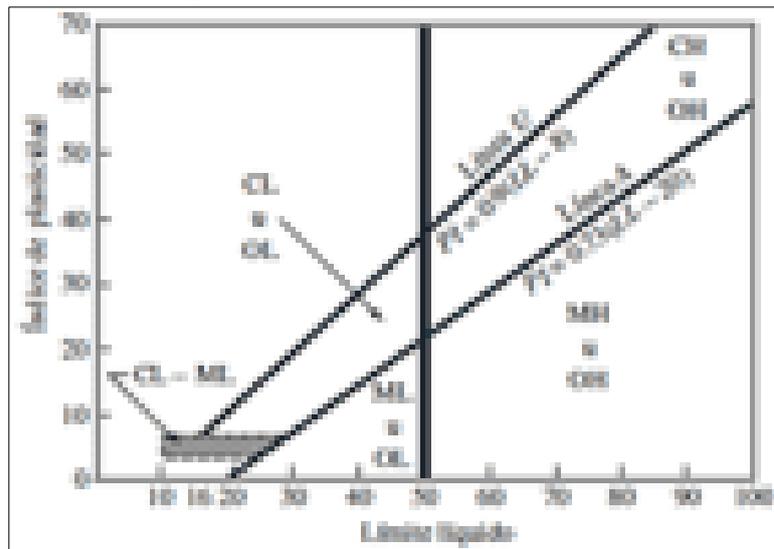
Tabla 7: *Símbolos para identificación del tipo de suelo*

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduados	Mal graduados

Fuente: Braja (1999, p. 19).

También se tiene la carta de plasticidad para identificar los tipos de suelo de acuerdo a sus símbolos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 5: *Carta de plasticidad*



Fuente: Braja (2014, p. 84).

La clasificación de suelos mediante SUCS es tal cual se muestra a continuación:

Tabla 8: Clasificación de suelos según SUCS

Suelos finos						Suelos gruesos							
Suelos que pasa la malla N° 200 es > al 50%						Suelos que pasa la malla N° 200 es < al 50%							
baja plasticidad			alta plasticidad			arenas			gravas				
Límite Líquido < al 50%			Límite Líquido > al 50%			La porción de fracción gruesa que pasa la malla N° 4 es mayor			La porción de fracción gruesa que pasa la malla N°4 es menor				
OL	ML	CL	OH	MH	CH	De acuerdo al porcentaje que pasa la malla N° 200 se tiene:							
						% que pasa la malla N° 200			Probable tipo de suelo				
						Menor o igual al 5%			GW, SW, GP o SP				
						entre 5% y 12%			Hay que usar simbología doble				
						mayor del 12%			GM, GC, SM, SC				
						SC	SM	SP	SW	GC	GM	GP	GW
						Sobre la línea "A"	Bajo la línea "A"	No cumple anteriores	Cu > 6 y 1 < Cc < 3	Sobre la línea "A"	Bajo la línea "A"	No cumple anteriores	Cu > 6 y 1 < Cc < 3

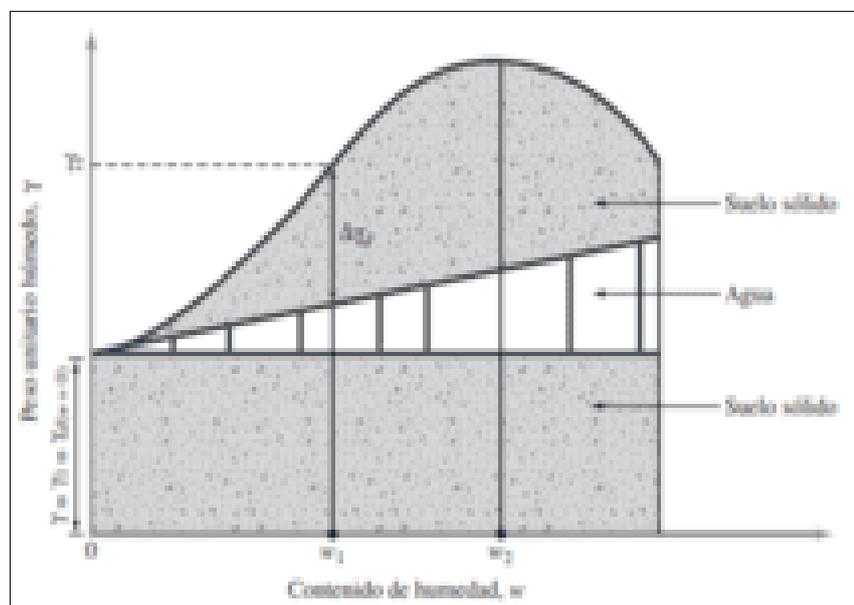
Fuente: Braja (2014, p. 86).

2.2.3. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS SUELOS

2.2.3.1. Compactación de suelos

La compactación de los suelos se da para maximizar las características en cuanto a la resistencia de estos y de esta manera tener una adecuada capacidad de soporte, esta compactación es la eliminación de las burbujas de aire que contiene el suelo, ello se logra con la aplicación de esfuerzos mecánicos y con la adición de agua como un agente que se encargue de adherir las partículas (Braja,2014, p. 91).

Figura 6: *Principios de compactación*



Fuente: Braja (2014, p. 92).

2.2.3.2. Proctor modificado

Es una modificación que se dio al ensayo de proctor estándar, para hacer una referencia a la compactación en el campo mediante equipos mecánicos (Braja,2014, p. 98).

Se da mediante compactación realizada en laboratorios con el fin de obtener el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 105).

El ensayo se realiza con la ASTM D 1557 – MTC E 115. Para este ensayo se necesitan moldes cilíndricos de 4” y 6” respectivamente, un pisón, una balanza, un horno, tamices de 3/4”, 3/8” y N° 4, y materiales para mezclar (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 107).

El ensayo se realiza obteniendo muestras del suelos con referencia al método (A, B y C) a usarse esto se da mediante el contenido de partículas retenidas en los tamices de 3/4”, 3/8” y N° 4, posterior a ello se procede a pesar el molde de acuerdo al método obtenido, una vez realizado ello se procede a determinar el contenido de agua para ser mezclado con la muestra de suelo, teniendo ello se procede a la compactación de las muestras en el molde seleccionado con 25 golpes o 56 golpes referido a cada capa de la muestra, luego de realizar la compactación se procede a pesar el molde con la muestra (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 109).

2.2.3.3. California Bearing Ratio (CBR)

Es el valor de soporte que tiene el suelo referido a su máxima densidad seca al 95 %, para tener una clasificación en referencia al resultado obtenido del CBR en el laboratorio (Manual

de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC,2014, p. 35).

El ensayo se basa en la (ASTM D 1883 – MTC E 132).

Para la realización del ensayo se necesita una prensa de compactación, un molde cilíndrico, un disco que sirva como un fondo para el molde, un pisón, un medidor de expansión, pesas de metal, dos diales, estufa, balanza, tamices de 2", 3/4", N° 4, todo ello de acuerdo a las características establecidas en la norma (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 248).

El ensayo se da con la preparación de la muestra y de los moldes a usarse, la preparación de la muestra consta en tamizar el suelo por las mallas de 2", 3/4" y N° 4, se calcula el contenido de agua para adicionar a las muestras, posterior a realizar la compactación se retira el disco que sirvió como fondo del molde para poder armar el molde pero de forma invertida sin el disco esto para poder pesar la muestra junto al molde, después de ello se procede a sumergir la muestra bajo agua con el aparato que sirve para medición de la expansión de la muestra, una vez obtenido la expansión de la muestra se procede a la penetración de la muestra en la prensa (Manual de ensayo de materiales - MTC,2016, p. 250).

2.2.4. SUBRASANTE

Es la superficie de fondo en la excavación del suelo natural donde se asienta la estructura del pavimento, esta contempla características adecuadas y parámetros que definan su capacidad de soporte debido a los esfuerzos sometidos por la estructura del pavimento y las cargas móviles

a la cual se ve afectada (Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC,2014, p. 20-21).

2.2.4.1. Requerimiento de la subrasante

Para suelos que se encuentren a una profundidad inferior a la subrasante de 60 centímetros se considerará dicho material como adecuado y por ende calificarlo como un suelo estable debido a que su capacidad portante (CBR) será mayor al 6 %. Si dicho material a la profundidad mencionada tiene un CBR menor al 6 % se procederá a la estabilización de la misma debido a que es considerado como una subrasante pobre (Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos -MTC,2014, p. 21).

2.2.4.2. Propiedades de la subrasante

Las propiedades de la subrasante según Gonzales (2018, p. 32) son:

- Propiedades físicas: Estas propiedades básicamente están en el entorno del material desde su tipo hasta las características que presenta y se determinan de acuerdo a su clasificación AASHTO – SUCS, granulometría, relación de humedad, etc.
- Propiedades Ingenieriles: Estas propiedades con la finalidad de ver las características y poder determinar un valor para su utilización en las vías, para ello se cuenta con lo siguiente: módulo de resiliencia y poissón, capacidad de soporte.

2.2.4.3. Características de la subrasante

Para conocer las propiedades mecánicas y físicas a nivel de subrasante se realizan las calicatas, estas se ubicaran en la

superficie donde ira pavimento y tendrán como profundidad mínima 1.50 metros (Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC,2014, p. 26).

De acuerdo al Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC (2014, p. 35), se debe tener en cuenta lo mencionado a continuación:

- Si se obtiene del suelo en estudio con respecto al CBR de 6 a más resultados, se tendrá en consideración que para determinar el CBR con el cual se diseñará la subrasante se procederá a realizar el promedio de dichos resultados.
- Si se obtiene del suelo en estudio con respecto al CBR de menos de 6 resultados, se tendrá que aplicar para determinar el CBR con el que se diseñara los siguientes criterios: se tomará el valor del promedio de dichos resultados si estos se asemejan, si dichos resultados son diferentes se tomará el valor de más bajo resultado o caso contrario se determinara tramos que cuenten con la semejanza de sus resultados con respecto al CBR, cabe resaltar que dichos tramos no deberán ser menores a un metro.

Teniendo el ensayo de CBR, se procederá a la clasificación de la calidad de la subrasante de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 9: *Categorías de subrasante*

Categorías de subrasante	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante muy buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y

Pavimentos - MTC (2014, p. 37).

2.2.4.4. ENSAYOS CBR (California Bearing Ratio):

El CBR es un ensayo de prueba semi-empírica para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia al corte. El índice de CBR se define como la relación entre la presión necesaria para que el pistón penetre al suelo una determinada profundidad y la necesidad para conseguir esa misma penetración en una muestra patrón de grava machacada, expresada en tanto por ciento. (Bañon B., Beviá García. Vol. 2. p.15-16).

“La capacidad de soporte de una subrasante se define como la carga que este es capaz de soportar sin que se produzcan asentamientos excesivos. El indicador para cuantificar es el índice CBR.” (Bañon Blázquez & Beviá García. Vol. 2. p.8).

Una vez que se hayan clasificado los suelos por el sistema AASHTO para carreteras, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo a partir del cual se determinará los

suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos y/o correlaciones para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95% de la MDS (Máxima densidad seca) y a una penetración de carga de 2.54mm. (MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 35)

2.2.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Es la adición de aditivos al suelo natural con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas esto generalmente aplicado a los suelos a nivel de subrasante considerado de acuerdo a su capacidad portante como subrasante pobre. Y cuando se requiere tener una mejor calidad a nivel de subbase o base granular, esta es referida como subbase o base granular tratada (Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC,2014, p. 92).

2.2.5.1. Criterios para establecer la estabilización de suelos

Según el Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC (2014, p. 92-93), menciona lo siguiente:

- Debido a la baja capacidad de soporte de la subrasante, CBR menores que 6 %.
- Cuando se tenga presencia de arcilla en la parte superior de la subrasante.
- Cuando se encuentre ojos de agua en la subrasante.
- Debido a los lugares donde se tenga un clima de heladas.

2.2.5.2. Propiedades que se mejoran con la estabilización

Según Cubas y Falen (2016, p. 54), mencionan lo siguiente:

- Estabilidad en el volumen de los suelos debido a la expansión del mismo a consecuencia de una variación en su humedad.
- Tener una resistencia en cuanto a la cohesión del suelo de manera mecánica.
- Tener una permeabilidad adecuada para que se pueda transcurrir el agua o el aire respectivamente.
- Tener una mayor capacidad mecánica a consecuencia de la disminución de los espacios entre partículas.

2.2.5.3. Tipos de estabilización de suelos

2.2.5.3.1. Estabilización mecánica

Se da mediante la reducción de vacíos en los suelos evitando modificar su composición natural (Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC, 2014, p. 98).

De acuerdo a Braja (2014, p. 266) menciona los siguientes métodos:

- Vibroflotación: Se da mediante la utilización de una unidad vibratoria que permitirá que se produzca una vibración de manera horizontal (Braja 2014, p. 270).
- Compactación dinámica: Se produce mediante la caída de un peso reiteradas veces sobre el suelo, esto ayudara a la densificación (Braja 2014, p. 274).

- **Blasting:** Se produce mediante la aplicación de detonaciones a una determinada profundidad de los suelos (Braja 2014, p. 274).
- **Pre-compresión:** Utilizado con la finalidad de disminuir el asentamiento que se genera después de una construcción (Braja 2014, p. 275).
- **Drenes de arena:** Este método utilizado para apresurar en la consolidación de capas el asentamiento (Braja 2014, p. 279).

2.2.5.3.2. Estabilización física

Se refiere al agregado de material de distribución granulométrica pareja al suelo natural (Cuchillo, 2015, párr. 9).

De acuerdo a Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC (2014, p. 98) menciona los siguientes métodos:

- **Por combinación de suelos:** Este método se emplea mediante la adición de un material externo a la del suelo en estudio a una profundidad de 15 centímetros.
- **Por sustitución de suelos:** Este método se planteará de acuerdo a dos condicionantes: ante el retiro del material de subrasante en 15 centímetros y el otro que dicho material del suelo sea sustituido en su totalidad.

2.2.5.3.3. Estabilización química

Es la adición de químicos para el mejoramiento del suelo en estado natural, esto para hacer que el suelo sea trabajable (Braja 2014, p. 266).

De acuerdo al Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - MTC (2014, p. 101–109) menciona los siguientes métodos:

- Cal
- Cemento
- Escoria
- Cloruro de sodio
- Cloruro de calcio
- Cloruro de magnesio
- Productos asfálticos
- Geosintéticos

2.2.5.3.4. Estabilización por sustitución de los suelos

Cuando se prevea la construcción de la subbase mejorada solo con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que este deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad

especificada para cuerpos de terraplén en una profundidad de 15 centímetros [...].

En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo. [...]. (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 99).

El MTC (Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014) nos muestra un procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte. El espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasantes pobres con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$. (p. 99).

a. Procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte o resistencia del suelo

Este procedimiento de cálculo para determinar en sectores localizados, el espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de sub rasantes pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$, calculándose según lo siguiente:

- Se calculará el número estructural SN del pavimento para 20 años, el material a emplear tendrá un $\text{CBR} \geq 10\%$ e IP menor a 10, o en todo caso será similar. Cuando en los sectores adyacentes al sector de sustitución de suelos presenta un $\text{CBR} > 10\%$, para el cálculo del SN se utilizará el mayor valor de CBR de diseño, que representa el material de reemplazo, este número estructural SN calculado se denominará SNm (mejorado), luego se calculará el SN del pavimento para el CBR del material de sub rasante existente (menor a 6%), que se denominará SNe (existente).
- Se realizará la diferencia algebraica de números estructurales:

$$\Delta \text{SN} = \text{SNe} - \text{SNm}$$

Formula: MTC (2014, p. 95)

- Habiéndose escogido el material de reemplazo ($\text{CBR} \geq 10\%$) a colocar según SNm calculado, se obtendrán los valores correspondientes de coeficiente estructural (a_i) y coeficiente de drenaje (m_i), luego de obtener dichos valores se procederá a obtener el espesor E, aplicando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Delta SN}{a_i \times m_i}$$

Formula: MTC (2014, p. 95)

Donde:

E : Espesor de reemplazo en cm.

a_i: Coeficiente estructural del material a colocar
/ cm

m_i: Coeficiente de drenaje del material a
colocar

b. Procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función método de módulo resiliente compuesto.

El método utilizado por el MTC es una extensión de la metodología del AASHTO 93, sin embargo, existen otras alternativas para el cálculo del espesor a partir de la diferencia de deflexiones medidas de viga Benkelman entre el tramo que requiere reemplazo y los tramos adyacentes. Es posible también aplicar el concepto de módulo resiliente compuesto que emplea el ASHTO 2002 para caracterizar los tramos estratificados. En la ecuación que se muestra a continuación la incógnita es el espesor del mejoramiento (D1):

$$M_{r \text{ equivalente}} = \frac{M_{r1}D_1^3 + M_{r2}D_2^3 + M_{r3}D_3^3}{D_1^3 + D_2^3 + D_3^3}$$

Donde:

M_r equivalente : Módulo resiliente compuesto.

M_{r1} : Módulo resiliente del mejoramiento.

M_{r2} : Módulo resiliente de la 2da capa de suelo natural.

M_{r3} : Módulo resiliente de la 3ra capa.

D_1 : Espesor del mejoramiento.

D_2 : Espesor de la 2da. Capa.

D_3 : Espesor de la 3ra. Capa.

Se debe tomar en cuenta que la sumatoria de las tres capas debe ser igual a la profundidad de influencia de la carga que suele tomar como 1.50m.

(Menéndez, 2016, p.121)

2.3. Definición de términos:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Es la adición de aditivos al suelo natural con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas esto generalmente aplicado a los suelos a nivel de subrasante considerado de acuerdo a su capacidad portante como subrasante pobre. Y cuando se requiere tener una mejor calidad a nivel de subbase o base granular, esta es referida como subbase o base granular tratada Fuerza por unidad de área que se aplica a barras y alambres de acero, determinando parámetros que hacen a la calidad del producto, como son: alargamiento, área y su reducción, carga máxima, carga final. (MTC, 2018, p.22)

ESTABILIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE LOS SUELOS

Cuando se prevea la construcción de la subbase mejorada solo con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que este deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición.

(MTC, 2014, p.98)

COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASTHO y se obtiene el Número Estructural, que represente el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de subbase, mediante el uso de los coeficientes estructurales.

(MTC, 2014, p.140)

COEFICIENTES DE DRENAJE

La ecuación SN de AASHTO, también requiere del coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y sub base. Este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento.

- El valor del coeficiente de drenaje está dado por dos variables que son:
- Calidad de drenaje.
- Exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación.

(MTC, 2014, p.141)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Al utilizarse las metodologías de cálculo del espesor de sustitución de subrasantes, se obtienen espesores adecuados, en términos de soporte de cargas y características particulares de los suelos.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La utilización de coeficientes de diseño por la metodología del MTC, resulta en menores espesores que los calculados por la metodología del módulo resiliente compuesto.
- b. Al utilizar los coeficientes de diseño por la metodología del módulo resiliente compuesto, se obtienen mayores espesores que los calculados por la metodología del MTC.
- c. Los coeficientes de diseño inciden a través del costo de ejecución de colocación de la capa de sustitución, al obtenerse menores espesores, se tienen menores costos.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente (X): Coeficientes de Diseño

Los coeficientes de diseño están conformados por el coeficiente estructural de capa, el cual es una medida de la capacidad relativa de una unidad de espesor de un determinado material para funcionar como un componente estructural de un pavimento y el coeficiente de drenaje, el cual es la relación que existe entre el módulo resiliente en una condición

de humedad óptima con respecto al módulo para una cierta condición de humedad. (Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, Sección suelos y pavimentos, 2013, p. 161)

Variable dependiente (Y): Espesor de sustitución de subrasante

Se consideran como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presentan zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero responsable analizara diversas alternativas de estabilización o de solución, como: Estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, Estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros), Pedraplenes, Capas de arena, Elevar la rasante o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas. (Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, Sección suelos y pavimentos, 2013, p. 107)

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente (X): Coeficientes de Diseño

Los coeficientes de diseño son los parámetros que se requieren para la determinación del espesor de la capa de sustitución del material de subrasantes, estos coeficientes están en función de la metodología a emplear para el diseño, así como, toman en consideración las propiedades particulares del material de sustitución.

Variable dependiente (Y): Espesor de sustitución de subrasante

El espesor de sustitución de la subrasante por estabilización mecánica se realiza en función del tráfico que va a soportar la vía en número de repeticiones de ejes equivalentes, el valor de soporte de la subrasante natural y con la capa de reemplazo, este espesor asegura que el valor de soporte de la subrasante aumente a un valor de $\text{CBR} \geq 10\%$.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 10: Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES (FACTORES)	INDICADORES (DEFINICIÓN CONCEPTUAL)
COEFICIENTES DE DISEÑO	Los coeficientes de diseño son los parámetros que se requieren para la determinación del espesor de la capa de sustitución del material de subrasantes, estos coeficientes están en función de la metodología a emplear para el diseño, así como, toman en consideración las propiedades particulares del material de sustitución.	Propiedades físicas	Granulometría. Límites de Consistencia.
		Propiedades hidráulicas	Permeabilidad.
		Propiedades mecánicas	Densidad. Valor de Soporte
ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE	Es el espesor de la capa de subrasante mejorada, ya sea por una modificación de la subrasante existente (sustitución del material inadecuado o estabilización con cemento, cal o aditivos químicos), se recomienda cuando se presentas subrasantes con $CBR \leq 6\%$, se proceda a eliminar el material inadecuado y colocar un material granular de reemplazo con CBR mayor a 10% e IP menor a 10. Su función principal será dar resistencia a la estructura del pavimento.	Metodología MTC	Coefficiente estructural (a4)
			Coefficiente de drenaje (m4)
			Número estructural (SN4)
		Metodología del Módulo Resiliente Compuesto	CBR
			Módulo de resiliencia
Costo de ejecución	Análisis de precios unitarios		

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Para esta investigación el método fue el científico, pues según (Carrasco, 2007, p 35) es un sistema de procedimientos, técnicas, instrumentos, acciones estratégicas y tácticas para resolver el problema de investigación. Y se caracteriza por ser analítico y sintético, porque estudia la realidad separando e integrando alternativamente los elementos empíricos y teóricos.

El método científico se consideró en la investigación, ya que se pudo utilizar a fin de definir los espesores de sustitución de subrasante para el mejoramiento de los valores de soporte de dicha capa.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, ya que de acuerdo a Borja (2016, p. 10), este tipo busca dar una solución de manera inmediata para poder modificar una realidad problemática.

Ante lo mencionado, esta investigación fue aplicada debido a que los conocimientos obtenidos contribuyen a la solución de una situación problemática en el área local, la cual afecta en las ejecuciones de obras de infraestructura que se vienen desarrollando, habiéndose realizado, a fin de generar beneficios en la sociedad.

3.3. Nivel de investigación

La presente investigación pertenece al nivel de investigación descriptivo, porque pretende describir con la mayor precisión y fidelidad posible una realidad. En ese mismo orden, Noguera (2003) sostiene que este nivel, tiene la característica de conocer las situaciones y actitudes predominantes mediante, objetos, procesos y personas, pero no se limita a la mera recolección de datos, la meta de los investigadores es la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. (p. 30).

3.4. Diseño de investigación

En la presente investigación el diseño fue transeccional comparativo como indica Ccanto (2010): “Los diseños transeccionales o seccionales, recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, comparar y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (p. 139).

En esta investigación se obtuvieron resultados de los coeficientes de diseño para calcular el espesor de sustitución de subrasantes por el método del MTC y por el método de módulo resiliente compuesto para las características específicas del distrito de Chilca, a fin de ser comparados entre ellos.

El esquema del diseño de la investigación, lo podemos ver a continuación:

Tabla 11: *Diseño de la investigación.*

M ₁	O ₁	~
		O ₁ = O ₂
M ₂	O ₂	≠

Fuente: Elaboración propia.

M₁= Muestra 1.

M₂= Muestra 2.

O₁= Observación comparativa variable 1.

O₂= Observación comparativa variable 2.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Con respecto a la población, Parra (2003), la define como las mediciones u observaciones del universo que se está estudiando, por esta razón pueden definirse varias poblaciones en una sola investigación, dependiendo de la cantidad de características a medir. Para efectos de la presente investigación, la población correspondió al Jr. Integración en el tramo entre el Río Alí y el Jr. Humboldt del Sector 9 de Octubre, distrito de Chilca-Huancayo, lugar que cuenta con un valor de soporte pobre, expresado a través del valor de CBR menor a 6% (5.92%) al 95% de la máxima densidad seca y al 0.1” de penetración, en una longitud de 390.00m, tal como se puede apreciar en la siguiente figura:

Figura 7: Ubicación del Jr. Integración (Chilca)



Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Muestra

La muestra fueron la calicata de exploración; en el Jr. Integración y Jr. Sucre y los ensayos tales como contenido de humedad, granulometría, clasificación AASHTO, Proctor modificado y CBR.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información, la técnica que se utilizará en la presente investigación será la observación, ya que, según Chávez, se define como una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno social que tiene relación con el problema que motiva la investigación. La observación tiene la ventaja de facilitar la obtención de datos lo más próximos a como éstos ocurren en la realidad; pero, tiene la desventaja de que los datos obtenidos se refieren sólo a un aspecto del fenómeno observado. Esta técnica es fundamentalmente para recolectar datos referentes al comportamiento de un fenómeno en un “tiempo presente” y nos permite recoger información sobre los antecedentes del comportamiento observado.

a) Observación directa

Esta técnica fue utilizada para poder determinar, comparar y medir los coeficientes de diseño para calcular el espesor de sustitución de subrasantes por el método del MTC y por el método de módulo resiliente, de acuerdo a las características propias del distrito de Chilca.

b) Análisis de documentos

Los documentos que se utilizó, fueron desde el principio de la investigación para poder dar un sustento a la misma, en cuanto al manejo de los conceptos existentes, entre ellos se tiene los siguientes:

- Revisión de bibliografía:

Esta revisión se utilizó para poder profundizar en cuanto al conocimiento adquirido como investigador, en este caso en referencia

al problema de investigación y de esta manera poder tener el sustento ante dicho tema investigado.

c) Pruebas estandarizadas:

Estas pruebas sirvieron para poder medir las propiedades propias de los suelos de las canteras que abastecen de material para la sustitución de la subrasante en el distrito de Chilca, las cuales son las canteras ubicadas en:

- La Huaycha
- Concepción
- Sausa
- Jauja

Dichos ensayos están de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas, los cuales servirán para el cálculo de los coeficientes de diseño, los ensayos se realizaron, como se detalla a continuación:

a. Granulometría del agregado fino

- Análisis granulométrico NTP 400.012

Objetivo

Conocer la gradación del agregado fino mediante el análisis granulométrico mecánico para poder determinar de manera adecuada la distribución de las partículas.

Equipos requeridos

- Juego de tamices ASTM

- Balanza con error de 0.01g
- Cepillo
- Horno
- Agitador mecánico.
- Taras
- Cuarteador

Procedimiento

En este ensayo se utilizó una muestra representativa de 300g del cuarteado, asimismo esta muestra será secada, lavada y nuevamente secada en un horno previamente al análisis granulométrico, una vez realizado ello se procederá a colocar dicha muestra en el grupo de tamices adecuados previamente seleccionados tapando la parte superior para evitar pérdidas de peso, seguidamente se dará movimientos de un lado a otro y en forma circular de modo que la muestra se mantenga en movimiento constante, por un minuto aproximadamente, seguidamente en una bandeja de aluminio sacaremos cuidadosamente cada tamiz y será pesado siempre observando que no haya partículas retenidas en el tamiz y anotaremos para así generar el cuadro de datos e informes pertinentes.

Figura 8: *Análisis granulométrico agregado fino.*



Fuente: Elaboración propia.

b. Granulometría del agregado grueso

- Análisis granulométrico NTP 400.012

Objetivo

La presente Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado grueso por tamizado.

Equipos requeridos

- Juego de tamices ASTM
- Balanza con error de 0.05g
- Cepillo
- Horno
- Agitador mecánico.

- Taras
- Cuarteador

Procedimiento

- Para la realización de este ensayo se utilizó una muestra representativa de 3000g provenientes del cuarteado realizado, inmediatamente después, esta muestra utilizada tendrá que ser secada, lavada y nuevamente se realizará el secado en un horno, necesariamente se realizarán estos procedimientos, previamente al análisis granulométrico.
- Una vez realizado lo descrito en líneas arriba, se procederá a colocar dicha muestra dentro del grupo de tamices adecuados a la granulometría indicada para material grueso, previamente seleccionados, debiendo realizarse el tapando de la parte superior a fin de evitar pérdidas en el peso.
- Seguidamente se dará movimientos de un lado a otro y en forma circular de modo que la muestra se mantenga en movimiento constante, por un minuto aproximadamente.
- Luego en una bandeja de aluminio sacaremos cuidadosamente, el material de cada tamiz y será pesado, siempre observando que no haya partículas retenidas en el tamiz y anotaremos el peso para cada tamiz, a fin de que podamos generar los procesos correspondientes, a través de cuadros de datos, cálculo, gráficas e informes pertinentes.

Figura 9: Análisis granulométrico agregado grueso



Fuente: Elaboración propia.

c. Limite plástico (Norma Técnica Peruana 339.129-1999 (revisada 2019))

Objetivo:

Esta Norma Técnica Peruana fija el procedimiento para señalar limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de una muestra de suelo (Norma Técnica Peruana 339.129-1999 (revisada el 2019), p. 1).

Equipos requeridos

- Balanza

De sensibilidad de 0.01g.

- Horno

De tipo tiro forzado, capaz de mantener continuamente la temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

- Placa de vidrio pulido

Una placa de vidrio pulido de forma cuadrada de 30 cm. (12 pulg) de lado, 1 cm ($3/8$ " pulg) de espesor.

- Recipientes

Recipientes apropiados que resisten a la corrosión, al cambio de peso a la hora de exponerlos a temperaturas y así mismo al pH de los diferentes suelos.

- Contenedores

Aptos para mantener el espécimen de suelo, de aluminio resistente a la corrosión, de 2.5 cm. (1 pulg) de alto por 5 cm. (2 pulg) de diámetro.

- Pizeta

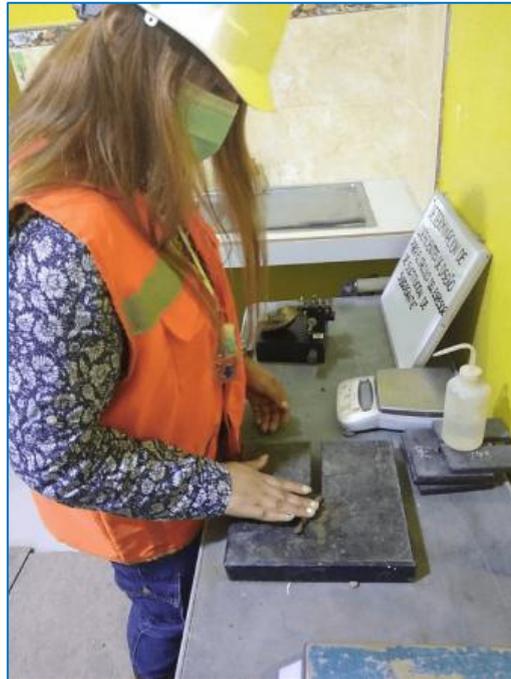
Frasco de plástico para aplicar agua

Procedimiento:

Se usará una porción de 20 g. el cual será obtenida de la muestra usada para límite líquido la cual es pasante del tamiz 425 μm (N° 40), del cual se tomará 1.5 g. a 2 g. reduciendo el contenido de agua para el suelo y debe poseer una consistencia que nos facilite enrollarlo sin que se pegue a las manos esparciéndolo y mezclándolo en la placa de vidrio, se debe formar un hilo de diámetro uniforme en toda su longitud de 3.2 mm ($1/8$ "), en no más de 2 minutos, colocar en el recipiente los hilos en donde ya se presentó las grietas,

siendo este recipiente no menor a 6 g del suelo y esto se realizara una vez más y este se procederá a colocar al horno por 12 a 24 horas para después ser pesados y obtener los parámetros de Límite de plasticidad.

Figura 10: *Límite plástico*



Fuente: Elaboración propia.

**d. Contenido de Humedad (Norma Técnica Peruana 339.127-1998
(revisada 2019))**

Objetivo

Esta norma técnica peruana fija el procedimiento para señalar el contenido de humedad existente del suelo (Norma Técnica Peruana 339.128-1998 (revisada 2019), p. 1).

Equipos requeridos

- Balanza

De sensibilidad de 0.01g para muestras de menos de 200g. y de 0.1 g para muestras de suelos que superan los 200 g.

- Horno de secado

De tipo tiro forzado, capaz de mantener continuamente la temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

- Recipientes

Recipientes apropiados que resisten a la corrosión, al cambio de peso a la hora de exponerlos a temperaturas y así mismo al pH de los diferentes suelos.

- Contenedores

Aptos para mantener el espécimen de suelo, de aluminio resistente a la corrosión, de 2.5 cm. (1pulg) de alto por 5 cm. (2 pulg) de diámetro.

- Guantes, cuchillo, espátula, mantadas para cuarteo, divisores de muestra y otros

Procedimiento

Inicialmente se ha identificado el tamaño máximo de la partícula presente (3/4 pulg) y se usara del cuarteo una muestra representativa de 250 gramos, se determinará y registrará la masa a usar en el presente ensayo, siempre tener en cuenta la perdida de humedad de nuestro suelo, se colocará en un recipiente la muestra, será colocada en el horno en tiempo aproximado de 12 a 24 horas, siempre anotando los pesos tanto solo del recipiente, con la muestra

y después de haber sido colocado el tiempo determinado en el orden y de ahí proceder a usar la formula.

$$W = \frac{\text{Peso de Agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{+M_{cs}}{M_{cs} + M_c} = \frac{M_w}{M_s}$$

FORMULA (NTP 339.127)

W es el contenido de humedad.

M_{cws} es el peso del contenedor más el suelo húmedo (g).

M_{cs} es el peso del contenedor más el suelo secado en horno (g).

M_c es el peso del contenedor (g).

M_w es el peso, en gramos (g).

Figura 11: *Contenido de humedad*



Fuente: Elaboración propia.

**e. Clasificación SUCS (Norma Técnica Peruana 339.134-1999
(revisada 2019))**

Objetivo

Esta norma técnica peruana fija el procedimiento para la clasificación de la muestra patrón, con fines de ingeniería, tiene como base el análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad y así clasificarlo de manera precisa (Norma Técnica Peruana 339.129-1999 (revisada 2019), p. 1).

Equipos requeridos

Es acá donde se usa los resultados obtenidos con anterioridad, Limite Liquido, Limite plástico, índice de plasticidad y una carta de plasticidad se hace necesario.

Procedimiento

Para hacer una correcta clasificación SUCS, se analizará el tamiz N° 200, en donde resulta en nuestra muestra patrón que pasa más del 50% de la muestra total, por lo tanto, se clasifica como un suelo de grano fino, seguidamente nos iremos a la carta de plasticidad en donde ubicaremos en el eje x el límite líquido que tenga la muestra y en el eje y el índice de plasticidad que posee, esta carta de plasticidad posee dos líneas las cuales son. línea A y línea B, la primera es una línea diagonal que separa a las arcillas de los limos, encontrándose las arcillas en la parte superior y los limos en la parte inferior; la línea B que se encuentra justo al 50% del límite

líquido, separa los suelos de baja plasticidad que están ubicados al lado izquierdo y al lado derecho los suelos de alta plasticidad.

Si en caso la muestra patrón es suelo de grano grueso es decir más del 50% del total es retenido por el tamiz N° 200, debemos ir al tamiz N° 04 e identificar si el material que pasa es mayor al 50 % es arena y si es retenido más del 50% estaremos en presencia de gravas.

f. Clasificación AASHTO (Norma Técnica Peruana 339.135-1999 (revisada 2019))

Objetivo

Esta norma técnica peruana fija el procedimiento para la clasificación de la muestra patrón en siete grupos, siendo una clasificación precisa, específicamente para construcción de carreteras, la evaluación tiene como eje el Índice de grupo, siendo calculado usando la formula experimental, (Norma Técnica Peruana 339.135-1999 (revisada 2019))p. 1).

Equipos requeridos

Es acá donde se usa los resultados obtenidos con anterioridad, preparación de la muestra, tamaño de partículas, Limite Líquido y Limite plástico se hace necesario.

Procedimiento

Para hacer una correcta clasificación AASHTO, se analizará el tamiz N° 200, en donde el porcentaje que pasa es mayor que el 35% será fino y si la muestra que pasa es menor o igual que el 35% es un suelo grueso.

Es así que tenemos 7 grupos en los cuales se evaluarán el % que pasa cada tamiz en el N° 10, 40 y 200, asimismo se necesitará el estado de consistencia es decir el límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y el Índice de grupo el cual responde a la fórmula:

$$(IG)=(F-35)[0.2+0.005(LL-40)]+0.01(F-15)(IP-10)$$

Donde:

IG: Índice de Grupo

F=Porcentaje que pasa la malla N° 200 (75µm), expresado como un número entero (este porcentaje se basa solo en el material que pasa la malla de 3 pulg (75µm)).

LL=Límite líquido

IP= Índice de Plasticidad

g. Proctor Modificado MTC E 115

Objetivo

Fijar el procedimiento de ensayo para la compactación en laboratorio del suelo, usando una energía modificada (2700kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)) y determinar así el peso específico seco máximo y humedad óptima.

Equipos requeridos

- Ensamblaje de Molde

De forma cilíndrica, con un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido, construidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar.

- Molde de 4 pulgadas

En la presente tesis se utilizó un molde que tiene un promedio de $101.6 \pm 0,4$ mm (4000 ± 0.016 pulg) de diámetro interior, una altura de $116,4 \pm 0,5$ mm ($4,584 \pm 0,018$ pulg) y un volumen de 944 ± 14 cm³ ($0,0333 \pm 0,0005$ pie³).

- Pisón o Martillo

El pisón manual, es un pisón con una guía que posee un suficiente espacio libre para que la caída no sea restringida, teniendo la guía por lo menos 4 orificios de ventilación en cada extremo.

- Extractor de Muestras (opcional)

Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.

- Balanza

De sensibilidad de 0.01g para muestras de menos de 200g. y de 0.1 g para muestras de suelos que superan los 200 g.

- Horno de secado

De tipo tiro forzado, capaz de mantener continuamente la temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

- Recipientes

Recipientes apropiados que resisten a la corrosión, al cambio de peso a la hora de exponerlos a temperaturas y así mismo al pH de los diferentes suelos.

- Tamices

De 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg) y 4,75mm (N° 4), conforme a los requisitos de la especificación ASTM E11.

- Guantes, cuchillo, espátula, regla metálica, bandeja metálica, probeta graduada para agregar agua y comba de goma y una cuchara.

Procedimiento

Este ensayo se basa en la normativa nacional MTC E 115: Proctor Modificado, en la cual, se estipula que este ensayo, se aplica solo para suelos que tienen 30% o menos en peso retenido en el tamiz de 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ " pulg).

Asimismo, de acuerdo la normatividad nacional mencionada, el método seleccionado para la ejecución del ensayo de Proctor Modificado fue el método A, ya que este método, se utiliza cuando el 20% o menos del peso del material, es retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4).

Se ha utilizado un molde de 101.6 mm de diámetro (4 pulg), realizándose un número de capas 5 con el material investigado, así como, se les ha aplicado un número de golpes 25 por cada capa colocada.

Figura 12: *Proctor modificado*



Fuente: Elaboración propia.

h. CBR - MTC E 132

Objetivo

Fijar el procedimiento de ensayo para la obtención de la capacidad de soporte del suelo, teniendo como precedente el contenido de humedad óptimo y densidad estos obtenidos del Proctor modificado.

Equipos requeridos

- Prensa

Similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las

especificadas. El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- Molde, de metal cilíndrico

De $152,4\text{mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ($6 \pm 0,026"$) de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ($7 \pm 0,018"$) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0") de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm ($3/8"$) de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm ($28\ 1/16"$) las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- Disco espaciador de metal de forma circular

De 150,8 mm ($5\ 15/16"$) de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005"$) de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

- Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm ($5\ 7/8"$) de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm ($1/16"$) de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura

(Figura 1d). · Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

- Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener $5 \frac{7}{8}$ " a $5 \frac{15}{16}$ " (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2 \frac{1}{8}$ " aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular
 - De $49,63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ ") de diámetro, área de $19,35$ cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas.
 - Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- Tanque
Con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Balanza

De sensibilidad de 0.01g para muestras de menos de 200g. y de 0.1 g para muestras de suelos que superan los 200 g.

- Guantes, cuchillo, espátula, regla metálica, bandeja metálica, probeta graduada para agregar agua y comba de goma y una cuchara.
- Pisón o Martillo
- Pisón Manual. - Pisón con una guía que posee un suficiente espacio libre para que la caída no sea restringida, teniendo la guía por lo menos 4 orificios de ventilación en cada extremo.
- Horno de secado

De tipo tiro forzado, capaz de mantener continuamente la temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

- Adicional usaremos cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde.

Procedimiento

Para este ensayo se ha evaluado la cantidad que pasa el tamiz de 19.1 mm (3/4") es así cuando más del 75% en peso de la muestra pasa el tamiz este será usado para dicho ensayo, tomando una muestra de 5 500 g al cual se le agregara el óptimo contenido de humedad hallada con anterioridad en el ensayo de Proctor modificado y se aplicara capas sucesivas y por ende la aplicación del número de golpes de 55, 25 y 12 en cada caso se tendrá 3 especímenes de ensayo, las cuales se someten a una inmersión por

4 días y una vez retiradas serán sometidos al ensayo de penetración y determinar el CBR.

Figura 13: *California bearing ratio (CBR)*



Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Instrumentos

El instrumento utilizado fue la ficha de observación, ya que, según Cascante (1989), el uso de una ficha de observación puede ser útil no sólo para la recogida sistemática de datos, sino también para la valoración del seguimiento de cada unidad de correlación con el proyecto curricular que las engloba, siempre con una actitud abierta a cualquier reelaboración del sistema planificado, según las necesidades acaecidas en la práctica, y el común acuerdo del grupo de trabajo.

Asimismo, se han utilizado los formatos de los ensayos de laboratorio realizados.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información fue realizado en base a las especificaciones de cada ensayo de laboratorio realizado, los cuales han sido establecidos en las Normas Técnicas Peruanas y del Ministerio de Transportes y Comunicaciones correspondientes, todo ello fue presentado mediante tablas y graficos respectivos, para un mayor entendimiento e interpretación de los resultados en los programas Microsoft Excel y SPSS, habiéndose seguido el siguiente proceso:

- Determinación de las muestras
- Ubicación de las unidades de observación
- Construcción del instrumento
- Medición o verificación de los indicadores del instrumento
- Elaboración de la matriz de datos
- Procesamiento estadístico de datos

3.8. Técnicas y análisis de datos

En la presente investigación las técnicas y el análisis de los datos tuvieron un enfoque cuantitativo, para ello se utilizó el analisis estadistico y de esta manera se pueda establecer la correlación correspondiente a las variables en estudio, de acuerdo a los indicadores planteados en la operacionalización de las variables; los resultados que se lograron obtener en el capítulo IV de la investigación serán procesados en cuadros descriptivos elaborados en EXCEL.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Características de la subrasante investigada

La subrasante investigada corresponde al Jr. Integración del distrito de Chilca de la provincia de Huancayo del departamento de Junín, en la cual, de acuerdo a los estudios de mecánica de suelos realizados, se cuenta con una subrasante clasificada como pobre, al haberse obtenido un valor de 5.92% de CBR al 0.1” de penetración y al 95% de la máxima densidad seca, esto en función a la categorización de subrasantes que estipula el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos, donde se indica que para subrasantes que obtengan un valor de CBR entre 3% y 6%, le corresponde una categoría S1: Subrasante pobre.

Asimismo, MTC (2014) nos refiere que las subrasantes, hasta una profundidad de 060 m, deben ser adecuadas y estables con un $CBR \geq 6\%$, si el valor es menor, requieren ser estabilizadas. (p. 21)

Figura 14: *Subrasante del Jr. Integración – Chilca.*



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, se realizó una calicata a tajo abierto, con una altura de 1.50 m desde el nivel de la rasante, tal como lo establece la Norma CE.010: Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Asimismo, se han encontrado las siguientes características, para el material de subrasante materia de investigación, como se puede apreciar a continuación:

Tabla 12: *Clasificación de suelos de la subrasante*

CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
		SUCS	AASHTO	
C-01	M-1	CL	A-6(13)	Arcilla fina

Fuente: Resultados de laboratorio

Tabla 13: *Presencia de nivel freático de la subrasante*

CALICATA	NIVEL FREÁTICO
C-01	N.P.

Fuente: Resultados de laboratorio

Tabla 14: *Resultados del próctor modificado de la subrasante*

CALICATA	M.D.S. (gr/cm ³)	O.C.H. (%)
C-01	1.43	12.51

Fuente: Resultados de laboratorio

Tabla 15: *Resultados del CBR de la subrasante*

CALICATA	0.1"		0.2"	
	100%	95%	100%	95%
C-01	9.40	5.92	18.73	15.02

Fuente: Resultados de laboratorio

Como se ha podido apreciar en las tablas anteriores, la subrasante consiste en una arcilla fina con una clasificación SUCS del tipo CL y una clasificación AASHTO de A-6(13), no presentando napa freática a la fecha del ensayo realizado, con un valor de máxima densidad seca de 1.43 gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 12.51%, así como el CBR más crítico, el cual se da al 0.1” de penetración y al 95% de la máxima densidad seca, es de 5.92%, lo cual, de acuerdo a lo estipulado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su Manual de Suelos y Pavimentos, debido a tener un valor de CBR menor al 6%, es clasificada como S0: Subrasante insuficiente, debiendo ser estabilizada.

De acuerdo a los tipos de estabilización recomendadas en el Manual de Suelos y Pavimentos del MTC, se ha considerado la estabilización por sustitución de los suelos de subrasante, es decir, quitar, en una profundidad adecuada, la subrasante, a fin de que sea sustituida o reemplazada por un material granular que tenga mínimamente un valor de CBR al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de 0.1” para el ensayo, de 10%, así como tenga como máximo un valor de índice de plasticidad, del 10.

Como se mencionó en el planteamiento del problema, este tipo de estabilización por sustitución de suelos, es el utilizado en el distrito de Chilca, sin embargo, se sustituye solo en una capa de 0.15 m, indistintamente de realizar un análisis más profundo, por lo que, en la presente investigación se ha realizado un diseño adecuado para las condiciones propias del lugar.

4.2. Precipitación pluvial

4.2.1. Determinación de los meses más lluviosos

Tal como nos indica Menéndez (2017), los efectos que la presencia del agua puede ocasionar en los pavimentos rígidos, son la reducción de la resistencia de los materiales granulares (sub base) y subrasante, la pérdida del material fino en las juntas de las losas, teniéndose como consecuencia fisuras, escalonamiento y deterioro prematuro, a esto se le conoce como bombeo, también produce hundimientos o expansión, afectando, asimismo, la durabilidad en el concreto. (p. 108). Es por este criterio que, Coronado (2002), indica que, a fin de dar solución a los problemas que origina el agua, en el diseño de pavimentos, debemos prevenir la penetración del agua, proveer el drenaje adecuado para conducir el exceso de agua fuera de la estructura, rápidamente, así como construir pavimentos que puedan resistir el efecto de la carga y el agua. (p. 123)

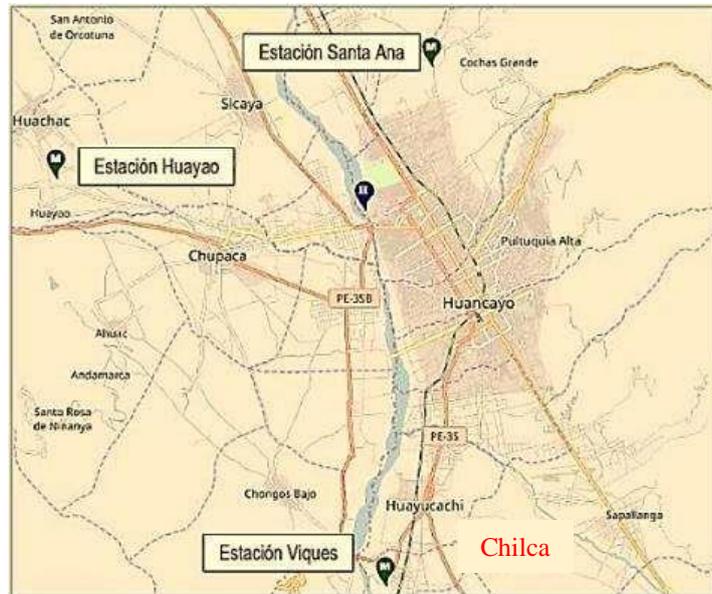
Es por este motivo que debemos de dotar a nuestro pavimento del drenaje adecuado, el cual puede ser a través de drenaje superficial y subdrenajes, si estos se complementan con estructuras y sistemas propios de drenaje pluvial, el sistema es más eficiente.

Por lo tanto, es necesario estudiar las condiciones pluviales de la zona para la cual el pavimento será diseñado, para nuestro caso en particular, nuestro escenario es el distrito de Chilca de la provincia de Huancayo, departamento de Junín.

A fin de determinar estas condiciones pluviales propias del distrito de Chilca de la provincia de Huancayo, se ha utilizado la información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) y sus estaciones meteorológicas dentro del área de influencia de la

ciudad de Huancayo, las cuales son las siguientes: Víquez, Santa Ana y Huayao.

Figura 15: *Ubicación de estaciones meteorológicas utilizadas*



Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

Primeramente, se ha determinado los meses dentro del año, que poseen el mayor volumen de precipitaciones pluviales, para lograr esto, se han considerado los registros mensuales de precipitación acumulada en milímetros de agua de la Estación de Santa Ana, para los años desde el 2012 al 2018, esta data fue encontrada en la página web de la estación descrita, con esta información, se han calculado los valores promedios para cada mes, tal como se puede apreciar en la tabla siguiente:

Tabla 16: *Precipitación total mensual acumulada – Estación Santa Ana*

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL ACUMULADA (mm)

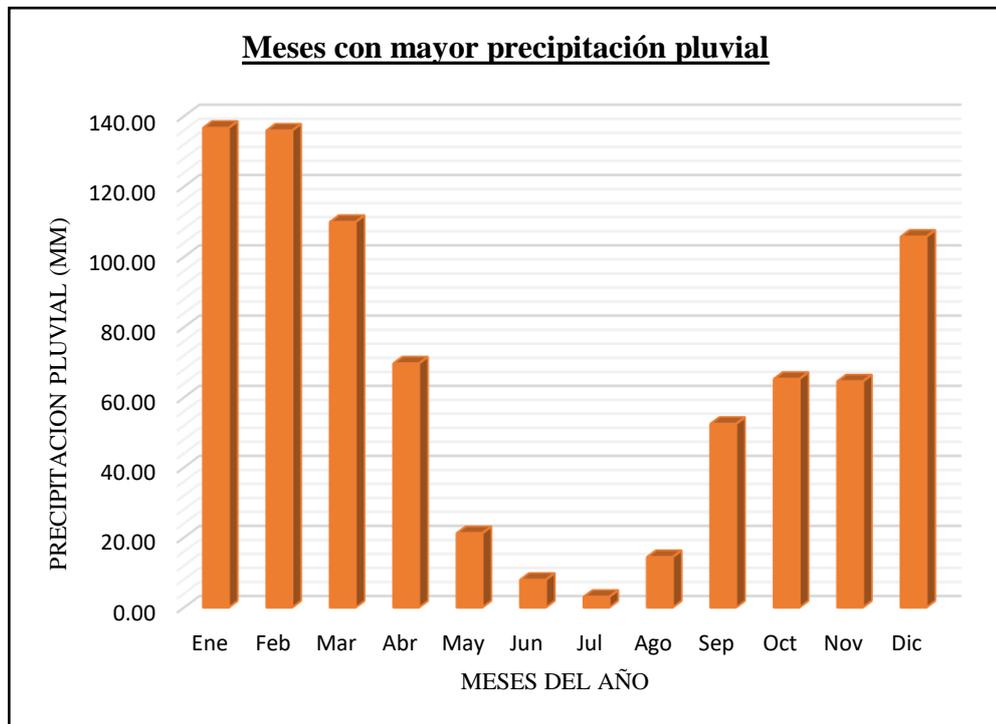
ESTACIÓN:	MAP SANTA ANA		
LATITUD:	12°00'34.04" Sur	DPTO.:	Junín
LONGITUD:	75°13'17.07" Oeste	PROV.:	Huancayo
ALTITUD:	3298 msnm	DIST.:	Chilca
Parámetro	Precipitación Total Mensual (mm)		

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2012	108.40	133.60	75.80	126.70	29.50	28.00	0.00	1.50	37.10	58.00	61.80	185.90
2013	160.00	135.40	85.90	49.60	11.10	5.00	3.70	32.00	38.70	58.30	38.00	131.00
2014	160.00	99.50	179.70	87.30	32.10	0.30	4.20	32.10	83.40	34.60	103.10	100.70
2015	111.60	118.00	95.60	56.00	18.10	15.90	5.30	9.10	68.30	61.30	57.50	111.20
2016	91.50	177.60	74.10	53.60	16.30	0.00	1.40	4.80	29.30	72.50	92.60	72.70
2017	160.50	143.40	109.40	90.93	12.20	0.80	0.00	3.80	55.80	68.70	63.90	83.80
2018	164.60	143.70	148.60	23.30	29.00	5.10	6.40	17.10	54.10	103.20	34.70	54.40
PROMEDIO	136.66	135.89	109.87	69.63	21.19	7.87	3.00	14.34	52.39	65.23	64.51	105.67

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a la data obtenida del SENAMHI.

De la tabla anterior, podemos apreciar claramente que los meses con los valores más altos de precipitaciones pluviales para el distrito de Chilca se presentan en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, como se puede apreciar a continuación:

Gráfico 1: *Meses con mayores precipitaciones en Chilca, Huancayo.*



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, tal como se aprecia en el gráfico anterior, para el distrito de Chilca de la provincia de Huancayo, los meses con mayores precipitaciones pluviales, dentro de un año, son: diciembre, enero, febrero y marzo.

4.2.2. Determinación del número de días con precipitaciones pluviales que producen condiciones de saturación

A fin de calcular los días en los que se producen lluvias con mayor volumen y que puedan producir condiciones de saturación las capas granulares, se debe de analizar la data de precipitación diaria de cada una de las estaciones

meteorológicas, donde se debe de evaluar cuántos días al año presentan precipitaciones mayores a los 10 mm al día, los días que igualen o superen este valor, serán cuantificados y considerados como días que pueden originar condiciones de saturación.

Este procedimiento se ha realizado con la data de cada estación meteorológica mencionada anteriormente, considerándose los años del 2017 al 2019, por ser la información que se encontró en la web del Senamhi, y dentro de cada año, se ha considerado la información diaria para los meses que presentan mayores lluvias, es decir, los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, lo cual podemos apreciar en la tabla a continuación:

Tabla 17: Número de días con precipitaciones ≥ 10 mm en Chilca-Huancayo

ESTACIÓN	MESES CON MAYORES PRECIPITACIONES											
	ENERO			FEBRERO			MARZO			DICIEMBRE		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Santa Ana	6	4	6	5	3	5	2	3	0	2	1	7
Víquez	7	8	6	5	3	5	2	6	0	2	2	6
Huayao	9	4	6	7	2	3	2	6	3	2	1	8
PROMEDIO	8	6	6	6	3	5	2	5	1	2	2	7
PROMEDIO MENSUAL		7			5			3			4	
NÚMERO TOTAL DE DÍAS CON PRECIPITACIONES ≥ 10mm								19				
NÚMERO TOTAL DE DÍAS DEL AÑO								365				
PORCENTAJE								5.21%				

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se puede apreciar en la tabla anterior el promedio de días donde se generan precipitaciones que pueden producir condiciones cercanas a la saturación, considerando el promedio de la data de cada una de las estaciones meteorológicas, es de cuatro días para el mes de diciembre, de siete días en el mes de enero, de cinco días para el mes de febrero y de tres días para el mes de marzo.

Si sumamos todos estos valores, obtenemos una sumatoria de diecinueve días al año, en el cual se producen lluvias que generan condiciones cercanas a la saturación.

Si es que dividimos este valor entre los 365 días que tiene un año, comúnmente y lo multiplicamos por cien, obtenemos el porcentaje de días al año, el cual es de 5.21%, por lo tanto, podemos indicar que el porcentaje de días con precipitaciones mayores o iguales a 10 mm en la ciudad de Chilca-Huancayo, es de 5.21%, lo cual nos servirá para los cálculos posteriores.

4.3. Material para la sustitución de la subrasante de calidad pobre

4.3.1. Características del material de sustitución de la subrasante

Ya que, en el distrito de Chilca, Huancayo, se presentan generalmente subrasantes clasificadas como pobres, con un valor de CBR menor al 6%, el Municipio Distrital de Chilca, cuenta con canteras de las cuales compra el material de sustitución de la subrasante, debido a que este municipio no cuenta con una cantera propia para explotar este tipo de material granular.

Es por eso que se compra el material de las siguientes canteras: La Huaycha, Concepción, Sausa y Jauja, las cuales cumplen los requisitos estipulados en el capítulo IX de estabilización de suelos del Manual del MTC

de Suelos y Pavimentos, los cuales indican que el material de sustitución debe tener un valor de CBR mayor o igual al 10% y un índice de plasticidad menor o igual a 10.

La ubicación de estas canteras es la siguiente:

Figura 16: *Ubicación de canteras de material de sustitución*



Fuente: Elaboración propia.

Para cada una de las canteras indicadas anteriormente, se han realizado los ensayos de mecánica de suelos correspondientes, a fin de determinar sus características particulares y evaluar si es que cumplen con los parámetros que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, lo cual podemos apreciar a continuación:

CANTERA LA HUAYCHA:

Tabla 18: *Límites de consistencia – Cantera La Huaycha*

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	21.62
% LÍMITE PLÁSTICO	19.77
ÍNDICE PLÁSTICO	1.85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: *Clasificación de suelos – Cantera La Huaycha*

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS (ASTM D-2487)	GW-GM
AASHTO (ASTM D-3282)	A-2-4(0)
NOMBRE DEL GRUPO	Grava bien graduada con limo y arena

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: *Porcentajes por tamaños – Cantera La Huaycha*

PORCENTAJES DE TAMAÑOS	
% GRAVA	69.36%
% ARENA	21.54%
% FINO	9.10%
	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: *Abrasión Los Ángeles – Cantera La Huaycha*

ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES ASTM C 31, ASTM C 535, AASTHO T 96	
CALICATA	DESGASTE (%)
C-01	30.38

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: *Equivalente de Arena – Cantera La Huaycha*

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419	
CALICATA	EQUIVALENTE DE ARENA (%)
C-01	42.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: *Próctor modificado – Cantera La Huaycha*

CALICATA	M.D.S. (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
C-01	2.11	7.54

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: *CBR – Cantera La Huaycha*

CALICATA	0.1"		0.2"	
	100%	95%	100%	95%
C-01	27.26	19.62	36.38	29.08

Fuente: Elaboración propia.

CANTERA CONCEPCIÓN:

Tabla 25: *Límites de consistencia – Cantera Concepción*

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	18.63
% LÍMITE PLÁSTICO	15.22
ÍNDICE PLÁSTICO	3.41

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: *Clasificación de suelos – Cantera Concepción*

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS (ASTM D-2487)	GC-GM
AASHTO (ASTM D-3282)	A-2-4(0)
NOMBRE DEL GRUPO	Grava limosa-arcillosa con arena

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27: *Porcentajes por tamaños – Cantera Concepción*

PORCENTAJES DE TAMAÑOS	
% GRAVA	67.69%
% ARENA	20.05%
% FINO	12.26%
	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: *Abrasión Los Ángeles – Cantera Concepción*

ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES ASTM C 31, ASTM C 535, AASTHO T 96	
CALICATA	DESGASTE (%)
C-01	34.77

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: *Equivalente de Arena – Cantera Concepción*

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419	
CALICATA	EQUIVALENTE DE ARENA (%)
C-01	37.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: *Próctor modificado – Cantera Concepción*

CALICATA	M.D.S. (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
C-01	2.24	7.95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: *CBR – Cantera Concepción*

CALICATA	0.1"		0.2"	
	100%	95%	100%	95%
C-01	22.37	14.56	31.86	24.17

Fuente: Elaboración propia.

CANTERA SAUSA:

Tabla 32: *Límites de consistencia – Cantera Sausa*

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	20.14
% LÍMITE PLÁSTICO	17.18
ÍNDICE PLÁSTICO	2.96

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: *Clasificación de suelos – Cantera Sausa*

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS (ASTM D-2487)	GC-GM
AASHTO (ASTM D-3282)	A-2-4(0)
NOMBRE DEL GRUPO	Grava limosa-arcillosa con arena

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: *Porcentajes por tamaños – Cantera Sausa*

PORCENTAJES DE TAMAÑOS	
% GRAVA	68.63%
% ARENA	19.14%
% FINO	12.23%
	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: *Abrasión Los Ángeles – Cantera Sausa*

ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES ASTM C 31, ASTM C 535, AASTHO T 96	
CALICATA	DESGASTE (%)
C-01	36.94

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: *Equivalente de Arena – Cantera Sausa*

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419	
CALICATA	EQUIVALENTE DE ARENA (%)
C-01	35.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: *Próctor modificado – Cantera Sausa*

CALICATA	M.D.S. (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
C-01	2.07	8.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: *CBR – Cantera Sausa*

CALICATA	0.1"		0.2"	
	100%	95%	100%	95%
C-01	21.54	13.17	30.05	22.64

Fuente: Elaboración propia.

CANTERA JAUJA:

Tabla 39: *Límites de consistencia – Cantera Jauja*

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	19.86
% LÍMITE PLÁSTICO	16.69
ÍNDICE PLÁSTICO	3.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: *Clasificación de suelos – Cantera Jauja*

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS (ASTM D-2487)	GW-GM
AASHTO (ASTM D-3282)	A-2-4(0)
NOMBRE DEL GRUPO	Grava bien graduada con limo y arena

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41: *Porcentajes por tamaños – Cantera Jauja*

PORCENTAJES DE TAMAÑOS	
% GRAVA	72.74%
% ARENA	21.38%
% FINO	5.88%

100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: *Abrasión Los Ángeles – Cantera Jauja*

ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES ASTM C 31, ASTM C 535, AASTHO T 96	
CALICATA	DESGASTE (%)
C-01	36.59

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: *Equivalente de Arena – Cantera Jauja*

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419	
CALICATA	EQUIVALENTE DE ARENA (%)
C-01	37.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: *Próctor modificado – Cantera Jauja*

CALICATA	M.D.S. (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
C-01	2.17	6.93

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: *CBR – Cantera Jauja*

CALICATA	0.1"		0.2"	
	100%	95%	100%	95%
C-01	32.14	22.84	43.08	34.18

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se ha podido apreciar, el material de sustitución de subrasante para cada cantera investigada, está constituida por gravas bien graduadas con limo y arena o por gravas limosas arcillosas con arena, con características adecuadas para ser utilizadas como material granular de sustitución de subrasantes, cumpliendo lo que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, establece, a través del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos, en relación al CBR, como podemos apreciar a continuación:

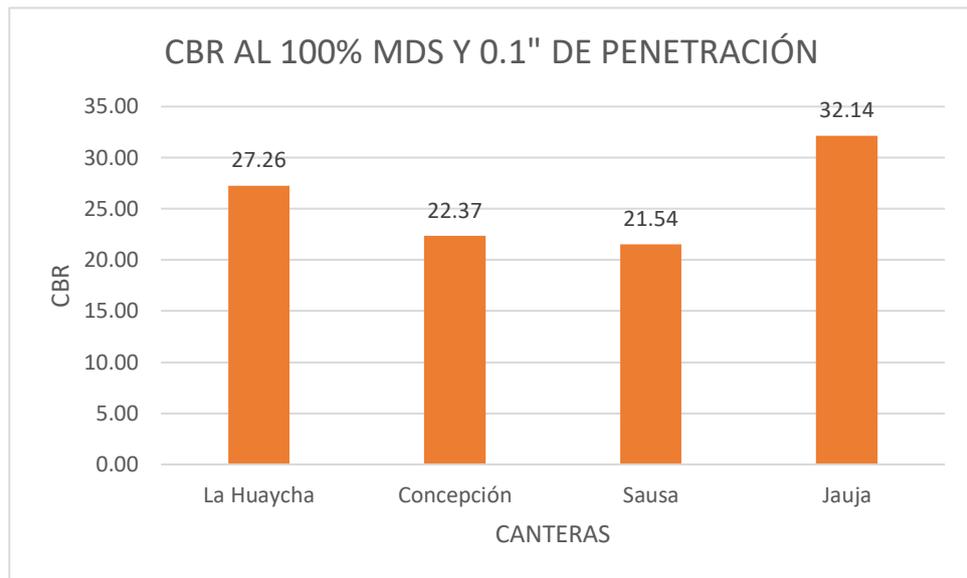
Tabla 46: *Resumen de valores de CBR por cantera*

CANTERA	CBR (Al 100% MDS - 0.1")
La Huaycha	27.26
Concepción	22.37
Sausa	21.54
Jauja	32.14

Fuente: Elaboración propia.

Tal como hemos podido apreciar en la tabla anterior, todos los valores de CBR de las canteras sobrepasan el valor mínimo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (CBR > 10% al 100% de la máxima densidad seca y al 0.1” de penetración), por lo tanto, los materiales de sustitución de cada una de las canteras investigadas, cumple con el valor de CBR establecido.

Gráfico 2: Comparativo del valor de CBR por cantera



Fuente: Elaboración propia.

Hemos podido apreciar que el valor del CBR al 100% de la máxima densidad seca y al 0.1” de penetración, de cada cantera supera el valor mínimo de CBR>10%, teniendo la cantera de Jauja el mayor valor con 32.14%, seguido de la cantera de La Huaycha con 27.26%, luego la cantera Concepción con 22.37% y, por último, la cantera Sausa con un valor de 21.54%.

En cuanto, al índice de plasticidad, el Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos establece un mayor máximo de 10, podemos ver a continuación los resultados obtenidos para cada cantera investigada:

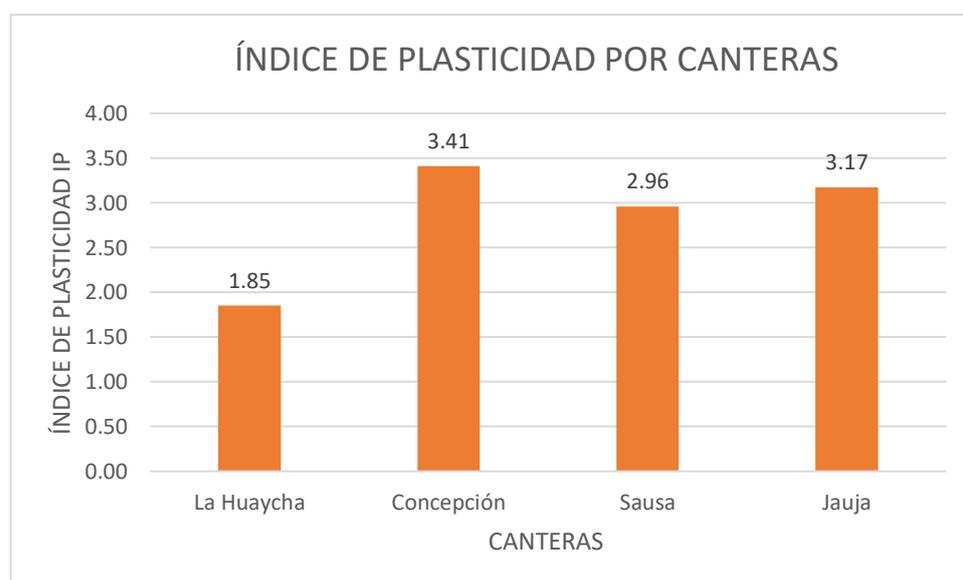
Tabla 47: Resumen de índice de plasticidad por cantera

CANTERA	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
La Huaycha	1.85
Concepción	3.41
Sausa	2.96
Jauja	3.17

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que el valor del índice de plasticidad por cada cantera no llega al valor máximo de 10 establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Gráfico 3: Comparativo del valor de IP por cantera



Tal como se muestra en la tabla anterior, la cantera La Huaycha presenta el menor valor de IP, siendo este de 1.85, luego la cantera Sausa con un valor de 2.96, seguid de la cantera Jauja con un valor de 3.17 y la cantera Concepción, con un valor de 3.41.

Asimismo, el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, del Ministerio de Transportes y comunicaciones, establece que el material de sustitución debe cumplir las condiciones dadas para las coronas de terraplenes, siendo estas las siguientes:

- Tamaño máximo: 7.5 cm
- Índice de plasticidad: < 10%
- Desgaste de Los Ángeles: 60% máximo
- Tipo de material: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3.

En ese sentido, el material de sustitución de las canteras cumple en cuanto al tamaño máximo 7.5cm, al poder este ser zarandeado, en cuanto al índice de plasticidad, hemos visto anteriormente que ninguna cantera supera el valor máximo de 10%, así como, el tipo de material es A-2-4 en todas las canteras.

En cuanto al desgaste medido a través del ensayo de Abrasión de Los Ángeles, un supera el valor máximo, tal como podemos apreciar a continuación:

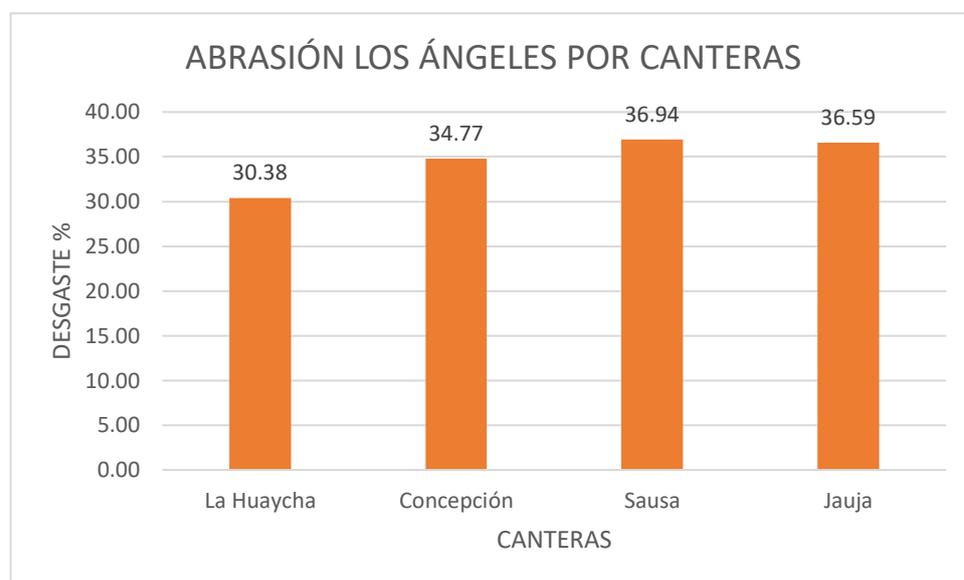
Tabla 48: *Resumen de índice de plasticidad por cantera*

CANTERA	DESGASTE (%)
La Huaycha	30.38
Concepción	34.77
Sausa	36.94
Jauja	36.59

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha podido apreciar, ningún valor supera el valor máximo de 60%, por lo que el material de sustitución de las canteras investigadas, cumple con los requerimientos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Gráfico 4: *Comparativo desgaste Los Ángeles por cantera*



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se ve en el gráfico anterior, el material de la cantera La Huaycha tiene el valor menor, siendo este de 30.385, seguido de la cantera Concepción, con un valor de 34.77%, luego la cantera Jauja con un valor de 36.59% y, por último, el valor mayor de 36.945, lo tiene la cantera Sausa.

Por lo tanto, el material de sustitución de todas las canteras cumple con los requisitos estipulados por el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, como se ha podido apreciar.

En ese sentido, conociéndose que el material proporcionado por las 4 canteras investigadas cumple, es momento de determinar cuál es el espesor

que debe de tener la capa de sustitución de subrasante, adecuada para las condiciones particulares del área en investigación.

4.4. Determinación de coeficientes de diseño

A fin de realizar el cálculo del espesor de la capa de sustitución por el método del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el cual proviene de la metodología de diseño de pavimentos AASHTO 1993 y por el método del módulo resiliente compuesto el cual es empleado por la metodología AASHTO 2002, se requiere de la determinación de los coeficientes de diseño, de acuerdo a cada metodología mencionada anteriormente, lo cual se procede a realizar a continuación:

4.4.1. Características de drenaje de la capa de sustitución de subrasante

De acuerdo a los ensayos de mecánica de suelos realizados al material de sustitución de cada una de las canteras se ha podido determinar que los suelos son granulares, del tipo GC-GM y GW-GM de acuerdo a la clasificación SUCS y son del tipo A-2-4(0) de acuerdo a la clasificación AASHTO, este tipo de material está compuesto por partículas que poseen una muy buena capacidad de soporte a cargas, así como poseen una elevada permeabilidad, la que proporciona una adecuada capacidad para el drenaje, la cual es directamente proporcional a la porosidad del suelo, es decir en función a la granulometría del material.

En ese sentido, Menéndez (2016), nos indica que para calcular el coeficiente de drenaje, se debe de considerar la calidad de drenaje, así como el tiempo en el que permanezca el agua dentro de las capas de la estructura del pavimento, a fin de realizar este cálculo, debemos de conocer la permeabilidad

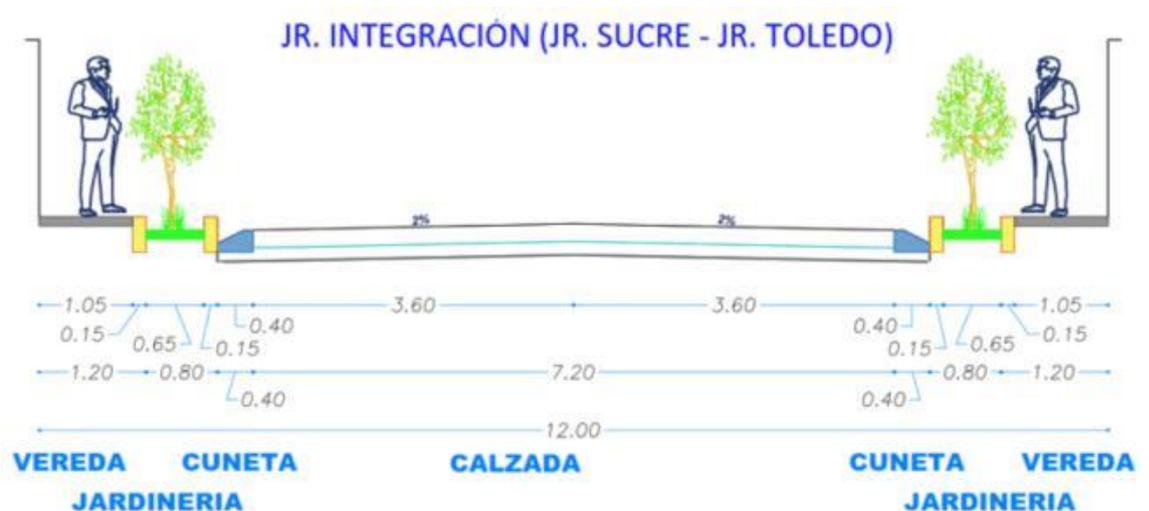
del material, así como la pendiente longitudinal y transversal, propia de la geometría del diseño vial, así como también, se debe conocer cuál es el caudal de agua que se infiltrará en la capa de material. (p. 96)

4.4.2. Tiempo de remoción del agua

4.4.2.1. Características geométricas

Las características geométricas corresponden al diseño de sección vial del Jr. Integración, las cuales permiten conocer el tiempo en el cual el agua drenará fuera de la capa de sustitución de la subrasante por gravedad, podemos apreciar a continuación:

Figura 17: *Diseño geométrico vial del Jr. Integración*



Fuente: Municipalidad Distrital de Chilca - Huancayo.

- Ancho de carril: tal como se aprecia en la figura anterior, el ancho del carril para la vía es de 3.60 m.
- Bombeo o pendiente transversal: de acuerdo a la información proporcionada por la Municipalidad Distrital de Chilca, el bombeo o pendiente transversal es de 2%, lo cual está acorde a lo

que indica la Norma CE.010: Pavimentos Urbanos, que estipula un valor mínimo de 1.5%.

- Pendiente longitudinal: de acuerdo a la información proporcionada por la Municipalidad Distrital de Chilca, pendiente longitudinal más crítica es de 0.80%, por lo tanto, para la presente investigación se ha trabajado con la condición más crítica de esta pendiente. Cabe indicar que este valor de 0.80%, cumple con el valor mínimo establecido por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, que estipula un valor mínimo de 0.5%.

Figura 18: *Pendiente longitudinal del Jr. Integración*



Fuente: Municipalidad Distrital de Chilca - Huancayo.

4.4.2.2. Parámetros de permeabilidad de la capa de sustitución

Las características de permeabilidad de la capa de sustitución que se requieren conocer son el espesor propuesto de la capa de sustitución, densidad seca del material de sustitución, peso específico de sólidos, índice de plasticidad, valor del diámetro efectivo D_{10} , valor del diámetro efectivo D_{60} , porcentaje pasante de la malla Nro. 200.

Estos parámetros se han obtenido de los estudios de mecánica de suelos realizados ya mostrados anteriormente, en cuanto al peso específico de sólidos y de la densidad seca tenemos:

Tabla 49: *Resumen de la densidad seca y peso específico de sólidos por cantera*

CANTERA	DENSIDAD SECA	PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS
La Huaycha	2.18	2.64
Concepción	2.21	2.70
Sausa	2.27	2.68
Jauja	2.25	2.70

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al cálculo de valor del diámetro efectivo D_{10} y del valor del diámetro efectivo D_{60} , se ha utilizado la interpolación semilogarítmica dada por (Bardet, 1997).

4.4.2.3. Determinación de la permeabilidad de la capa de sustitución

Para la determinación de la permeabilidad, de la capa de sustitución existen varios métodos, para la presente investigación se ha utilizado el método propuesto por Hanzen:

$$k=C_k D_{10}^2$$

Donde:

- C: Coeficiente experimental de acuerdo al suelo.
- k : Permeabilidad (mm/s).
- D_{10} : Tamaño efectivo por debajo del que queda el 10%.

De igual manera, debe de realizar el cálculo de la porosidad (n) del material de sustitución de la subrasante, una vez calculada se debe de calcular la porosidad efectiva (ne), ya que esta, nos indica la cantidad de poros interconectados o espacios intersticiales que contribuyen al flujo de fluidos o a la permeabilidad.

A fin de realizar estos cálculos, Menéndez (2016) recomienda las siguientes ecuaciones:

$$n = 1 - \frac{\text{Densidad Seca}}{\text{Peso Específico de los Sólidos}}$$

$$n_e = 0.80 n$$

4.4.2.4. Tiempo de drenaje

Es el tiempo en el cual la capa de material de sustitución debe evacuar las aguas, debiendo ser este, el menor posible, para este cálculo, a fin de eliminar el 50% del caudal, se han utilizado las siguientes ecuaciones:

$$t = T m 24$$

Donde:

- m: factor de permeabilidad
- t: tiempo de drenaje en horas
- T: factor de tiempo

$$t_{50} = \frac{n_e L^2}{2k(H+SL)}$$

Donde:

k: Coeficiente de permeabilidad (Hazen)

n_e : Porosidad efectiva

L: Ancho total del carril

S: Pendiente resultante (pendiente long. y transversal)

H: Espesor propuesto de la capa de sustitución

4.4.3. Cálculo de coeficientes de diseño para la metodología AASHTO 93 (método del MTC)

De acuerdo a los valores y cálculos obtenidos anteriormente, se ha calculado el tiempo de remoción del agua para un 50% de saturación, la metodología AASHTO 93 establece los siguientes valores para calificar el porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación:

Tabla 50: *Tabla de calificación del porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación*

Calificación de drenaje	Tiempo para drenar el 50%	EN HORAS
Excelente	2 horas	2.00
Bueno	1 día	24.00
Regular	1 semana	168.00
Pobre	1 mes	672.00
Muy Pobre	Nunca	672.00

Fuente: Metodología AASHTO 93

En función de los valores procesados, se puede determinar el coeficiente de drenaje m^4 del material de subrasante para cada cantera investigada.

4.4.4. Cálculo del tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación

De acuerdo a los parámetros mencionados anteriormente, se ha realizado el cálculo de tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación, para lo cual se han considerado diferentes propuestas de capas de espesor de sustitución de la subrasante, 0.30m, 0.35m, 0.40m, 0.45m, 0.50m y 0.55m, para ser

considerados en futuros proyectos, así como se han considerado las características particulares del material de cada una de las canteras investigadas.

Se muestran a continuación los cálculos correspondientes:

Tabla 51: *Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 30 cm)*

DATOS PLUVIALES DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:					
% saturación en el distrito de Chilca		5.21 %			
Características Capa Sustitución		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA
Espesor de sustitución (cm)	H=	30	30	30	30
Densidad seca material sustitución		2.180	2.210	2.270	2.250
Peso específico de sólidos		2.64	2.70	2.68	2.70
Clasificación SUCS		GW-GM	GC-GM	GC-GM	GW-GM
D10 (mm)		0.11	0.075	0.075	0.31
P200		9.10	12.26	12.23	5.88
IP		1.85	3.41	2.96	3.17
D60 (mm)		45.67	42.83	41.82	49.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 30 cm)

PARÁMETROS DE CALCULO			LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA
Pendiente resultante	Sr	$Sr = (S^2 + Sx^2)^{1/2}$	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
Porosidad	n	$n = 1 - (\text{densidad seca}/\text{p.e. sólidos})$	0.174	0.181	0.153	0.167
Porosidad efectiva	ne	$ne = 0.80n$	0.139	0.145	0.122	0.134
Coeficiente de permeabilidad (Hazen)	K	$K = Ck (D10/10)^2$	0.011262	0.005625	0.005625	0.095754
		$ne \times L^2 =$	18,014.40	18,792.00	15,811.20	17,366.40
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$(H+SL) =$	37.78	37.78	37.78	37.78
		$2K (H+SL) =$	0.851	0.425	0.425	7.234
		$86,400 (2K (H+SL)) =$	73,514.876	36,718.272	36,718.272	625,052.696
		$t50 = (ne \times L^2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.245	0.512	0.431	0.028
		$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	5.88	12.28	10.33	0.67
	t50 (horas)	Valor redondeado	6.00	13.00	11.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: *Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 35 cm)*

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD Y TIEMPO DE EVACUACIÓN

DATOS GEOMÉTRICOS DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

Ancho de carril Jr. Integración	L=	360 cm
Pendiente transversal (bombeo):	Sx=	0.020 %
Pendiente longitudinal más crítica:	S=	0.008 %

DATOS PLUVIALES DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

% saturación en el distrito de Chilca	5.21 %
---------------------------------------	--------

Características Capa Sustitución		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA
Espesor de sustitución (cm)	H=	35	35	35	35
Densidad seca material sustitución		2.180	2.210	2.270	2.250
Peso específico de sólidos		2.64	2.70	2.68	2.70
Clasificación SUCS		GW-GM	GC-GM	GC-GM	GW-GM
D10 (mm)		0.11	0.075	0.075	0.31
P200		9.10	12.26	12.23	5.88
IP		1.85	3.41	2.96	3.17
D60 (mm)		45.67	42.83	41.82	49.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 35 cm)

PARÁMETROS DE CALCULO			LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA
Pendiente resultante	Sr	$Sr = (S^2 + Sx^2)^{1/2}$	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
Porosidad	n	$n = 1 - (\text{densidad seca}/\text{p.e. sólidos})$	0.174	0.181	0.153	0.167
Porosidad efectiva	ne	$ne = 0.80n$	0.139	0.145	0.122	0.134
Coefficiente de permeabilidad (Hazen)	K	$K = Ck (D10/10)^2$	0.011262	0.005625	0.005625	0.095754
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación		$ne \times L^2 =$	18,014.40	18,792.00	15,811.20	17,366.40
		$(H+SL) =$	42.78	42.78	42.78	42.78
	t50 (días)	$2K (H+SL) =$	0.963	0.481	0.481	8.192
		$86,400 (2K (H+SL)) =$	83,245.244	41,578.272	41,578.272	707,784.152
		$t50 = (ne \times L^2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.216	0.452	0.380	0.025
	t50 (horas)	$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	5.19	10.85	9.13	0.59
	t50 (horas)	Valor redondeado	6.00	11.00	10.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: *Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 40 cm)*

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD Y TIEMPO DE EVACUACIÓN

DATOS GEOMÉTRICOS DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

Ancho de carril Jr. Integración	L=	360 cm
Pendiente transversal (bombeo):	Sx=	0.020 %
Pendiente longitudinal más crítica:	S=	0.008 %

DATOS PLUVIALES DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

% saturación en el distrito de Chilca	5.21 %
---------------------------------------	--------

Características Capa Sustitución		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA
Espesor de sustitución (cm)	H=	40	40	40	40
Densidad seca material sustitución		2.180	2.210	2.270	2.250
Peso específico de sólidos		2.64	2.70	2.68	2.70
Clasificación SUCS		GW-GM	GC-GM	GC-GM	GW-GM
D10 (mm)		0.11	0.075	0.075	0.31
P200		9.10	12.26	12.23	5.88
IP		1.85	3.41	2.96	3.17
D60 (mm)		45.67	42.83	41.82	49.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56: Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 40 cm)

PARÁMETROS DE CALCULO			LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA
Pendiente resultante	Sr	$Sr = (S^2 + Sx^2)^{1/2}$	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
Porosidad	n	$n = 1 - (\text{densidad seca/p.e. sólidos})$	0.174	0.181	0.153	0.167
Porosidad efectiva	ne	$ne = 0.80n$	0.139	0.145	0.122	0.134
Coeficiente de permeabilidad (Hazen)	K	$K = Ck (D10/10)^2$	0.011262	0.005625	0.005625	0.095754
		$ne \times L^2 =$	18,014.40	18,792.00	15,811.20	17,366.40
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$(H+SL) =$	47.78	47.78	47.78	47.78
		$2K (H+SL) =$	1.076	0.537	0.537	9.149
		$86,400 (2K (H+SL)) =$	92,975.612	46,438.272	46,438.272	790,515.608
		$t50 = (ne \times L^2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.194	0.405	0.340	0.022
		$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	4.65	9.71	8.17	0.53
	t50 (horas)	Valor redondeado	5.00	10.00	9.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: *Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 45 cm)*

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD Y TIEMPO DE EVACUACIÓN

DATOS GEOMÉTRICOS DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

Ancho de carril Jr. Integración	L=	360 cm
Pendiente transversal (bombeo):	Sx=	0.020 %
Pendiente longitudinal más crítica:	S=	0.008 %

DATOS PLUVIALES DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

% saturación en el distrito de Chilca	5.21 %
---------------------------------------	--------

Características Capa Sustitución		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA
Espesor de sustitución (cm)	H=	45	45	45	45
Densidad seca material sustitución		2.180	2.210	2.270	2.250
Peso específico de sólidos		2.64	2.70	2.68	2.70
Clasificación SUCS		GW-GM	GC-GM	GC-GM	GW-GM
D10 (mm)		0.11	0.075	0.075	0.31
P200		9.10	12.26	12.23	5.88
IP		1.85	3.41	2.96	3.17
D60 (mm)		45.67	42.83	41.82	49.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 45 cm)

PARÁMETROS DE CALCULO			LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA
Pendiente resultante	Sr	$Sr = (S^2 + Sx^2)^{1/2}$	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
Porosidad	n	$n = 1 - (\text{densidad seca/p.e. sólidos})$	0.174	0.181	0.153	0.167
Porosidad efectiva	ne	$ne = 0.80n$	0.139	0.145	0.122	0.134
Coeficiente de permeabilidad (Hazen)	K	$K = Ck (D10/10)^2$	0.011262	0.005625	0.005625	0.095754
		$ne \times L^2 =$	18,014.40	18,792.00	15,811.20	17,366.40
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$(H+SL) =$	52.78	52.78	52.78	52.78
		$2K (H+SL) =$	1.189	0.594	0.594	10.107
		$86,400 (2K (H+SL)) =$	102,705.980	51,298.272	51,298.272	873,247.064
		$t50 = (ne \times L^2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.175	0.366	0.308	0.020
		$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	4.21	8.79	7.40	0.48
	t50 (horas)	Valor redondeado	5.00	9.00	8.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: *Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 50 cm)*

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD Y TIEMPO DE EVACUACIÓN

DATOS GEOMÉTRICOS DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

Ancho de carril Jr. Integración	L=	360 cm
Pendiente transversal (bombeo):	Sx=	0.020 %
Pendiente longitudinal más crítica:	S=	0.008 %

DATOS PLUVIALES DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

% saturación en el distrito de Chilca	5.21 %
---------------------------------------	--------

Características Capa Sustitución		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA
Espesor de sustitución (cm)	H=	50	50	50	50
Densidad seca material sustitución		2.180	2.210	2.270	2.250
Peso específico de sólidos		2.64	2.70	2.68	2.70
Clasificación SUCS		GW-GM	GC-GM	GC-GM	GW-GM
D10 (mm)		0.11	0.075	0.075	0.31
P200		9.10	12.26	12.23	5.88
IP		1.85	3.41	2.96	3.17
D60 (mm)		45.67	42.83	41.82	49.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 50 cm)

PARÁMETROS DE CALCULO			LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA
Pendiente resultante	Sr	$Sr = (S^2 + Sx^2)^{1/2}$	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
Porosidad	n	$n = 1 - (\text{densidad seca}/\text{p.e. sólidos})$	0.174	0.181	0.153	0.167
Porosidad efectiva	ne	$ne = 0.80n$	0.139	0.145	0.122	0.134
Coefficiente de permeabilidad (Hazen)	K	$K = Ck (D10/10)^2$	0.011262	0.005625	0.005625	0.095754
		$ne \times L^2 =$	18,014.40	18,792.00	15,811.20	17,366.40
		$(H+SL) =$	57.78	57.78	57.78	57.78
	t50 (días)	$2K (H+SL) =$	1.301	0.650	0.650	11.065
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación		$86,400 (2K (H+SL)) =$	112,436.348	56,158.272	56,158.272	955,978.520
		$t50 = (ne \times L^2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.160	0.335	0.282	0.018
	t50 (horas)	$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	3.85	8.03	6.76	0.44
	t50 (horas)	Valor redondeado	4.00	9.00	7.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: *Parámetros para cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 55 cm)*

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD Y TIEMPO DE EVACUACIÓN

DATOS GEOMÉTRICOS DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

Ancho de carril Jr. Integración	L=	360 cm
Pendiente transversal (bombeo):	Sx=	0.020 %
Pendiente longitudinal más crítica:	S=	0.008 %

DATOS PLUVIALES DE LA CAPA DE SUSTITUCIÓN:

% saturación en el distrito de Chilca	5.21 %
---------------------------------------	--------

Características Capa Sustitución		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA
Espesor de sustitución (cm)	H=	55	55	55	55
Densidad seca material sustitución		2.180	2.210	2.270	2.250
Peso específico de sólidos		2.64	2.70	2.68	2.70
Clasificación SUCS		GW-GM	GC-GM	GC-GM	GW-GM
D10 (mm)		0.11	0.075	0.075	0.31
P200		9.10	12.26	12.23	5.88
IP		1.85	3.41	2.96	3.17
D60 (mm)		45.67	42.83	41.82	49.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62: Cálculo del tiempo de drenaje del agua (espesor = 55 cm)

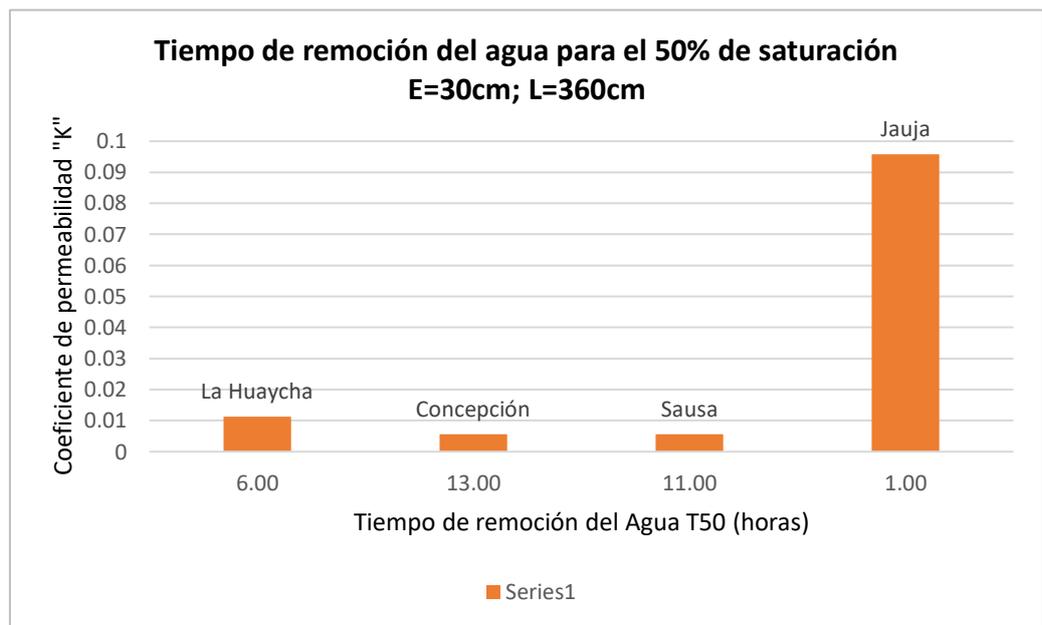
PARÁMETROS DE CALCULO			LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA
Pendiente resultante	Sr	$Sr = (S^2 + Sx^2)^{1/2}$	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
Porosidad	n	$n = 1 - (\text{densidad seca/p.e. sólidos})$	0.174	0.181	0.153	0.167
Porosidad efectiva	ne	$ne = 0.80n$	0.139	0.145	0.122	0.134
Coeficiente de permeabilidad (Hazen)	K	$K = Ck (D10/10)^2$	0.011262	0.005625	0.005625	0.095754
		$ne \times L^2 =$	18,014.40	18,792.00	15,811.20	17,366.40
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$(H+SL) =$	62.78	62.78	62.78	62.78
		$2K (H+SL) =$	1.414	0.706	0.706	12.022
		$86,400 (2K (H+SL)) =$	122,166.716	61,018.272	61,018.272	1,038,709.976
		$t50 = (ne \times L^2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.147	0.308	0.259	0.017
		$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	3.54	7.39	6.22	0.40
	t50 (horas)	Valor redondeado	4.00	8.00	7.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores hemos podido apreciar el cálculo del número de horas para el drenaje o remoción del agua para el 50% de saturación de las capas de sustitución, con el material de las cuatro canteras investigadas, para diferentes espesores de capa, desde 30 cm hasta 55 cm.

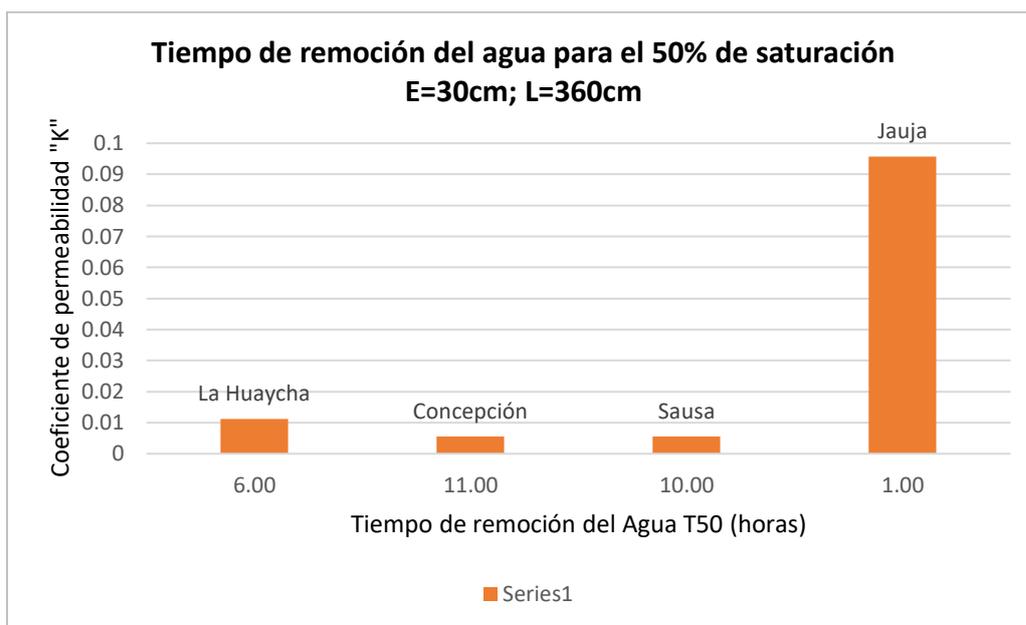
De la comparación de los diferentes resultados por cantera, podemos indicar lo siguiente:

Gráfico 5: *Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 30 cm*



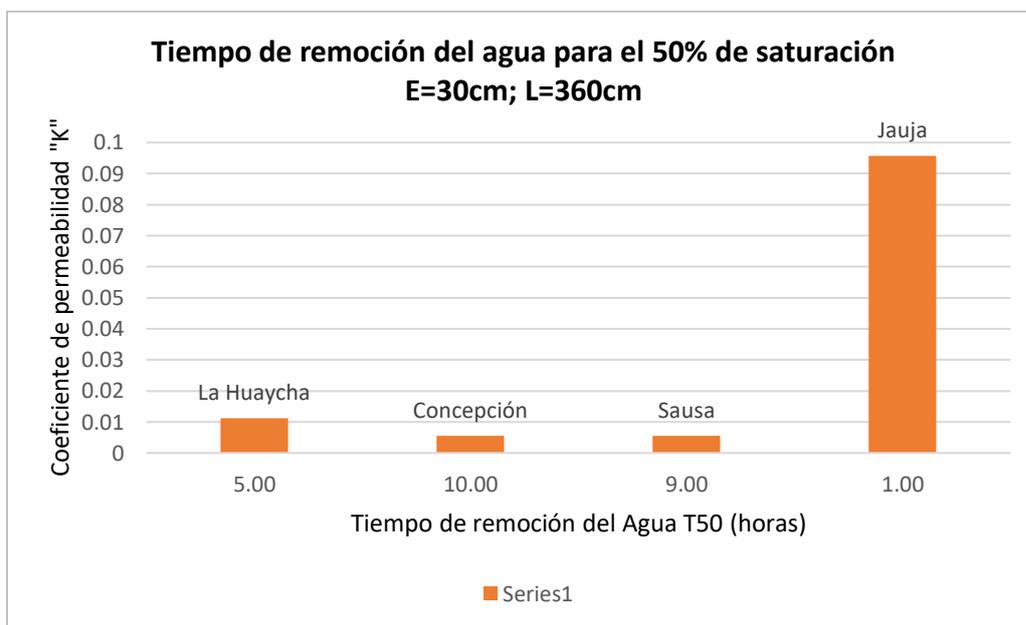
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6: Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 35 cm



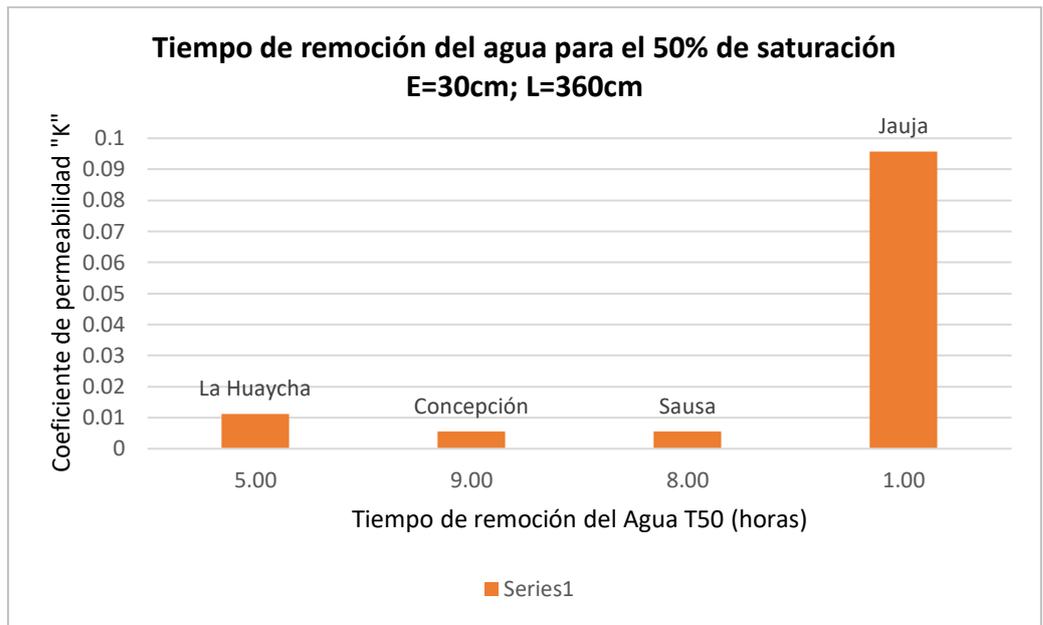
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7: Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 40 cm



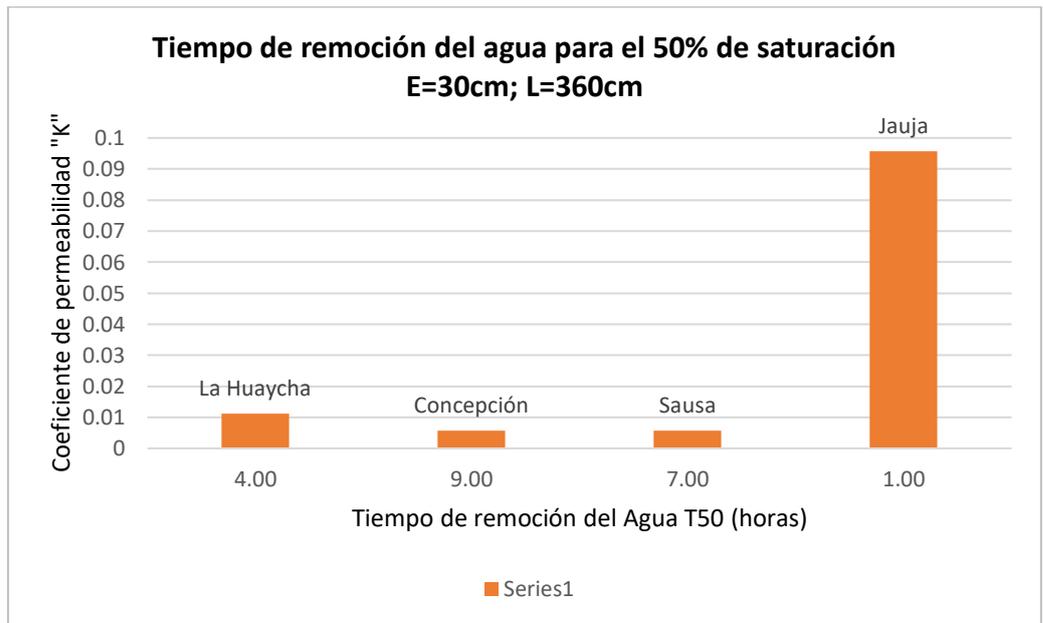
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8: Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 45 cm



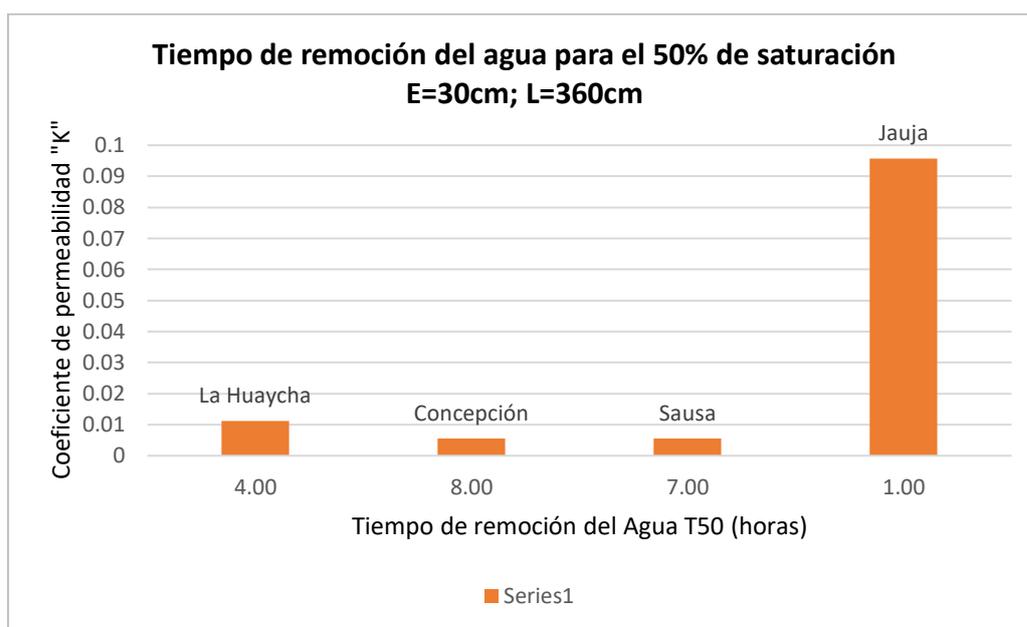
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9: Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 50 cm



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10: Comparativo tiempo de drenaje para un espesor de 55 cm



Fuente: Elaboración propia.

De los gráficos anteriores podemos observar que es el material de sustitución de la cantera de Jauja, la que tiene un mayor coeficiente de permeabilidad “K” y por lo tanto requiere de un menor tiempo para la remoción o drenaje del agua, luego de esta cantera, le sigue la cantera de La Huaycha, luego la de Concepción y por último a la de Sausa,

Asimismo, podemos apreciar que, a mayor espesor de la capa de sustitución, se requiere de menor tiempo para el drenaje del agua.

4.4.5. Cálculo del coeficiente de drenaje m4

En base a los datos obtenidos, correspondiente al tiempo de drenaje del agua para el material de sustitución de cada cantera, en base a los diferentes espesores de capas de sustitución investigados, datos de precipitación pluvial y la clasificación de drenaje recomendada por la metodología AASHTO, se han obtenido los siguientes coeficientes de drenaje m4:

Tabla 63: Cálculo del coeficiente de drenaje m4 (espesor = 30 cm)

Parámetros de Cálculo		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA	
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$t50 = (ne \times L2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.245	0.512	0.431	0.028
	t50 (horas)	$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	6.00	13.00	11.00	1.00
Calificación de drenaje (calidad)	Relación entre el tiempo de remoción del agua y la calidad del drenaje de acuerdo al AASTHO 93		Bueno	Bueno	Bueno	Excelente
Precipitación pluvial	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		5.21%	5.21%	5.21%	5.21%
Coeficiente de drenaje para material de sustitución (m4)	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		1.10	1.10	1.10	1.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64: Cálculo del coeficiente de drenaje m4 (espesor = 35 cm)

Parámetros de Cálculo		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA	
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$t50 = (ne \times L2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.216	0.452	0.380	0.025
	t50 (horas)	$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	6.00	11.00	10.00	1.00
Calificación de drenaje (calidad)	Relación entre el tiempo de remoción del agua y la calidad del drenaje de acuerdo al AASTHO 93		Bueno	Bueno	Bueno	Excelente
Precipitación pluvial	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		5.21%	5.21%	5.21%	5.21%
Coeficiente de drenaje para material de sustitución (m4)	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		1.10	1.10	1.10	1.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65: Cálculo del coeficiente de drenaje m4 (espesor = 40 cm)

Parámetros de Cálculo		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA	
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$t_{50} = (ne \times L^2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.194	0.405	0.340	0.022
	t50 (horas)	$t_{50}(\text{horas}) = t_{50}(\text{días}) \times 24$	5.00	10.00	9.00	1.00
Calificación de drenaje (calidad)	Relación entre el tiempo de remoción del agua y la calidad del drenaje de acuerdo al AASTHO 93		Bueno	Bueno	Bueno	Excelente
Precipitación pluvial	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		5.21%	5.21%	5.21%	5.21%
Coeficiente de drenaje para material de sustitución (m4)	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		1.10	1.10	1.10	1.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66: Cálculo del coeficiente de drenaje m4 (espesor = 45 cm)

Parámetros de Cálculo		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA	
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$t50 = (ne \times L2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.175	0.366	0.308	0.020
	t50 (horas)	$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	5.00	9.00	8.00	1.00
Calificación de drenaje (calidad)	Relación entre el tiempo de remoción del agua y la calidad del drenaje de acuerdo al AASTHO 93		Bueno	Bueno	Bueno	Excelente
Precipitación pluvial	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		5.21%	5.21%	5.21%	5.21%
Coeficiente de drenaje para material de sustitución (m4)	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		1.10	1.10	1.10	1.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Cálculo del coeficiente de drenaje m_4 (espesor = 50 cm)

Parámetros de Cálculo			LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUIJA
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$t_{50} = (ne \times L^2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.160	0.335	0.282	0.018
	t50 (horas)	$t_{50}(\text{horas}) = t_{50}(\text{días}) \times 24$	4.00	9.00	7.00	1.00
Calificación de drenaje (calidad)	Relación entre el tiempo de remoción del agua y la calidad del drenaje de acuerdo al AASTHO 93		Bueno	Bueno	Bueno	Excelente
Precipitación pluvial	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		5.21%	5.21%	5.21%	5.21%
Coeficiente de drenaje para material de sustitución (m_4)	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		1.10	1.10	1.10	1.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68: Cálculo del coeficiente de drenaje m4 (espesor = 55 cm)

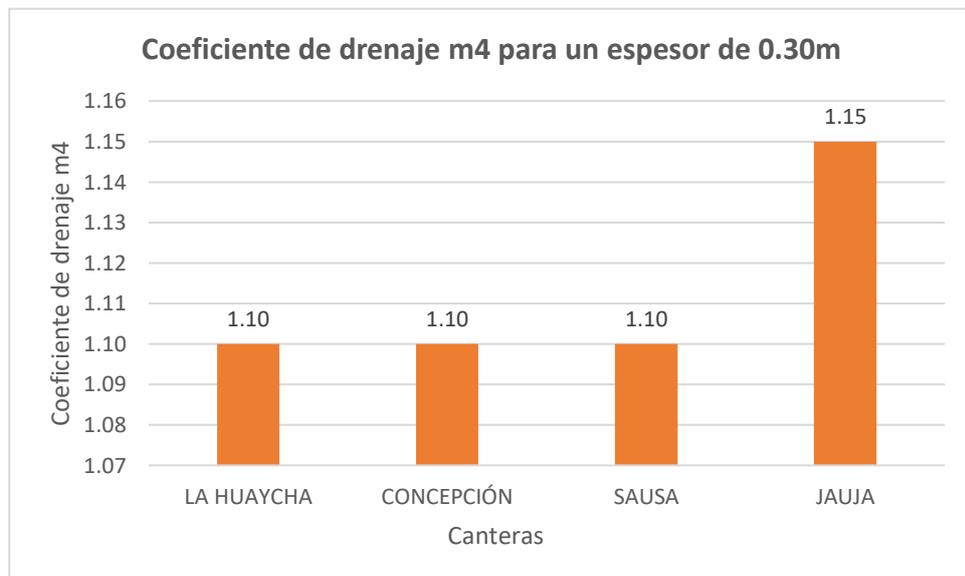
Parámetros de Cálculo		LA HUAYCHA	CONCEPCIÓN	SAUSA	JAUJA	
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación	t50 (días)	$t50 = (ne \times L2) / (86,400(2K(H+SL)))$	0.147	0.308	0.259	0.017
	t50 (horas)	$t50(\text{horas}) = t50(\text{días}) \times 24$	4.00	8.00	7.00	1.00
Calificación de drenaje (calidad)	Relación entre el tiempo de remoción del agua y la calidad del drenaje de acuerdo al AASTHO 93		Bueno	Bueno	Bueno	Excelente
Precipitación pluvial	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		5.21%	5.21%	5.21%	5.21%
Coeficiente de drenaje para material de sustitución (m4)	Porcentaje de tiempo que la estructura se encuentra expuesta a la saturación		1.10	1.10	1.10	1.15

Fuente: Elaboración propia.

En base a los datos obtenidos, correspondiente al cálculo del coeficiente de drenaje m^4 , para el material de cada cantera en investigación y los diferentes espesores de capa de sustitución, se ha obtenido, en resumen, los siguientes valores:

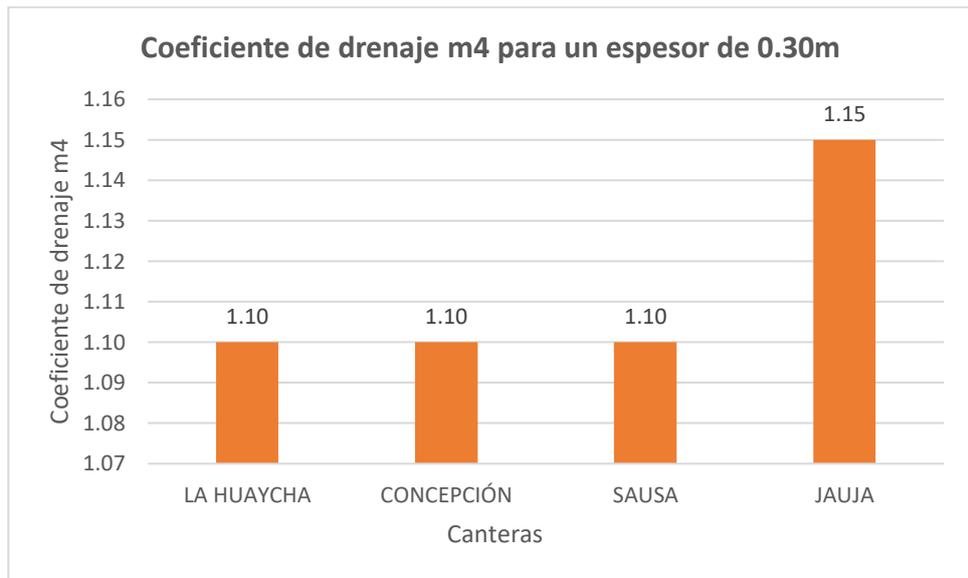
- Cantera La Huaycha (1.10)
- Cantera Concepción (1.10)
- Cantera Sausa (1.10)
- Cantera Jauja (1.15)

Gráfico 11: *Comparativo coeficiente m^4 para un espesor de 30 cm*



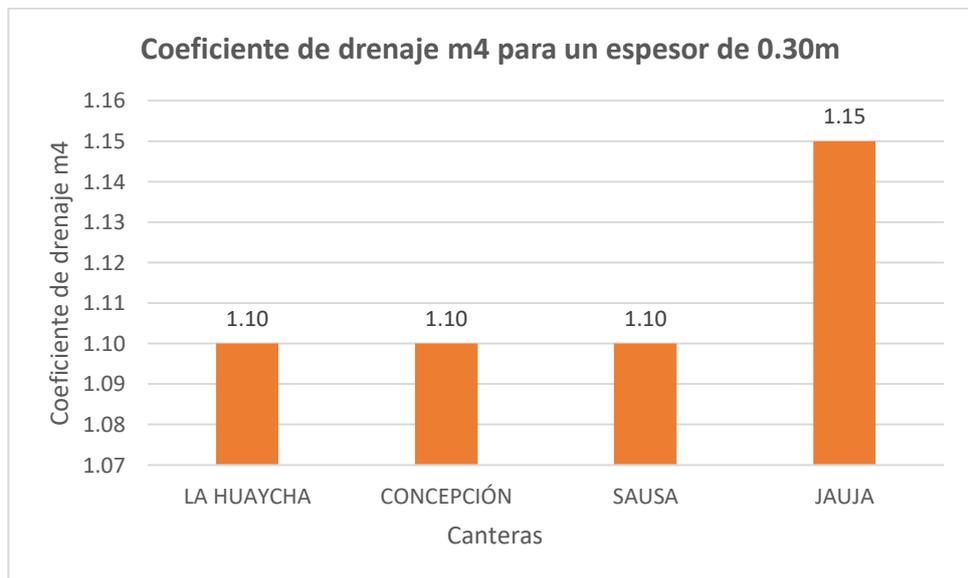
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12: Comparativo coeficiente m4 para un espesor de 30 cm



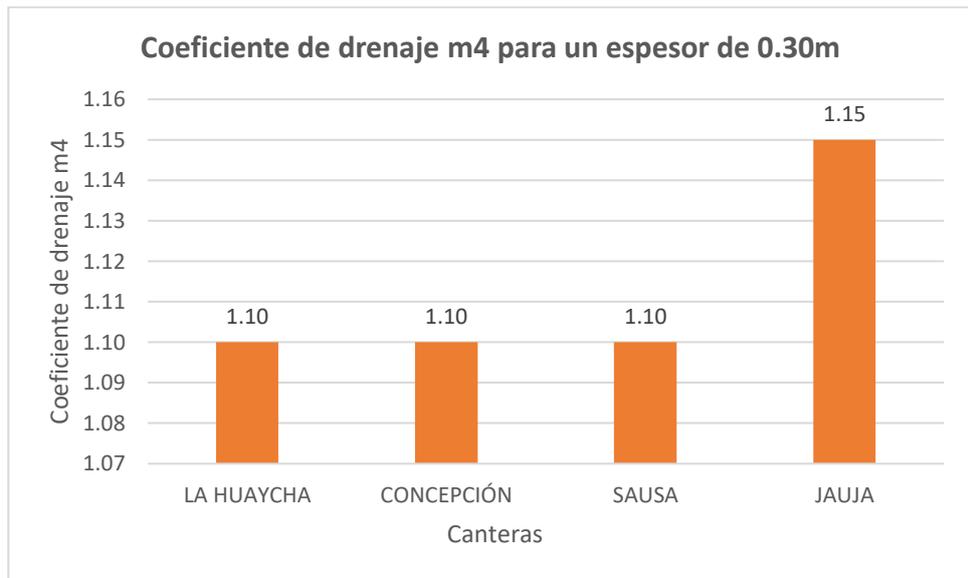
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13: Comparativo coeficiente m4 para un espesor de 30 cm



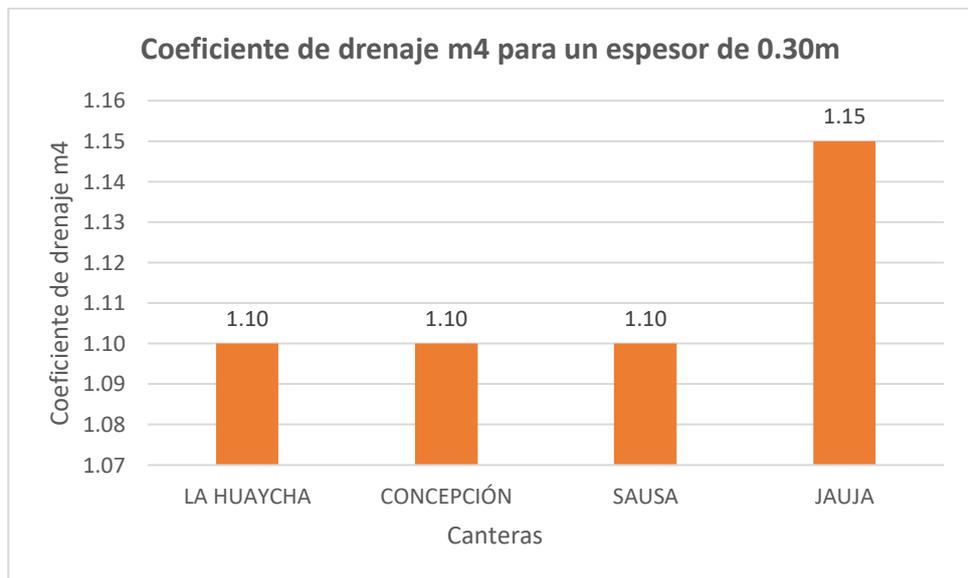
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14: Comparativo coeficiente m4 para un espesor de 30 cm



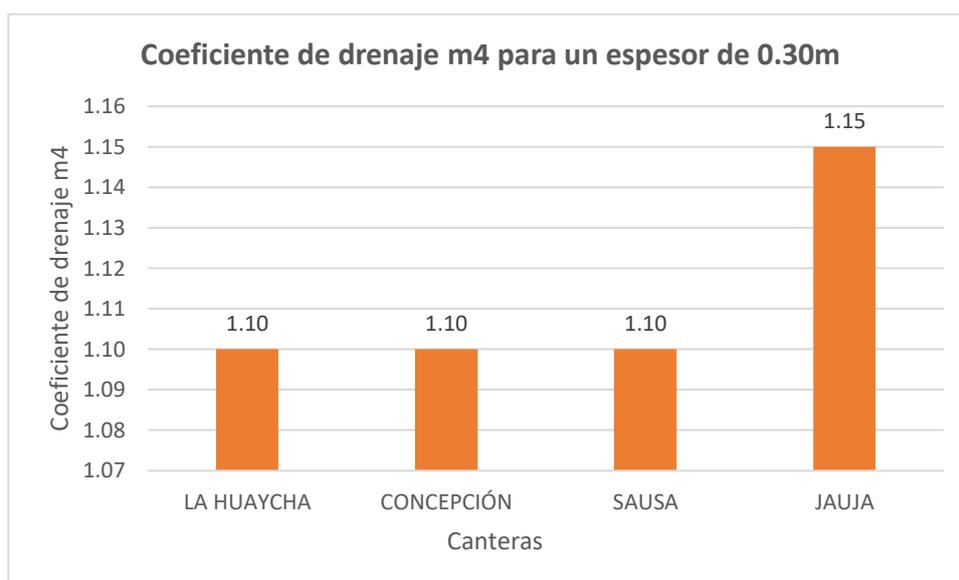
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 15: Comparativo coeficiente m4 para un espesor de 30 cm



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16: Comparativo coeficiente m_4 para un espesor de 30 cm



Fuente: Elaboración propia.

Donde podemos apreciar que, el material de sustitución de la Cantera Jauja nos proporciona el mayor valor de coeficiente de drenaje ($m_4 = 1.15$) frente al resto de canteras con un valor de coeficiente de drenaje ($m_4 = 1.10$), entendiéndose que, es mejor que el material de sustitución cuente con un mayor valor ya que, el agua drenará más rápido.

A continuación, podemos apreciar el resumen de parámetros por cada cantera, con el cálculo respectivo del coeficiente de drenaje m_4 , para el material de sustitución de las canteras de La Huaycha, Concepción, Sausa y Jauja, para los diferentes espesores de sustitución de la subrasante (30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm, y 55 cm).

Tabla 69: Resumen del coeficiente de drenaje m4 por cada cantera

Cantera	LA HUAYCHA					
Ancho de Carril (cm)	360					
Espesor de Sustitución (cm)	30	35	40	45	50	55
Precipitación Pluvial (%)	5.21					
Coeficiente de Permeabilidad	0.011262					
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación (horas)	6.00	6.00	5.00	5.00	4.00	4.00
Calificación del Drenaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Coeficiente de Drenaje (m4)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Promedio (m4)	1.10					

Cantera	CONCEPCIÓN					
Ancho de Carril (cm)	360					
Espesor de Sustitución (cm)	30	35	40	45	50	55
Precipitación Pluvial (%)	5.21					
Coeficiente de Permeabilidad	0.005625					
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación (horas)	13.00	11.00	10.00	9.00	9.00	8.00
Calificación del Drenaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Coeficiente de Drenaje (m4)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Promedio (m4)	1.10					

Cantera	SAUSA					
Ancho de Carril (cm)	360					
Espesor de Sustitución (cm)	30	35	40	45	50	55
Precipitación Pluvial (%)	5.21					
Coefficiente de Permeabilidad	0.005625					
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación (horas)	11	10	9	8	7	7
Calificación del Drenaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Coefficiente de Drenaje (m4)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Promedio (m4)	1.10					

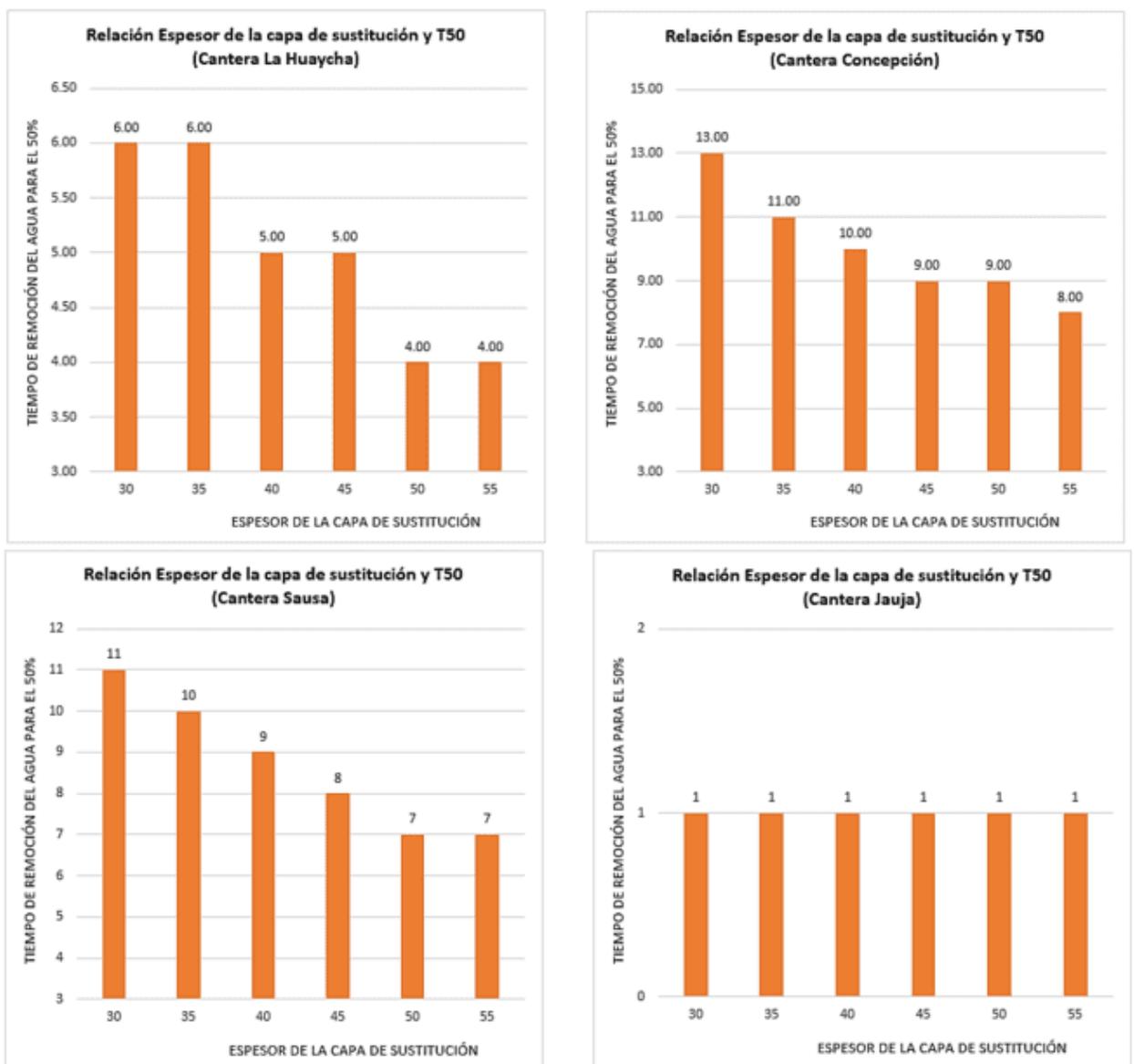
Cantera	JAUJA					
Ancho de Carril (cm)	360					
Espesor de Sustitución (cm)	30	35	40	45	50	55
Precipitación Pluvial (%)	5.21					
Coefficiente de Permeabilidad	0.095754					
Tiempo de remoción del agua para el 50% de saturación (horas)	1	1	1	1	1	1
Calificación del Drenaje	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Coefficiente de Drenaje (m4)	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Promedio (m4)	1.15					

Fuente: Elaboración propia.

Tal como hemos podido apreciar, es la cantera de Jauja, la cual nos proporciona el mayor valor de coeficiente de drenaje, para todos los espesores de sustitución estudiados, frente a los valores obtenidos para las otras canteras.

Asimismo, podemos apreciar que existe una relación entre el espesor de la capa de sustitución y el tiempo de drenaje de drenaje, tal como se aprecia a continuación:

Gráfico 17: Relación de espesor de capa y tiempo de drenaje por cantera

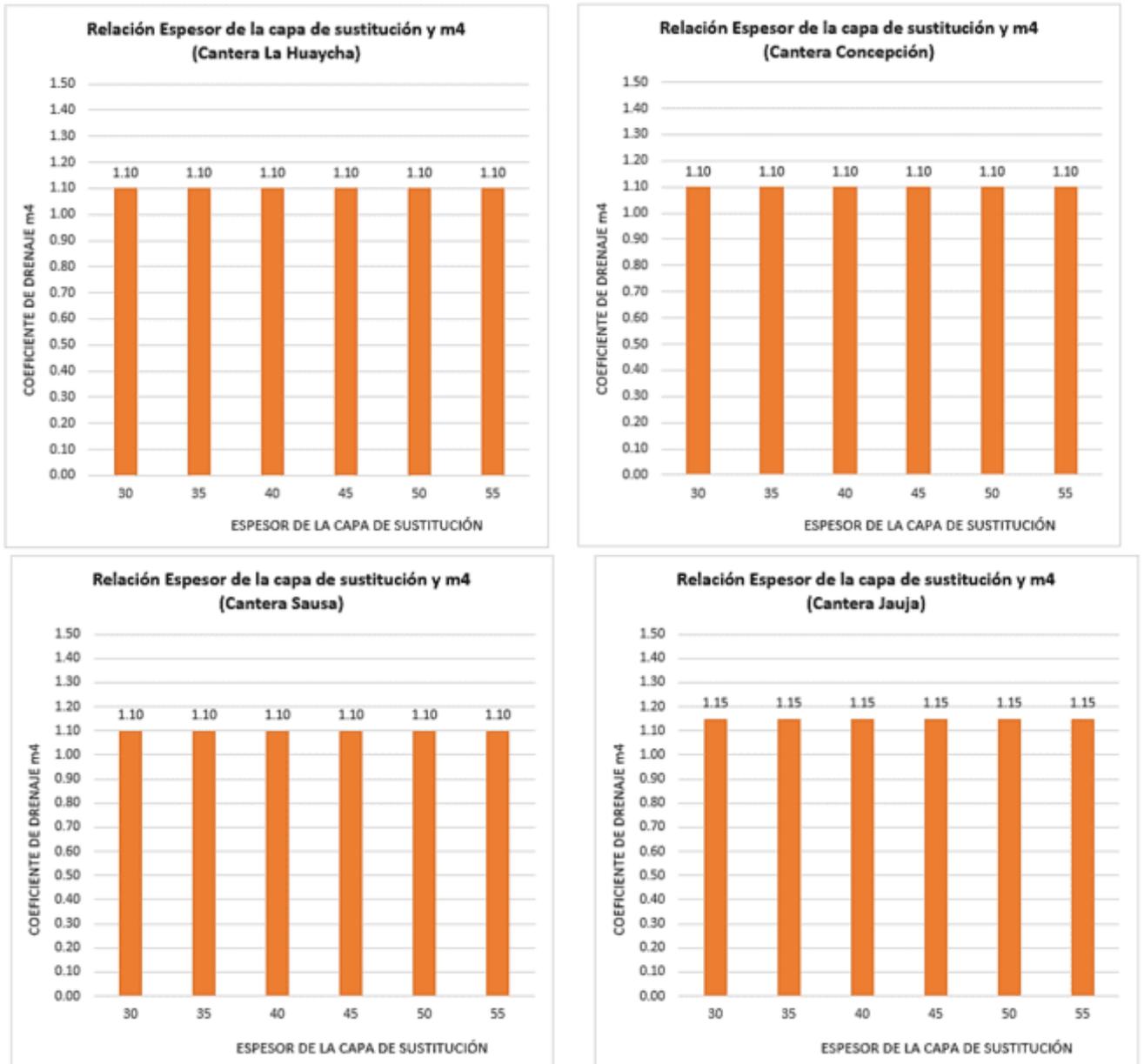


Fuente: Elaboración propia.

Hemos podido apreciar en los gráficos anteriores que, cuanto mayor es el espesor de la capa de sustitución, menor es el tiempo de drenaje del agua.

En los siguientes gráficos, podemos apreciar la relación que existe entre el espesor de la capa de sustitución y de los coeficientes de drenaje m4:

Gráfico 18: *Relación de espesor de capa y tiempo de drenaje por cantera*



Fuente: Elaboración propia.

Así como también, hemos podido apreciar la relación que existe entre el coeficiente de permeabilidad K y el coeficiente de drenaje m4, como podemos apreciar a continuación:

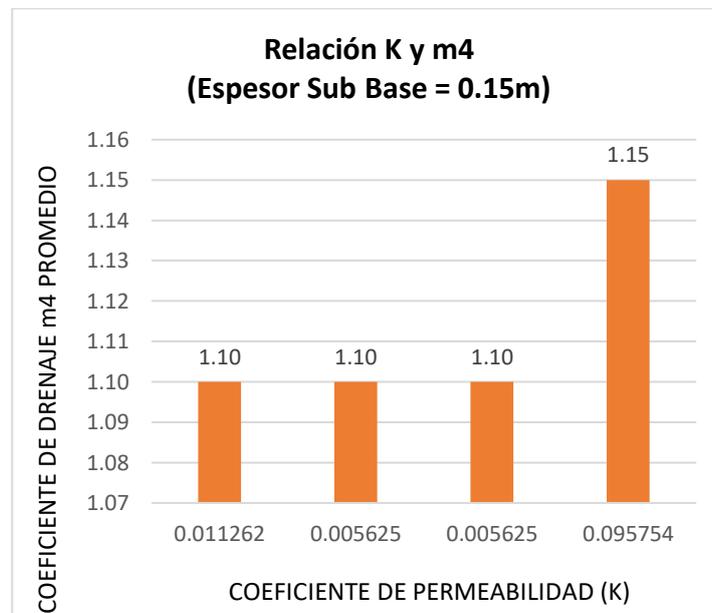
Tabla 70: Resumen del coeficiente K y el coeficiente de drenaje m4 por cada cantera

Cantera	Coeficiente de Permeabilidad K	Promedio m4 para cada Espesor de Sustitución
LA HUAYCHA	0.011262	1.10
CONCEPCIÓN	0.005625	1.10
SAUSA	0.005625	1.10
JAUJA	0.095754	1.15

Fuente: Elaboración propia.

Donde podemos apreciar que a mayor valor del coeficiente de permeabilidad K, mayor será el valor del coeficiente de drenaje m4.

Gráfico 19: Relación entre el coeficiente K y el coeficiente de drenaje m4



Fuente: Elaboración propia.

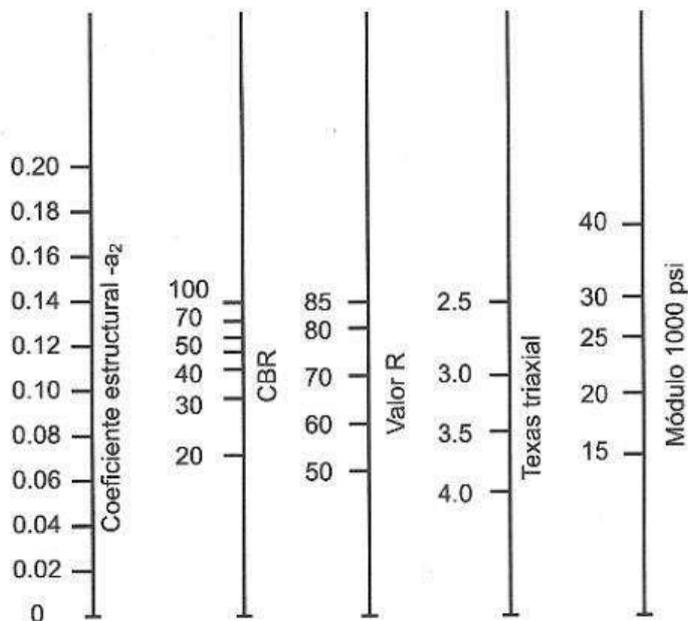
4.4.6. Cálculo del coeficiente estructural a4:

Tal como señala Menéndez (2016), este coeficiente estructural mide la capacidad relativa de una unidad de espesor de un determinado tipo de material, a fin de funcionar como un componente estructural del pavimento. (p. 87)

Por lo tanto, debe de ser determinado en función de su capacidad de soporte, en este caso el ensayo de CBR. En ese sentido, el AASHTO permite estimar estos coeficientes estructurales, en función de correlaciones con el valor del CBR.

A continuación se puede apreciar, la determinación del coeficiente estructural a4, el cual ha sido calculado en función a la siguiente figura, considerando el valor del CBR al 100% de la máxima densidad seca y al 0.1” de penetración, obtenido para cada cantera en investigación:

Figura 19: Correlación entre valor de CBR y coeficiente estructural



Fuente: Elaboración propia.

En función de la correlación anterior, se han obtenido los siguientes resultados para el cálculo del coeficiente estructural a4 para el material de sustitución de la subrasante.

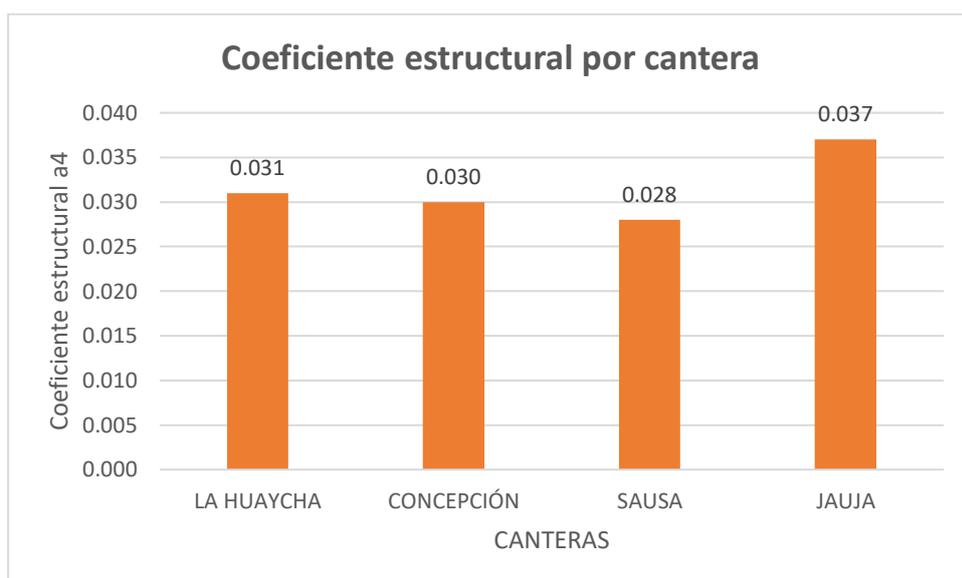
Tabla 71: *Resumen del coeficiente estructural a4 por cada cantera*

Cantera	Coeficiente estructural a4 (pulgadas)	Coeficiente estructural a4 (cm)
LA HUAYCHA	0.080	0.031
CONCEPCIÓN	0.075	0.030
SAUSA	0.070	0.028
JAUJA	0.093	0.037

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior podemos apreciar que el mayor valor de coeficiente estructural a4, le corresponde a la cantera de Jauja, con un valor de 0.037, luego le sigue la cantera de La Huaycha, con un valor de 0.031, a continuación se tiene a la cantera de Concepción, con un valor de 0.030 y por último, tenemos a la cantera de Sausa, con un valor de coeficiente estructural a4, de 0.028, tal como se grafica a continuación:

Gráfico 20: *Relación entre el coeficiente K y el coeficiente de drenaje m4*



Fuente: Elaboración propia.

Con los coeficientes anteriormente mencionados, ya calculados, se ha procedido a realizar el cálculo de los espesores de la capa de sustitución de la subrasante.

4.5. Cálculo de los valores de los coeficientes de diseño por la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través del Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos, en su capítulo IX Estabilización de Suelos, para la estabilización por sustitución de suelos, establece un procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte o resistencia del suelo, el cual, es una extensión de la metodología AASTHO 1993, cabe mencionar, que el ámbito de competencia de este ministerio, está dado para carreteras, sin embargo, en el caso de esta investigación, se tiene al Jr. Integración del distrito de Chilca, una vía urbana, no existiendo una metodología para estos

tipos de vías en la Norma CE.010: Pavimentos Urbanos del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, por lo que se ha utilizado el método del MTC para esta vía urbana.

En ese sentido, se ha desarrollado esta metodología del MTC para el cálculo del espesor de sustitución de la subrasante, utilizándose los siguientes parámetros:

- Tráfico (Ejes Equivalentes)
- Coeficiente estadístico de desviación estandar normal
- Desviación estándar combinada
- Serviciabilidad inicial
- Serviciabilidad final o terminal
- Variación de serviciabilidad
- CBR de la subrasante (%)
- Módulo de resiliencia subrasante (PSI)
- CBR del material de sustitución (%)
- Módulo de resiliencia del material de sustitución (PSI)
- Coeficiente estructural del material de sustitución
- Coeficiente de drenaje del material de sustitución

El cálculo del espesor de sustitución, para las características particulares de cada cantera investigada, se puede apreciar a continuación:

Tabla 72: Cálculo del espesor de sustitución mediante la metodología del MTC (AASHTO 93)

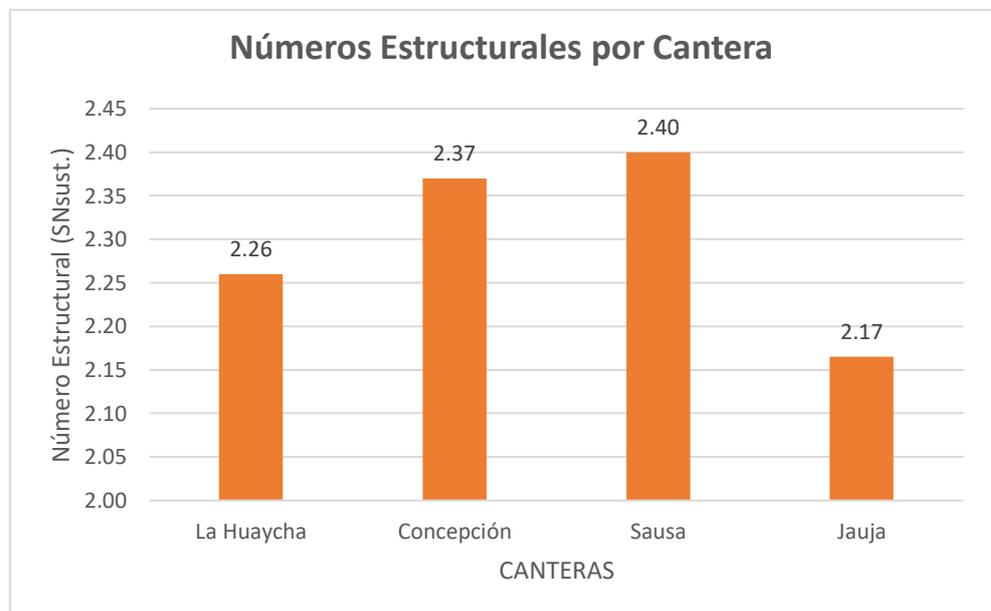
Parámetros de Diseño		La Huaycha	Concepción	Sausa	Jauja
TRÁFICO (EE)	$W_{18} =$	1,018,057.32	1,018,057.32	1,018,057.32	1,018,057.32
COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL	$Z_r =$	-1.036	-1.036	-1.036	-1.036
DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA	$S_o =$	0.45	0.45	0.45	0.45
SERVICIABILIDAD INICIAL	$P_i =$	4.00	4.00	4.00	4.00
SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL	$P_t =$	2.50	2.50	2.50	2.50
VARIACIÓN DE SERVICIABILIDAD	$\Delta \text{PSI} =$	1.50	1.50	1.50	1.50
CBR DE LA SUBRASANTE (%)	$\text{CBR}_{sr} =$	5.92	5.92	5.92	5.92
MÓDULO DE RESILENCIA SUBRASANTE (PSI)	$\text{MR}_{sr} =$	7,974.01	7,974.01	7,974.01	7,974.01
CBR DEL MATERIAL DE SUSTITUCIÓN (%)	$\text{CBR}_{\text{sustitución}} =$	27.26	22.37	21.54	32.14

MÓDULO DE RESILENCIA DEL MATERIAL DE SUSTITUCIÓN (PSI)	$MR_{sustitución} =$	21,189.83	18,671.41	18,225.03	23,545.09
	$\log W_{18} =$	6.01	6.01	6.01	6.01
CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA SUBRASANTE	Ecuación AASHTO =	5.99	5.99	5.99	5.99
	$SN_{sr} =$	3.31	3.31	3.31	3.31
CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE SUSTITUCIÓN	Ecuación AASHTO =	6.01	6.01	6.01	6.01
	$SN_{sustitución} =$	2.26	2.37	2.40	2.17
COEFICIENTE ESTRUCTURAL DEL MATERIAL DE SUSTITUCIÓN	$a_4 =$	0.031	0.030	0.028	0.037
COEFICIENTE DE DRENAJE DEL MATERIAL DE SUSTITUCIÓN	$m_4 =$	1.10	1.10	1.10	1.15
DIFERENCIA DE NÚMEROS ESTRUCTURALES	$\Delta SN = SN_{sr} - SN_{sust.} =$	1.05	0.94	0.91	1.15
CÁLCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN (cm)	$E = \Delta SN / (a_4 m_4)$	30.79	28.48	29.55	26.91
ESPESOR DE SUSTITUCIÓN ASUMIDO (cm)	Easumido	30.00	30.00	30.00	25.00

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se aprecia en la tabla anterior, se ha realizado el cálculo de los espesores de sustitución de la subrasante, considerando las características particulares para el material de cada cantera en investigación, para lo cual, se ha utilizado el método del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, habiéndose calculado el número estructural (SNsr) con el CBR de la subrasante existente del Jr. Integración (5.92%), así como, se ha calculado un número estructural (SNsustitución) considerando el CBR para cada uno de los materiales de sustitución de cada cantera estudiada, obteniéndose diferentes resultados como podemos apreciar a continuación:

Gráfico 21: *Comparativo de SNsustitución por cantera*



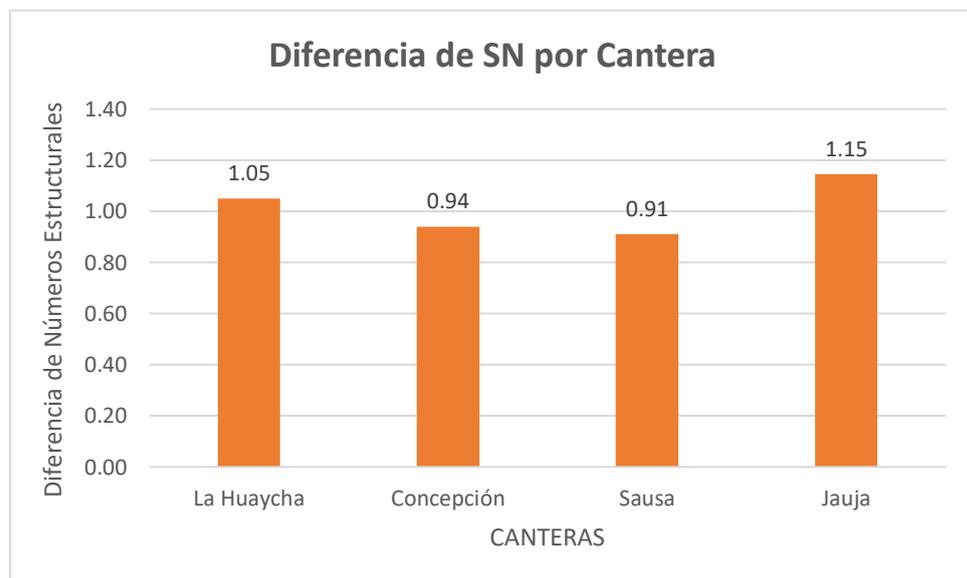
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior podemos apreciar los diferentes valores de números estructurales (SNsustitución) obtenidos con los diferentes materiales, estos valores de números estructurales, es inversamente proporcional con el valor del CBR del material de sustitución, a mayor valor de CBR, menor será el valor del número

estructural, lo cual quiere decir que, a mayor valor del número estructural, mayor será el espesor de la capa de sustitución y viceversa, a menor valor del número estructural de sustitución, menor será el espesor de la capa de sustitución. En este caso vemos que es el material de la cantera de Jauja, la que tiene un menor valor de número estructural, seguido de la cantera de La Huaycha, luego la cantera de Concepción y por último la cantera de Sausa.

Una vez realizado este proceso se ha calculado la diferencia entre el número estructural de la subrasante (SN_{sr}) menos el valor del número estructural del material de sustitución (SN_{sustitución}), obteniéndose, como se puede entender, diferentes valores, como vemos a continuación:

Gráfico 22: *Comparativo de diferencias de SN por cantera*



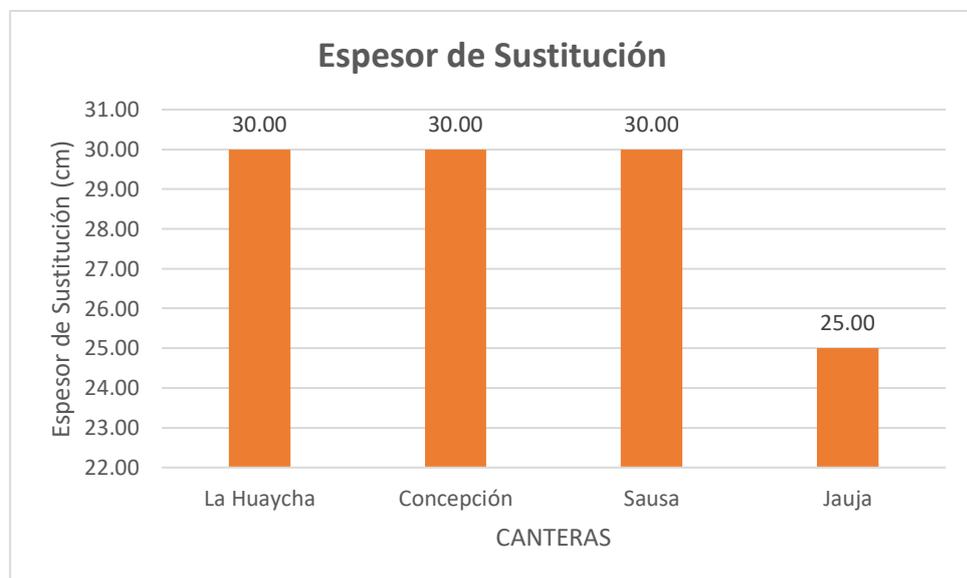
Fuente: Elaboración propia.

Hemos podido apreciar que es la cantera de Jauja, la que presenta la mayor diferencia, al tener un menor valor de número estructural, seguido de la cantera de

La Huaycha, luego la cantera de Concepción y por último la cantera de Sausa, para un mayor valor de número estructural de material de sustitución.

Ya realizado este procedimiento, en función del coeficiente estructural (a_4) calculado anteriormente para las características particulares del material de sustitución de cada cantera, así como, en función del coeficiente de drenaje (m_4), también calculado para las características particulares de cada material, se ha resuelto la siguiente relación, para cada cantera: $E = \Delta SN / (a_4 m_4)$, obteniéndose los espesores (E) en centímetros, para el espesor del material de sustitución, tal como podemos verlo a continuación:

Gráfico 23: *Comparativo de diferencias de SN por cantera*



Fuente: Elaboración propia.

A fin de trabajarse con valores de espesor reales constructivos, es decir, en múltiplos de 5 cm, se han redondeado los valores de espesores de la capa de sustitución para la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, apreciándose en el gráfico anterior, que es la cantera Jauja, la que requiere un menor

espesor de sustitución de la subrasante, con 25 cm, luego el resto de canteras (La Huaycha, Concepción, Sausa), requieren un espesor, redondeado, de sustitución de la subrasante de 30 cm.

Este espesor de la capa de sustitución, está relacionado con el valor del número estructural, como se mencionó anteriormente, a mayor valor de CBR, menor será el valor del número estructural, lo cual quiere decir que, a mayor valor del número estructural, mayor será el espesor de la capa de sustitución y viceversa, a menor valor del número estructural de sustitución, menor será el espesor de la capa de sustitución.

4.6. Cálculo de los valores de los coeficientes de diseño por la metodología del módulo resiliente compuesto

El método anteriormente desarrollado del MTC, es basado en el método del AASHTO 93, pero el AASHTO 2002, aplica, para el cálculo de los espesores de sustitución de subrasante, la metodología del módulo resiliente compuesto, considerando como parámetros los siguientes:

- Mr1 : Módulo resiliente del material de cantera
- Mr2 : Módulo resiliente de la 2da capa de suelo natural
- Mr3 : Módulo resiliente de la 3ra capa
- Espesor asumido de la estructura del pavimento (m)
- Espesor de análisis (m)
- D1 : Espesor de sustitución (m)
- D2 : Espesor de la 2da. Capa (m)

- D2- D1 (m)
- D3 : Espesor de la 3ra. Capa (m)
- D3 - Estructura del pavimento - D2 - D1 (m)
- Mr equivalente : Módulo resiliente de diseño (CBR=10%)
- Resolución de la ecuación
- $D1 \geq Mr$ equivalente

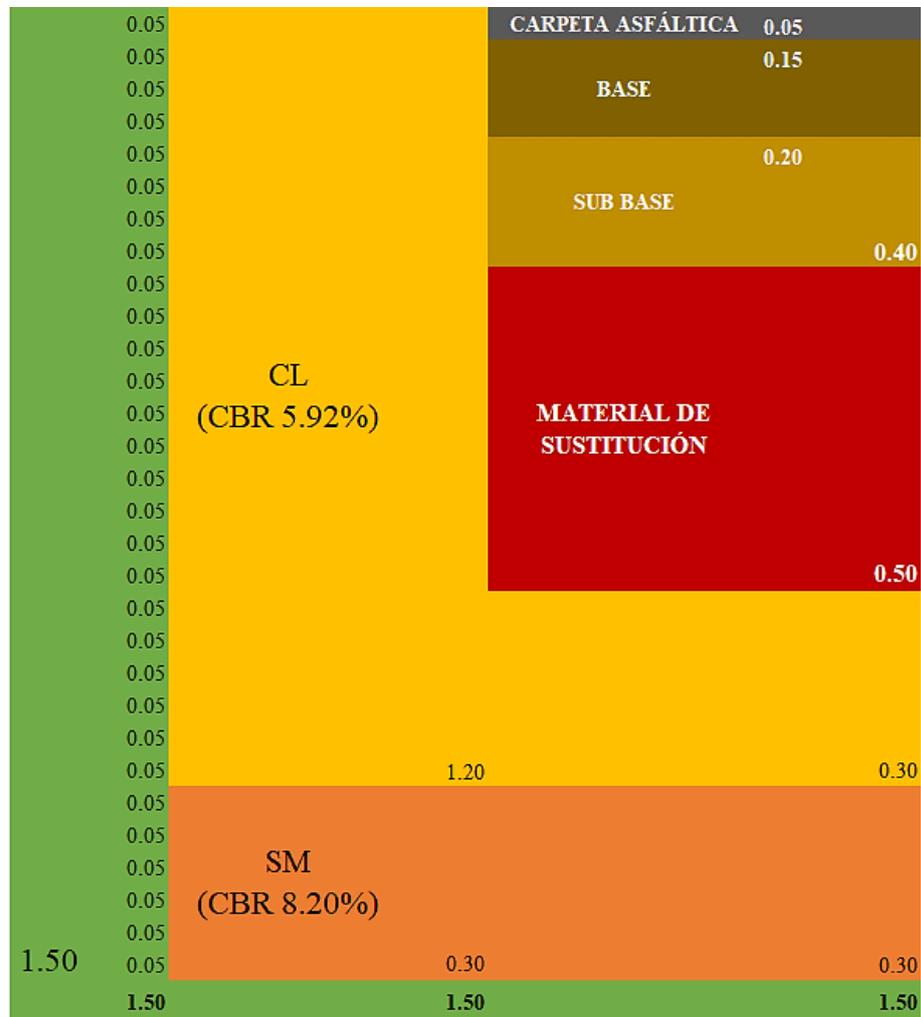
Este método, analiza los estratos en toda la profundidad de la calicata, la cual es de 1.50 m, desde el nivel de rasante del pavimento, como se explicó anteriormente, en base a lo que indica la Norma CE.010: Pavimentos Urbanos, considerando el módulo resiliente del material de sustitución (considerándose el valor para el material de sustitución de cada cantera), la capa de la subrasante, así como también se evalúa el módulo resiliente del estrato inferior a la subrasante.

En cuanto a la determinación del módulo resiliente, este se obtiene al realizar el ensayo triaxial dinámico, sin embargo, este ensayo no se realiza actualmente en el Perú, existiendo una correlación entre el valor del módulo resiliente (Mr) y el valor del CBR de las capas, esta correlación fue propuesta por el NCHRP Project 1-37A, 2001, (National Cooperative Highway Research Program), en su apéndice CC-1, el cual forma parte del MEPDG Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide – AASHTO interim 2008), la cual es la siguiente:

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

En ese sentido, se puede apreciar, los estratos que han sido evaluados, de acuerdo a esta metodología:

Figura 20: Estratos analizados de acuerdo al método del módulo resiliente compuesto



Fuente: Elaboración propia.

A continuación podemos apreciar el cálculo de los espesores de sustitución, en función de los parámetros anteriormente mencionados para el método del módulo resiliente compuesto:

Tabla 73: Cálculo del espesor de sustitución mediante la metodología del módulo resiliente compuesto

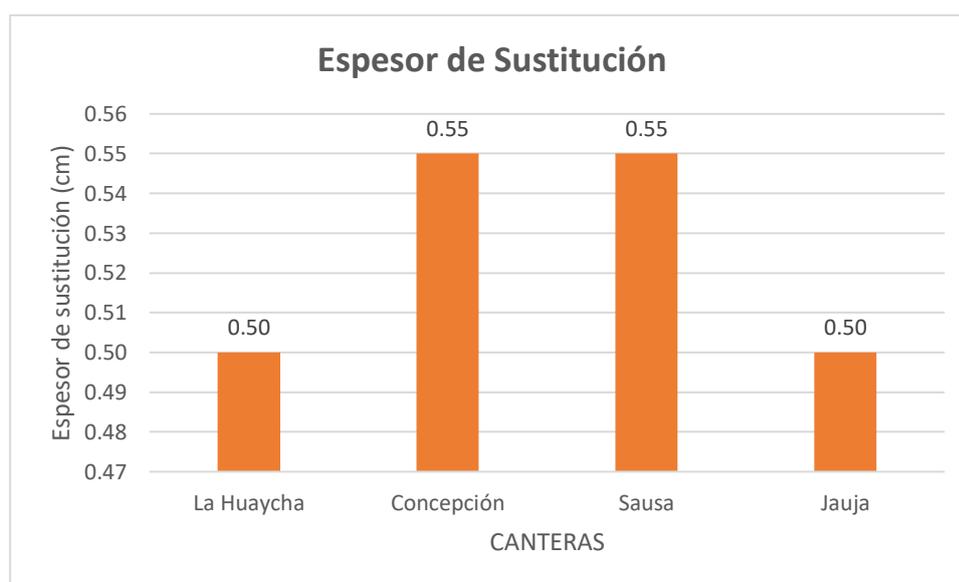
PARÁMETROS DE DISEÑO	La Huaycha	Concepción	Sausa	Jauja
M_{r1} : Módulo resiliente del material de cantera (material de sustitución)	21,189.83	18,671.41	18,225.03	23,545.09
M_{r2} : Módulo resiliente de la 2da capa de suelo natural (subrasante)	7,974.01	7,974.01	7,974.01	7,974.01
M_{r3} : Módulo resiliente de la 3ra capa (capa inferior a la subrasante)	9,822.72	9,822.72	9,822.72	9,822.72
Espesor asumido de la estructura del pavimento (m)	0.40	0.40	0.40	0.40
Espesor de análisis (m)	1.50	1.50	1.50	1.50
D_1 : Espesor de sustitución (m)	0.50	0.55	0.55	0.50
D_2 : Espesor de la 2da. Capa (m)	1.20	1.20	1.20	1.20
$D_2 - D_1$ (m)	0.70	0.65	0.65	0.70
D_3 : Espesor de la 3ra. Capa (m)	0.30	0.30	0.30	0.30
$D_3 - \text{Estructura del pavimento} - D_2 - D_1$ (m)	0.40	0.45	0.45	0.40
M_r equivalente : Módulo resiliente de diseño (CBR=10%)	11,152.98	11,152.98	11,152.98	11,152.98
Resolución de la ecuación	11,301.63	11,635.26	11,495.69	11,855.03
$D_1 \geq M_r$ equivalente	CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO	CORRECTO

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se aprecia en la tabla anterior, se ha realizado el cálculo de los espesores de sustitución de la subrasante, considerando las características particulares para el material de cada cantera en investigación, para lo cual, se ha utilizado el método del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en lo que corresponde al módulo resiliente (obtenido de la correlación con el CBR), así como se evalúa toda la profundidad de la calicata (1.50m), considerando un espesor tentativo del pavimento (0.40m), el módulo resiliente y espesor del material de sustitución, de la subrasante e incluso del estrato inferior a la subrasante, sumando todo una altura de 1.50 m.

En base a esto, se ha realizado el cálculo del espesor de sustitución encontrándose valores diferentes, para cada cantera, como podemos apreciar a continuación:

Gráfico 24: *Comparativo de diferencias de SN por cantera*



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que, para el material de sustitución de las canteras de Jauja y La Huaycha, se obtiene un espesor de sustitución de 50 cm, y para las canteras de Concepción y Sausa, se obtiene un espesor de sustitución de 55 cm.

En ese sentido, se ha realizado un comparativo, entre los valores de espesores de capas de sustitución obtenidos por la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y por la metodología del módulo resiliente compuesto, tal como podemos apreciar a continuación:

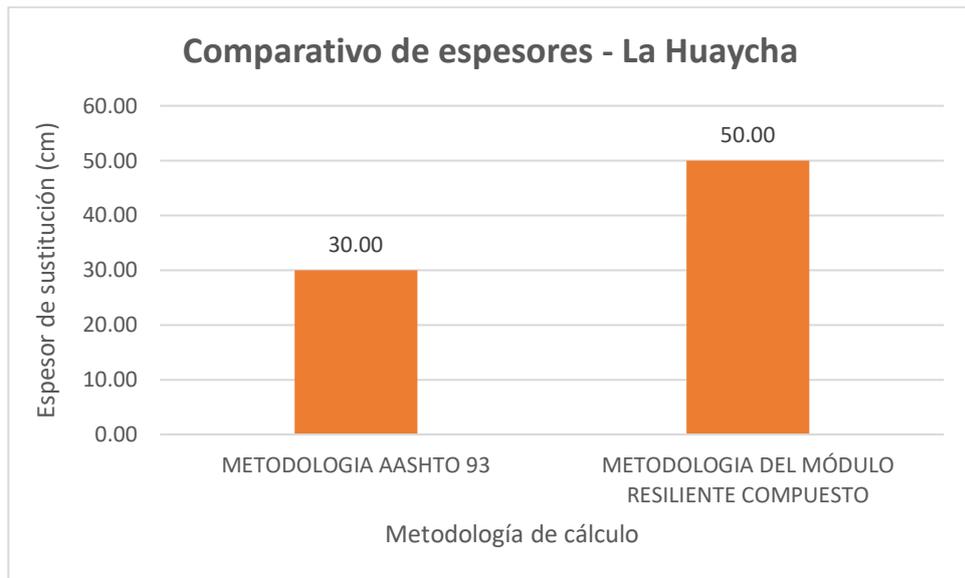
Tabla 74: *Comparativo de espesores calculados por ambos métodos*

Metodología para el cálculo del espesor de sustitución	ESPESOR CALCULADO (cm)			
	La Huaycha	Concepción	Sausa	Jauja
METODOLOGÍA AASHTO 93	30.00	30.00	30.00	25.00
METODOLOGÍA DEL MÓDULO RESILIENTE COMPUESTO	50.00	55.00	55.00	50.00

Fuente: Elaboración propia.

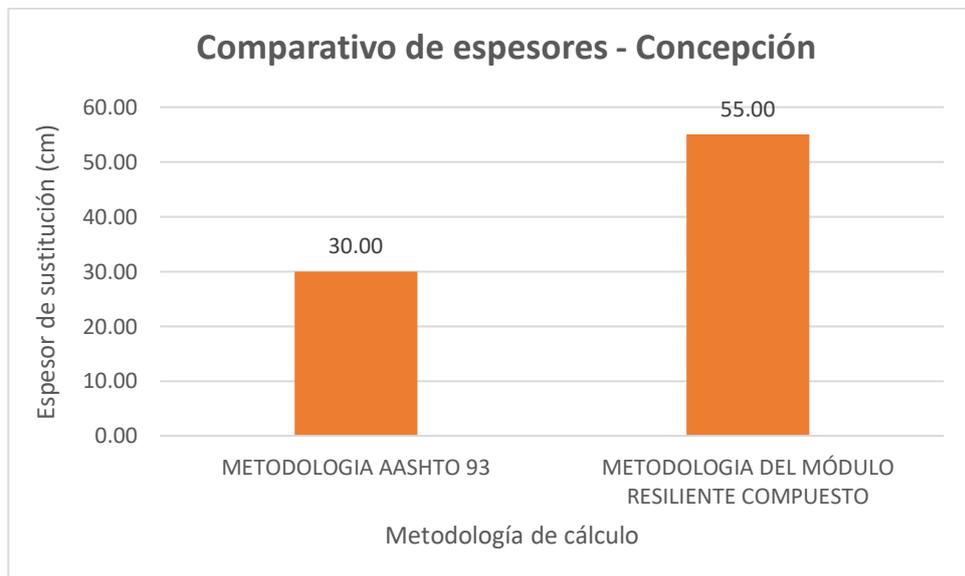
Tal como podemos apreciar, son los espesores obtenidos de la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), los cuales resultan menores en comparación con los espesores obtenidos por la metodología del módulo resiliente compuesto, esto se da, para el material de cada una de las canteras evaluadas, tal como podemos visualizar en los gráficos siguientes:

Gráfico 25: *Comparativo de espesores de sustitución cantera La Huaycha*



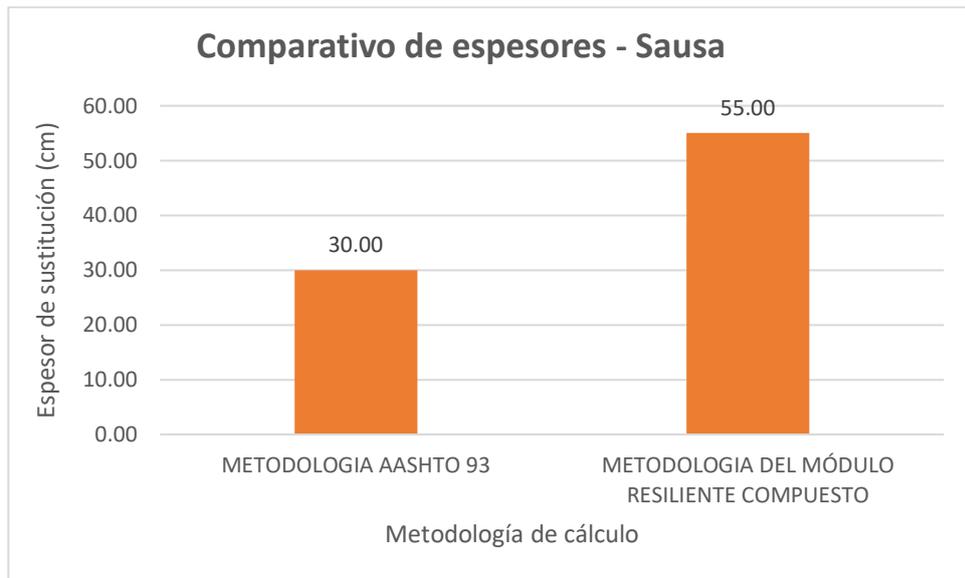
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 26: *Comparativo de espesores de sustitución cantera Concepción*



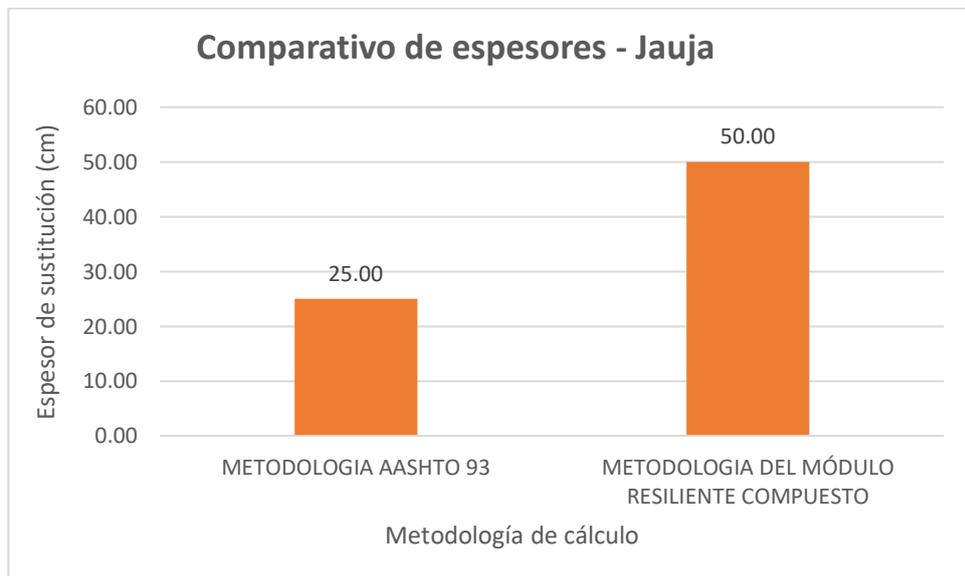
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 27: Comparativo de espesores de sustitución cantera Sausa



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 28: Comparativo de espesores de sustitución cantera Jauja



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se ha podido apreciar, que, en todos los casos, utilizando el material de las canteras investigadas, que siempre es el espesor de las capas de sustitución calculadas mediante el método del MTC (AASHTO 93), la que permite

obtener menores espesores, en comparación con el método del módulo resiliente compuesto.

4.7. Costos de ejecución de la capa de sustitución de subrasante

Se ha procedido a realizar el cálculo del costo por metro cuadrado, para la colocación de la capa de sustitución de subrasante, considerando los espesores calculados, de acuerdo a los materiales de las diferentes canteras estudiadas y en función de las metodologías evaluadas.

Se han elaborado los siguientes análisis de precios unitarios, para una modalidad de administración indirecta o por contrata, tal como podemos apreciar a continuación:

Tabla 75: Análisis de precios unitarios – Espesor = 25 cm

Partida	EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE SUSTITUCIÓN DE LA SUBRASANTE E = 25 cm				
	Rendimiento (m2/DIA)	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m2	Und: m2
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0080	23.41	0.19
OFICIAL	hh	2.0000	0.0160	18.50	0.30
PEÓN	hh	2.0000	0.0160	16.73	0.27
					0.76
Materiales					
MATERIAL DE SUSTITUCIÓN (PUESTO EN OBRA)	m3		0.3125	29.66	9.27
					9.27
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.76	0.02
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0080	152.54	0.01
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 TON	hm	1.0000	0.0080	127.12	0.01
CAMIÓN CISTERNA	hm	1.0000	0.0080	76.27	0.01
					0.05

* APU realizado para la modalidad de administración indirecta (por contrata).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76: Análisis de precios unitarios – Espesor = 30 cm

Partida	EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE SUSTITUCIÓN DE LA SUBRASANTE E = 30 cm				
Rendimiento (m2/DIA)	MO.	1,000.0000	EQ.	1,000.0000	Und: m2
				Costo unitario directo por : m2	11.93
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0080	23.41	0.19
OFICIAL	hh	2.0000	0.0160	18.50	0.30
PEÓN	hh	2.0000	0.0160	16.73	0.27
					0.76
Materiales					
MATERIAL DE SUSTITUCIÓN (PUESTO EN OBRA)	m3		0.3750	29.66	11.12
					11.12
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.76	0.02
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0080	152.54	0.01
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 TON	hm	1.0000	0.0080	127.12	0.01
CAMIÓN CISTERNA	hm	1.0000	0.0080	76.27	0.01
					0.05

* APU realizado para la modalidad de administración indirecta (por contrata).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77: Análisis de precios unitarios – Espesor = 50 cm

Partida	EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE SUSTITUCIÓN DE LA SUBRASANTE E = 50 cm				
Rendimiento (m2/DIA)	MO.	850.0000	EQ.	850.0000	Und: m2
				Costo unitario directo por : m2	19.35
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0080	23.41	0.19
OFICIAL	hh	2.0000	0.0160	18.50	0.30
PEÓN	hh	2.0000	0.0160	16.73	0.27
					0.76
Materiales					
MATERIAL DE SUSTITUCIÓN (PUESTO EN OBRA)	m3		0.6250	29.66	18.54
					18.54
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.76	0.02
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0080	152.54	0.01

RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 TON	hm	1.0000	0.0080	127.12	0.01
CAMIÓN CISTERNA	hm	1.0000	0.0080	76.27	0.01
					0.05

* APU realizado para la modalidad de administración indirecta (por contrata).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78: Análisis de precios unitarios – Espesor = 55 cm

Partida	EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE SUSTITUCIÓN DE LA SUBRASANTE E = 55 cm				
Rendimiento (m2/DIA)	MO.	850.0000	EQ.	850.0000	Und: m2
				Costo unitario directo por :	21.20
				m2	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
OPERARIO	hh	1.0000	0.0080	23.41	0.19
OFICIAL	hh	2.0000	0.0160	18.50	0.30
PEÓN	hh	2.0000	0.0160	16.73	0.27
					0.76
Materiales					
MATERIAL DE SUSTITUCIÓN (PUESTO EN OBRA)	m3		0.6875	29.66	20.39
					20.39
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.76	0.02
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0080	152.54	0.01
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 TON	hm	1.0000	0.0080	127.12	0.01
CAMIÓN CISTERNA	hm	1.0000	0.0080	76.27	0.01
					0.05

* APU realizado para la modalidad de administración indirecta (por contrata).

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha podido apreciar, el espesor de la capa de sustitución tiene una relación directamente proporcional con el precio unitario de colocación de esta capa, ya que, a mayor espesor de la capa, mayor será el costo que se requiera para la ejecución de la partida de Extendido y compactación de material de sustitución de la subrasante, a continuación podemos apreciar el comparativo de costos por metro

cuadrado, debido al volumen de material de sustitución que se requiera para ser colocado, así como, a mayor espesor de la capa de sustitución, el rendimiento de la partida será reducido:

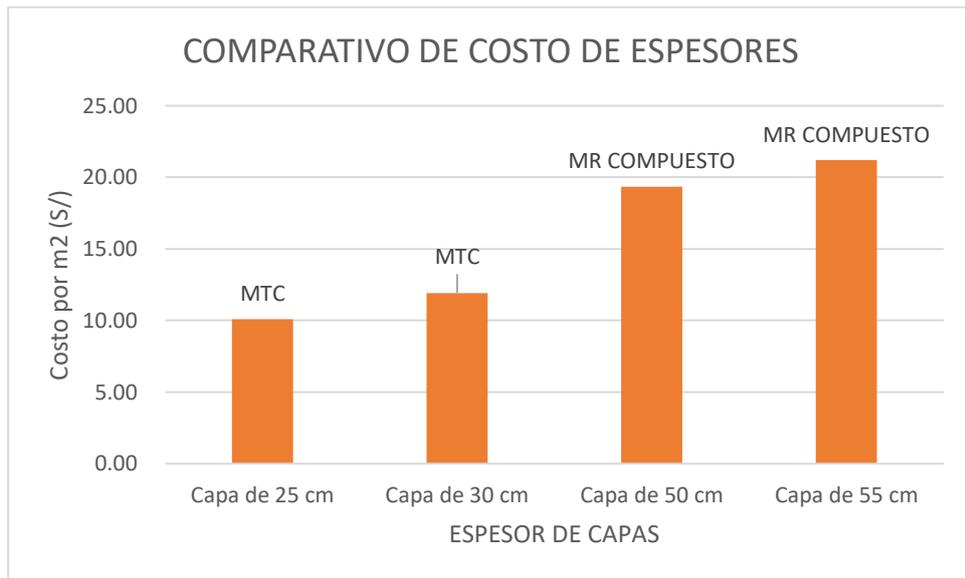
Tabla 79: *Comparativo de espesores calculados por ambos métodos*

ESPESOR (cm)	Cantera	Método	COSTO POR m2 (S/)
25	Jauja	MTC	10.08
30	La Huaycha, Concepción, Sausa	MTC	11.93
50	Jauja, La Huaycha,	Módulo resiliente compuesto	19.35
55	Concepción, Sausa	Módulo resiliente compuesto	21.20

Fuente: Elaboración propia.

Tal como hemos podido apreciar, son los espesores de sustitución calculados en base a la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones los cuales demandan una menor inversión, comparados con los espesores calculados mediante la metodología del módulo resiliente compuesto, teniéndose siempre a los espesores de sustitución calculados con las características particulares de la cantera de Jauja, como los espesores más económicos, mientras que los espesores calculados con el material de la cantera de Sausa, se encuentran dentro de los que demandan mayor costo, como se puede apreciar a continuación:

Gráfico 29: Comparativo de costos por metro cuadrado



Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, podemos indicar que los coeficientes de diseño inciden a través del costo de ejecución de colocación de la capa de sustitución, ya que, al obtenerse menores espesores, se tienen menores costos, en esta investigación, se indica que la utilización de la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), resulta en menores espesores, comparado con los espesores calculados por la metodología del módulo resiliente compuesto.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Según Arenas (2017) en su trabajo de investigación “Análisis Comparativo De Los Métodos (Aashto 93, Boussinesq, Ábacos De Colorado), Para El Cálculo Del Espesor De Mejoramiento De Subrasante En La Carretera Dv. Las Vegas-Tarma, Provincia de Tarma – Región Junín” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, considera como problemática: En tal medida, al realizar los trabajos de evaluación del suelo a nivel de SUBRASANTE, se detecta la existencia de suelos inadecuados de baja capacidad de soporte con presencia de humedad muy alta que resultan inadecuados, que requieren la sustitución o su respectiva estabilización, donde la alternativa a elegir está condicionada por un análisis técnico-económico comparativo. Plantea como problema general: ¿Cuál es el resultado de comparar los métodos (AASHTO 93, BOUSSINESQ, ÁBACOS DE COLORADO), para el cálculo del espesor de mejoramiento de subrasante en la carretera Dv Las Vegas-Tarma, ¿provincia de Tarma – región Junín?, como objetivo general: “Hacer un análisis comparativo de los métodos (AASHTO 93,

BOUSSINESQ, ÁBACOS DE COLORADO), para el cálculo del espesor de mejoramiento de subrasante en la carretera Dv. Las Vegas-Tarma, provincia de Tarma – región Junín”, y como conclusión indica que: “El método AASHTO 93 es el más conservador y analista, ya que considera diferentes parámetros para su cálculo, acercándose mucho a la realidad de solicitaciones de carga que presenta un pavimento, proporcionándonos valores bajos sin mucho margen de seguridad, por lo que el ministerio de transportes y comunicaciones recomienda optar por valores mayores o iguales a los obtenidos por este método.”

Al respecto, en la presente investigación se concuerda en el hecho de que el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos, es el más conservador y analista, al considerar parámetros para su cálculo, ya que la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es basado en el método AASHTO 93, considerándose los parámetros de carga vehicular, parámetros de serviciabilidad, parámetros estadísticos, características de la subrasante y características del material de sustitución con sus propios coeficientes estructurales y coeficientes de drenaje, bajo los cuales se ha realizado el diseño y cálculo del espesor de la subrasante.

- Santa Cruz (2019) en su trabajo de investigación “Determinación del espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana Unión, considera como problema general: “¿Se puede determinar un espesor adecuado de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos para evitar asentamientos por consolidación de suelos?”, como objetivo general: “Determinar un espesor adecuado para mejorar la subrasante con presencia de suelos blandos para evitar asentamientos por consolidación de suelos” y como hipótesis general: “Un espesor adecuado de

mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos disminuye la probabilidad de asentamientos por consolidación de suelos”, llegando como conclusiones principales a que: “Las propiedades físicas del suelo son fundamentales para poder determinar el espesor adecuado del mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos. Entre las principales características físicas está determinar el tipo de suelo y su clasificación mediante AASHTO y SUCS. Los límites de consistencia del suelo: límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Por último, la humedad natural del suelo. Las propiedades mecánicas del suelo comprenden, en gran parte, el mayor análisis para determinar el espesor de mejoramiento. El óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca son parámetros obtenidos del ensayo de proctor. El valor de CBR es el parámetro para determinar la resistencia del suelo ante los esfuerzos que el tránsito emite a la estructura del pavimento. Conociendo estos parámetros se puede determinar adecuadamente un espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos. El método a utilizar en el cálculo del espesor de un mejoramiento depende mucho de las condiciones que se puedan encontrar *Ínsitu*. Se pueden aplicar los métodos presentados en esta investigación y adoptar la que se ajuste más a las condiciones de cada suelo en estudio.

En relación a esta investigación, se concuerda en el hecho de que, para realizar un cálculo adecuado del espesor de mejoramiento de subrasante, se requiere conocer las propiedades físicas del suelo como su clasificación, límites de consistencia y la humedad natural del suelo, así como también el contenido de humedad y la máxima densidad seca y el CBR, siendo estas particulares de cada proyecto en particular, siendo precisamente estas características las que se han evaluado en la presente

investigación, para el material de sustitución de cada cantera estudiada, habiéndose encontrado diferentes resultados para cada uno de estos materiales.

- Peche (2013) en su trabajo de investigación “Evaluación De Espesores De Mejoramiento Del Suelo De La Subrasante En La Carretera Lima- Canta” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Cajamarca, considera como problemática: Uno de los factores importantes que poco se toma en cuenta en la construcción de las carreteras que se vienen construyendo es la falta de criterio que se toma al momento de hacer mejoramientos de terrenos por presencia de materiales inadecuados a nivel de subrasante, siendo la subrasante la base principal para brindar una buena estabilidad a toda la estructura de una carretera. En la gran mayoría de carreteras se han venido sobredimensionando las alturas de mejoramiento y en otros casos se han dado mejoramientos deficientes generando todo esto un sobre costo, plantea como problema general: “¿Cuál es el espesor de mejoramiento del suelo más adecuado para la carretera Lima-Canta?”, el objetivo general planteado fue el de: “Evaluar los espesores de mejoramiento del suelo de la subrasante en la carretera Lima – Canta” y como conclusión indica que: “De acuerdo a los resultados obtenidos los espesores calculados no coinciden con los espesores de mejoramiento proporcionados en obra, en ambos tramos los espesores con las que se ejecutó el mejoramiento son deficientes.”

Se está de acuerdo con la investigación mencionada anteriormente, en lo referente a que uno de los factores que menos se toma en cuenta, es el mejoramiento de la subrasante, los que se realizan sin criterio, sin considerar que la subrasante es la base principal que soporta a toda la estructura de una vía, dependiendo de esta su estabilidad, por lo que, a través de la presente investigación se han realizado los

cálculos de coeficientes para determinar el espesor de capas de sustitución de subrasantes, para su aplicación en vías urbanas, ya que, como se mencionó en el planteamiento del problema, actualmente en el distrito de Chilca-Huancayo, se asume un espesor estándar de 15 cm para realizar la sustitución o mejoramiento de subrasante, sin mayores criterios.

- Duarte y Sierra (2011) en su trabajo de investigación “Estudio Del Comportamiento De Un Material De Subrasante Típico De Bogotá Estabilizado Con Un Sistema De Geoceldas Ante La Aplicación De Ciclos De Carga Y Descarga Mediante Pruebas De Laboratorio” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Javeriana (Colombia), considera como problemática que: “Existen diferentes sistemas de estabilización de suelos de subrasante en el mundo, tales como la estabilización mecánica, que puede realizarse compactando el material o colocando un material de grano grueso y fino homogéneo sobre la subrasante; la estabilización con aditivos químicos, que alteran las propiedades físico-químicas del suelo a tratar mediante la generación de un incremento en el soporte del suelo y mejora su durabilidad; la estabilización con materiales cementantes tales como cemento, limo y asfalto bituminoso, y la estabilización utilizando geotextiles y geosintéticos”, como conclusiones principales indica que: “El análisis realizado anteriormente muestra que es fundamental usar un sistema de estabilización para suelos con características desfavorables ($CBR < 2,5$). Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación muestran que utilizar un sistema de geoceldas y un sistema convencional reduce los esfuerzos y asentamientos en una subrasante. Aunque los dos sean un sistema de estabilización que mejora el comportamiento de la subrasante, el sistema de geoceldas con material de relleno reduce estos parámetros en mayor medida”.

En relación a esta investigación, se concuerda en el hecho de que existen diferentes sistemas de estabilización de subrasante, como la estabilización mecánica, que puede realizarse compactando el material o colocando un material de grano grueso y fino homogéneo sobre la subrasante, sin embargo, vale decir, que este material de mejoramiento o sustitución de la subrasante, debe de tener características adecuadas, en términos de valor de soporte, es decir CBR, así como una granulometría adecuada para generar un drenaje rápido y adecuado para el agua que filtre en esta, así como características adecuadas de plasticidad y desgaste. Todas estas particularidades, inciden en los coeficientes de diseño de acuerdo a las metodologías para el cálculo del espesor de las capas de sustitución.

- Doroteo (2014) en su trabajo de investigación “Mejoramiento De Suelo por Sustitución de Material” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (México), considera como problemática que: “Hasta hace años, los tratamientos de suelos en la construcción solo tenían bases empíricas, en la actualidad los conocimientos sobre este campo se basan en Estudios sistemáticos, con fundamento científico y corroborado mediante la experimentación.”, plantea como problema general: “¿Qué método de mejoramiento será el ideal para ciertas características del proyecto?”, así como objetivo general: “Determinar el tipo de mejoramiento del suelo que obedezca al comportamiento más adecuado al proyecto.”, así como indica como conclusión que: “El mejoramiento de suelos por sustitución es un procedimiento confiable, si existe un control adecuado durante su ejecución ya que se corre el riesgo de no utilizar los materiales adecuados”.

Con respecto a la investigación anteriormente mencionada, se indica que se concuerda en el hecho de que el mejoramiento de suelos por sustitución es un procedimiento

confiable, siempre y cuando se utilicen los materiales adecuados, es justamente las características propias de estos materiales, las que han sido evaluadas e investigadas a través de la presente investigación, concordándose en que las características particulares de estos materiales de sustitución, son imprescindibles de cumplir, para que se obtenga una subrasante adecuada, que pueda soportar las solicitaciones a las que sea requerida, durante su periodo de diseño.

- Mediante la presente investigación se ha desarrollado el adecuado cálculo de espesor de sustitución de subrasante, se ha logrado obtener resultados de manera científica mediante libros, normas, manuales y diversidad de apoyos; ya que estos espesores se venían definiendo de manera empírica, aun sabiéndose de los métodos que se tienen que utilizar, este cálculo permitirá que haya mayores investigaciones que no serán paramétricos en escogerse un método en especial, sino permitirá que se sigan haciendo estudios donde mostrara que hay al igual que el modulo resiliente, AASHTO 93, también habrán métodos que buscara solucionar de manera efectiva los problemas que se tiene frente a la estabilización de suelos de subrasante y definitivamente ampliara el panorama viendo de distintas posiciones las soluciones con mayores estudios.

CONCLUSIONES

1. En base a los resultados obtenidos se determina que, al utilizarse las metodologías de cálculo del espesor de sustitución de subrasantes, sea la del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) o por el módulo resiliente compuesto, se obtienen espesores adecuados, en términos de soporte de cargas y características particulares de los suelos, lo cual incide en la calidad de la estructura del pavimento de la vía; además esta determinación de espesores son basadas en normas, manuales, ensayos de laboratorio lo cual nos permiten asegurar los espesores adecuados ya que estamos determinado de manera científica mas no empírica como se venía realizando; razón por la cual la hipótesis que se tenía desde un comienzo es demostrada en esta investigación; se ha considerado diferentes propuestas de capas de espesor de sustitución de la subrasante, 0.30m, 0.35m, 0.40m, 0.45m, 0.50m y 0.55m, para ser considerados en futuros proyectos, así como se han considerado las características particulares del material de cada una de las canteras investigadas.
2. De acuerdo a la investigación realizada, se establece que la utilización de los coeficientes de diseño calculados para la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), resulta en menores espesores que los calculados por la metodología del módulo resiliente compuesto. A fin de trabajarse con valores de espesor reales constructivos, es decir, en múltiplos de 5 cm, se han redondeado los valores de espesores de la capa de sustitución para la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que es la cantera Jauja, la que requiere un menor espesor de sustitución de la subrasante, con 25 cm, luego el resto de canteras (La Huaycha, Concepción, Sausa), requieren un espesor, redondeado, de sustitución de la

subrasante de 30 cm. Mediante la metodología del modulo resiliente se puede apreciar que, para el material de sustitución de las canteras de Jauja y La Huaycha, se obtiene un espesor de sustitución de 50 cm, y para las canteras de Concepción y Sausa, se obtiene un espesor de sustitución de 55 cm; por lo tanto, nuestra hipótesis fue demostrada mediante esta investigación siendo correcta.

3. Al calcular los coeficientes de diseño para la metodología del módulo resiliente compuesto, se obtienen mayores espesores 55cm, que los calculados por la metodología del MTC (espesor = 25cm), esta metodología, evalúa no solo las características de soporte de la capa de sustitución, si no, la capa o estrato debajo de esta; por lo tanto, mediante esta investigación nuestra hipótesis fue la adecuada.
4. Los coeficientes de diseño inciden a través del costo de ejecución de colocación de la capa de sustitución tiene una relación directamente proporcional con el precio unitario de colocación de esta capa, ya que, a mayor espesor de la capa, mayor será el costo que se requiera para la ejecución de la partida de Extendido y compactación de material de sustitución de la subrasante, tal como hemos podido apreciar, son los espesores de sustitución calculados en base a la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones los cuales demandan una menor inversión, comparados con los espesores calculados mediante la metodología del módulo resiliente compuesto, teniéndose siempre a los espesores de sustitución calculados con las características particulares de la cantera de Jauja, como los espesores más económicos, mientras que los espesores calculados con el material de la cantera de Sausa, se encuentran dentro de los que demandan mayor costo, nuestra hipótesis planteada al comienzo de la investigación fue la correcta.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los de ingeniería civil, realizar investigaciones comparando esta metodología por sustitución de suelos frente a otras metodologías de estabilización de subrasante, para determinar cuál es la más pertinente para cada caso en particular.
2. Se hace la recomendación correspondiente a los bachilleres en ingeniería civil, en realizar la investigación de las características de los materiales de las diferentes canteras en otras áreas geográficas, ya que, los materiales presentan diferentes características y propiedades, por lo que, como hemos visto en la presente investigación, se deben de realizar estos estudios, para realizar diseño y cálculos reales y adecuados.
3. A los bachilleres en ingeniería civil, se recomienda realizar el estudio de materiales de cantera para otras capas de la estructura del pavimento, como sub bases y base granulares, propias para cada realidad.
4. Es pertinente, recomendar a la Universidad Peruana Los Andes, remitir la presente investigación al Colegio de Ingenieros de Junín, así como a la Municipalidad Distrital de Chilca, para que tomen en consideración los resultados obtenidos, y así mejoren la calidad de las obras que se realicen en el futuro.
5. A los ingenieros que están inmerso en la formulación o consultoría de proyecto de carreteras, que deben tener mucho cuidado en su evaluación y diseño de un proyecto de obras civiles frente a este tipo de subrasante, a los ingenieros civiles que lleguen a ocupar los cargos de residente y supervisor de obras, que antes de iniciar cada proyecto se den mayor tiempo de evaluar el expediente técnico para que de esa manera puedan emitir el informe de compatibilidad de la mejor manera para que en la

ejecución no tengan problemas y no ejecuten de manera inadecuada sobre este tipos de subrasantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALZATE BUITRAGO, Alejandro. Mejoramiento de subrasantes en vías de tercer orden [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Libre Seccional Pereira, 2019. [Consultado 10 mayo 2021]. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17878/MEJORAMIENTO%20DE%20SUBRASANTE%20EN%20VIAS%20DE%20TERCER%20ORDEN.pdf?sequence=1>
- ARENAS VASQUEZ, Antonio Cesar. Análisis Comparativo de los Métodos (Aashto 93, Boussinesq, Ábacos De Colorado), para el Cálculo del Espesor de Mejoramiento de Subrasante en la Carretera Dv. las Vegas-Tarma, Provincia de Tarma – Región Junín [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional de San Martín, 2017. [Consultado 25 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2479>
- AYALA VELASCO, Luis. Acondicionamiento de un Equipo Triaxial Cíclico para la estimación de Módulo Resiliente, Utilizado en el Diseño de Pavimentos [en línea]. Tesis de titulación. Universidad San Francisco de Quito, 2013. [Consultado 10 mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1367>
- BORBO GABINO, Kleber y COLLANTES PIGUAVE, Liliana. Estabilización O Mejoramiento de la capacidad portante de los suelos de la subrasante de carretera utilizando diferentes proporciones de Arenas Asfálticas de Yacimientos Naturales de la Península de Santa Elena [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Estatal Península De Santa Elena, 2019. [Consultado 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4968>

- FERNÁNDEZ, María. 2016. *Cómo iniciarse en la investigación académica*. 1° ed. Lima: PUCP.
- HERNÁNDEZ LARA, Josue, MEJIA RAMIREZ, David y ZEVAYA AMAYA, Cesar. Propuesta de estabilización de Suelos Arcillosos para su Aplicación en Pavimentos Rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador [en línea]. Tesis de titulación. Universidad de El Salvador, 2016. [Consultado 10 de noviembre 2021]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. 2014. *Metodología de Investigación*. 6° ed. México: Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- HIDALGO RAMIREZ, Fernando y SAAVEDRA SALAZAR, Jose Antonio. Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en la subrasante de pavimentos para la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020. [Consultado 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/652531>
- MENÉNDEZ, Rafael. 2016. *Ingeniería de Pavimentos-Diseño de Pavimentos*. 3° ed. Lima: ICG.
- MENÉNDEZ, Rafael. 2016. *Ingeniería de Pavimentos-Materiales*. 2° ed. Lima: ICG.
- MENÉNDEZ, Rafael. 2016. *Ingeniería de Pavimentos-VARIABLES de Diseño*. 1° ed. Lima: ICG.
- MONTEJO, Alfonso. 2006. *Ingeniería de Pavimentos*. 2° ed. Bogotá: Stella Valbuena de Fierro.

NAGHI, Mohammad. 2005. *Metodología de la investigación*. 2° ed. México: Limusa S.A.

OVIEDO PINEDA, Francy y CARDENAS RAMIREZ, Jeisson. Evaluación del Comportamiento Mecánico de una Subrasante Mejorada con Rajón de Concreto Reciclado, mediante una Modelación a Escala Física y Numérica, Caso de estudio Vías Samarkanda, Funza Cundinamarca [en línea]. Tesis de titulación. Universidad de La Salle, 2021. [Consultado 18 noviembre 2022]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1922&context=ing_civil

PERALTA RICRA, Vidal. Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad de soporte mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Peruana Los Andes, 2020. [Consultado 29 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2426#:~:text=Con%20la%20adici%C3%B3n%20de%20,del%2025%25%20al%2029%25>

Perú, *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*, MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013.

Perú, *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*, MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014.

Perú, *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*, MANUAL DE CARRETERAS DG-2014, 2014.

Perú, *Manual Sección de Suelos y Pavimentos, R.D. N° 10-2014-MTC/14*. Norma Técnica CE.010: Pavimentos Urbanos, MINISTERIO DE VIVIENDA

CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2013.

Perú, *Norma Técnica CE.010: Pavimentos Urbanos*, MINISTERIO DE VIVIENDA

CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2013.

PICO NUÑEZ, Juan Carlos. Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las Comunidades De Teligote Y Masabachos de la Parroquia Benítez Cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Técnica de Ambato, 2016. [Consultado 12 mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24050>

PICO, J. (2016). “Análisis Comparativo De La Estabilización De La Subrasante De La Vía Entre Las Comunidades De Teligote Y Masabachos De La Parroquia Benítez Cantón San Pedro De Pelileo, Con Cal Y Cloruro De Sodio Para Realizar El Diseño De Pavimentos De La Misma”. Ambato, Ecuador: UTA.

RAMOS, G. (2014). “Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará, Huancavelica, 2014”. Huancayo, Perú: UNCP.

RIOS HIDALGO, Angel Joao y ROJAS VIZARRES, Jacqueline. Mejoramiento de suelo en zona susceptible a licuación utilizando inclusiones, intercambio vial Aeropuerto Chincheros – Cusco [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Ricardo Palma, 2020. [Consultado 17 de noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3838>

SÁNCHEZ, H Y REYES, C (2002). “Metodología y diseños en la investigación científica”. Lima, Perú: Editorial Universitaria.

SANTA CRUZ, J. (2019). “Determinación del espesor de mejoramiento de

subrasante con presencia de suelos blandos”. Lima, Perú: UPU.

SANTA CRUZ, Jorge David. Determinación del espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Peruana Union, 2019. [Consultado 27 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2223>

SUPO W. (2018). “Influencia Del Grado De Saturación, Espesor Y Tipo De Mejoramiento En El Valor De Diseño De Subrasantes Compuestas De Pavimentos”. Juliaca, Perú: UANCV.

VELÁSQUEZ, C. (2018). “Influencia Del Cemento Portland Tipo I En La Estabilización Del Suelo Arcilloso De La Subrasante De La Avenida Dinamarca, Sector La Molina”. Cajamarca, Perú: UNC.

ANEXOS

**Anexo 01 - Matriz de consistencia - Determinación de coeficientes de
diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante**

Título del Proyecto:

DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES		METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:			MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN: Científico.
¿Cuál es el resultado de determinar los coeficientes de diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasantes por la metodología del MTC y por la metodología del módulo resiliente compuesto?	Determinar el resultado de los coeficientes de diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante por la metodología del MTC y por la metodología del módulo resiliente compuesto.	Al utilizarse las metodologías de cálculo del espesor de sustitución de subrasantes, se obtienen espesores adecuados, en términos de soporte de cargas y características particulares de los suelos.	VARIABLE INDEPENDIENTE:	COEFICIENTES DE DISEÑO	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicado. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: * Transeccional comparativo.
PROBLEMA ESPECÍFICOS:	OBJETIVO ESPECÍFICOS:	HIPÓTESIS ESPECIFICAS:			POBLACIÓN Y MUESTRA: * POBLACIÓN: Jr. Integración del Sector 9 de Octubre, distrito de Chilca-Huancayo. * MUESTRA: La calicata de exploración; en el Jr. Integración y Jr. Sucre y los ensayos tales como contenido de humedad, granulometría, clasificación AASHTO, Proctor modificado y CBR.
¿Qué resultado se obtiene al utilizar los coeficientes de diseño por la metodología del MTC para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante?	Establecer el resultado de los coeficientes de diseño por la metodología del MTC para cálculo del espesor de sustitución de subrasante.	La utilización de coeficientes de diseño por la metodología del MTC, resulta en menores espesores que los calculados por la metodología del módulo resiliente compuesto.	DIMENSIONES:	Propiedades físicas Propiedades hidráulicas Propiedades mecánicas	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS: TÉCNICAS: * Análisis Granulométrico * Limite Líquido, Limite Plástico * Ensayo Proctor Modificado, Ensayo CBR
¿Qué resulta de la utilización de los coeficientes de diseño por la metodología del módulo resiliente compuesto para cálculo del espesor de sustitución de subrasante?	Calcular el resultado de la utilización de los coeficientes de diseño por la metodología del módulo resiliente compuesto para cálculo del espesor de sustitución de subrasante.	Al utilizar los coeficientes de diseño por la metodología del módulo resiliente compuesto, se obtienen mayores espesores que los calculados por la metodología del MTC.	VARIABLE DEPENDIENTE:	ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTES	INSTRUMENTOS: * La investigación serán procesados en cuadros descriptivos y aplicativos elaborados en excel.
¿De qué manera inciden los coeficientes de diseño en el costo de ejecución de colocación de capas de sustitución de subrasante?	Evaluar la manera en que inciden los coeficientes de diseño en el costo de ejecución de colocación de capas de sustitución de subrasante.	Los coeficientes de diseño inciden a través del costo de ejecución de colocación de la capa de sustitución, al obtenerse menores espesores, se tienen menores costos.	DIMENSIONES:	Metodología MTC Metodología del Módulo Resiliente Compuesto Costo de ejecución	

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES (FACTORES)	INDICADORES (DEFINICIÓN CONCEPTUAL)
COEFICIENTES DE DISEÑO	Los coeficientes de diseño son los parámetros que se requieren para la determinación del espesor de la capa de sustitución del material de subrasantes, estos coeficientes están en función de la metodología a emplear para el diseño, así como, toman en consideración las propiedades particulares del material de sustitución.	Propiedades físicas	- Granulometría. - Límites de Consistencia.
		Propiedades hidráulicas	- Permeabilidad.
		Propiedades mecánicas	- Densidad. - Valor de Soporte
ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTES	Es el espesor de la capa de subrasante mejorada, ya sea por una modificación de la subrasante existente (sustitución del material inadecuado o estabilización con cemento, cal o aditivos químicos), se recomienda cuando se presentas subrasantes con $CBR \leq 6\%$, se proceda a eliminar el material inadecuado y colocar un material granular de reemplazo con CBR mayor a 10% e IP menor a 10. Su función principal será dar resistencia a la estructura del pavimento.	Metodología MTC	Coficiente estructural (a4)
			Coficiente de drenaje (m4)
			Número estructural (SN4)
		Metodología del Módulo Resiliente Compuesto	CBR
			Módulo de resiliencia
Costo de ejecución	Análisis de precios unitarios		

Anexo 03: Ensayos de mecánica de suelos



KLA FER S.A.C.

2020

**"DETERMINACION DE COEFICIENTES
DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL
ESPESOR DE SUSTITUCION DE
SUBRASANTE"**

CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CON FINES
DE CIMENTACIÓN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**"DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA
EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE
SUBRASANTE"**

INFORME TÉCNICO

HUANCAYO

2020

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

KLA FER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

INDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA	2
1.1. GENERALIDADES	2
1.2. OBJETIVO	3
1.3. UBICACIÓN	3
2. GEOLOGÍA	3
3. SISMICIDAD	5
4. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA	5
4.1. TRABAJOS DE CAMPO	5
4.2. MUESTREO	5
4.3. REGISTRO DE EXPLORACIONES	6
5. NIVEL FREÁTICO	7
5.1. LAS AGUAS FREÁTICAS	7
5.2. EL NIVEL FREÁTICO EN LA CONSTRUCCIÓN	7
6. ENSAYOS DE LABORATORIO	8
7. CONDICIONES DE LA SUB RASANTE	9
8. ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	10
8.1. TRABAJOS DE GABINETE	11
8.1.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO	11
8.1.2. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS	12
8.1.3. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DEL SUELOS	13
8.1.4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	14
8.1.5. ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,750 mm (N° 4)	15
8.1.6. COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA	15
8.1.7. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)	17
8.2. DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO	18
9. CONCLUSIONES	19
10. RECOMENDACIONES	21
11. NORMATIVIDAD UTILIZADA Y BIBLIOGRAFÍA	21
12. ANEXOS	21

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

LOCAL HUANCAYO - AV. CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ - PSE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALMAJERÍA, MADERA, ACIERO, OSEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, PESAJES, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

ESTUDIO DE C.B.R. (California Bearing Ratio)

NORMA ASTM D 1883-73

PROYECTO:

"DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. GENERALIDADES

El estudio de CBR del proyecto DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE.

Es parte del presente estudio. El ensayo de C.B.R. mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como "Relación de soporte" y esta normado con el número ASTM D 1883-73, Los trabajos se desarrollaron en tres etapas; inicialmente los trabajos correspondientes al relevamiento de información, ejecutados directamente en el campo; posteriormente los trabajos que evalúan las características de los materiales involucrados en el proyecto; y finalmente el procesamiento de toda la información recopilada que permita establecer los parámetros de diseño. Los trabajos de campo se orientaron a explorar la superficie de rodadura y el sub suelo (sub rasante), mediante la ejecución de calicatas distribuidas en el área en estudio. Se tomaron muestras disturbadas de cada una de las exploraciones ejecutadas, las mismas que fueron remitidas al laboratorio especializado.

Los trabajos en el laboratorio se han orientado a determinar las características físicas y mecánicas de los suelos obtenidos del muestreo, las que sirven de base para determinar las características de diseño.


Ing. María Peña Dueñas
ASESOR TECNICA EN MECANICA DE SUELOS Y
ESPECIALISTA EN RESANCO DE SUELOS
CONCRETOS, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ : PSE CAMPOS 1-63 FRENTA U.N.C.F.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENRIQUES ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, TRUCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, ENSAYOS, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/USD -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

KLA FER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

1.2. OBJETIVO

Determinar el valor de C.B.R. (California Bearing Ratio), que se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el material que se ensaya, este material ensayado presenta condiciones determinadas de humedad y densidad.

1.3. UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en:

DISTRITO : CHILCA
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNIN

2. GEOLOGÍA

El Cuadrángulo de Huancayo abarca sectores de las Altas Mesetas Centrales y de la Cordillera Oriental; además, incluye la Depresión de Ingahuasi y la parte sur-oriental de la Depresión de Huancayo-Jauja, que contienen un espeso relleno Cuaternario. Tanto en las Altas Mesetas como en la Cordillera Oriental, (4,000-4,500 m.s.n.m.) se observan restos de la superficie "Puna", la cual fue profundamente erosionada por los glaciares y la escorrentía superficial. La columna estratigráfica se inicia con flyschs Excelsior parcialmente de edad Devónica media. Los flyschs fueron plegados a fines del Devónico y están cubiertos por las capas mayormente continentales del Carbonífero y del Pérmico inferior, las cuales infrayacen con discordancia de erosión a las capas rojas y a los volcánicos del Pérmico superior. A partir del Noriano, cuyos estratos cubren con discordancia de erosión a los del Pérmico superior, se diferenciaron paulatinamente en la región una plataforma sur-occidental y un geanticlinal nor-oriental, disposición paleogeográfica que controló claramente la sedimentación del Liásico superior hasta el Coniaciano. Durante el Triásico y el Liásico, una subsidencia marcada y continua afectó la plataforma y en menor grado el futuro geanticlinal, dando lugar a la deposición de 1,700 m. de calizas en aquella y de una serie calcárea más condensada de 800 m. mínimo en el último. En un mar que ocupaba la parte SW de la hoja se sedimentaron en el lapso Aaleniano-Bajociano las areniscas de la Formación Cercapuquio (750 m. max.) y las calizas de la Formación Chunumayo (250 m.

max). Después de una gran Laguna deposicional que abarcó el Batoniano y el Malm se depositaron las areniscas, en parte marinas y en parte continentales, del Neocomiano-

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRUPADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, ALUMBRADO, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, FÍSICO, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA



Ing. Mario Peña Dueñas
GERENTE GENERAL
ESPECIALIDAD MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/USD - Indecopi.



Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

del tipo de relleno de fisuras. Los depósitos no metálicos son numerosos, incluyen carbón y arcillas refractarias, areniscas en lajas, yeso, travertino, etc..

Aspectos geomorfológicos

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio y alrededores han sido modelados por eventos de geodinámica interna y externa. Las unidades geomorfológicas existentes son clasificadas como Valles - Quebradas y Estribaciones de la Cordillera Occidental.

Aspectos Lito estratigráficos

La secuencia lito estratigráfica, está dada por la ocurrencia de afloramientos y depósitos no consolidados con edades que se inician en el Cretáceo Inferior, hasta la actualidad.

3. SISMICIDAD

En general, la zona de estudio se halla en una región de mediana actividad sísmica, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de intensidad media durante la vida del proyecto. La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana, subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos cuando menos profundos son en su origen.

Según los mapas de zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo-Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el proyecto se encuentra comprendido en la Zona 3.

4. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

4.1. TRABAJOS DE CAMPO

Con la finalidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica del sub suelo de la sub rasante, se llevó a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio. En total se realizaron 04 exploraciones a cielo abierto o calicatas y se extrajeron las muestras respectivas.

La profundidad máxima alcanzada en las exploraciones es de 1.50 m. por debajo de la rasante proyectada y ubicadas en forma alternada (derecha e izquierda) de la vía en estudio.

4.2. MUESTREO

MUESTREO DE UN SUELO

Consiste en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto.



Ing. Marco Peña Dueñas
INGENIERO EN INGENIERÍA DE SUELOS
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

LOCAL HUANCAYO: AV. CALLE REAL 191 - 4to. CERRAJE HUANCAYO
LOCAL TAMBORA: AV. CALLE DE LA UNIÓN 100 - 4to. CERRAJE TAMBORA
RUC: 20967164911
E-06

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACRRO, DISEÑO
DE MEZCLAS CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.-

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSB -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

muestreo, además, incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras. El muestreo comprende dos tipos de muestras.

Muestras alteradas

Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado, en las que no se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual la muestra se envasa y transporta en forma adecuada. Las muestras alteradas, de suelos podrán obtenerse de una excavación, de un frente, ya sea de corte o de banco o bien, de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deberán ser representativas de cada capa que se atravesase, hasta llegar a una profundidad que pueda corresponder al nivel más bajo de explotación, al nivel de aguas freáticas o aquél al cual sea necesario extender el estudio.

Muestras inalteradas

Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra. Las muestras inalteradas se obtendrán de suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería. La extracción para obtener la muestra deberá de ser de dimensiones tales que permitan las operaciones de labrado y extracción de la misma.

Se extrajeron muestras ALTERADAS representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar respectivos.

La ubicación de la exploración estuvo a cargo del solicitante.

La excavación de la exploración estuvo a cargo del técnico del laboratorio.

La extracción de la muestra estuvo a cargo del técnico del laboratorio.

4.3. REGISTRO DE EXPLORACIONES

La elaboración del registro estratigráfico requiere de una clasificación de materiales que se obtiene mediante análisis y ensayos en laboratorio sobre las muestras extraídas en el campo. La interpretación de los resultados obtenidos ha permitido clasificar los suelos, definir los horizontes de material homogéneo. Se establece los siguientes registros Estratigráficos para este estudio:

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 945 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO: PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.



Ing. María Peña Dueñas
CARRERA DE INGENIERÍA DE SUELOS
ESPECIALIDAD EN MECÁNICA DE SUELOS
INDICAPY PERSONAL GEO.DOB

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIFORMES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DISAGUE, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

KLAFER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

CALICATA C-01

En 1.50 metros que se hizo la excavación (calicata) para obtener la muestra a ser analizada se encontró Arcilla fina, de color marrón, en estado húmedo y de mediana dificultad de excavación.

(ver anexo perfil estratigráfico)

5. NIVEL FREÁTICO

En el interior de la Tierra las aguas subterráneas alcanzan un punto máximo de profundidad y dicho lugar es conocido como nivel freático. En este lugar la presión del agua es equivalente a la presión atmosférica. Así mismo, el nivel freático es la distancia concreta que hay entre el nivel del agua subterránea y la superficie.

La detección del nivel freático se realiza normalmente a través de una sonda, la cual detecta la presencia de agua en el subsuelo. Las características geológicas y climáticas de un lugar son las que determinan la profundidad del nivel freático.

5.1. LAS AGUAS FREÁTICAS

El agua que se encuentra en los niveles freáticos es conocida como agua freática. En principio, no es una agua apta para el consumo humano, pero sí es utilizable para el riego de cultivos, para la limpieza urbana y del sistema de alcantarillado. En este sentido, algunas ciudades tienen redes de aguas freáticas del subsuelo. Se trata de un recurso hídrico alternativo que sustituye a las fuentes y manantiales tradicionales.

5.2. EL NIVEL FREÁTICO EN LA CONSTRUCCIÓN

En un terreno donde se vaya a construir una edificación o en una obra hidráulica es imprescindible conocer el nivel freático de las aguas subterráneas. Este tipo de estudios se denominan geotecnia y los geólogos son los profesionales que se dedican a ello.

El estudio de un suelo es determinante para calcular la capacidad de resistencia del mismo. Este tipo de estudios se centran en las distintas capas o estratos de un terreno. Como es lógico, la capa o nivel freático es de vital importancia para tomar una decisión adecuada en relación con la construcción de una edificación. Así, el nivel freático siempre debe encontrarse por debajo del primer nivel de cimentación, pues de lo contrario la edificación podría dañarse con el paso del tiempo.

La información obtenida permite establecer el máximo nivel de altura de un edificio.

El responsable de este tipo de análisis es un ingeniero de suelos.

LOCAL HUANCAYO: CALLE HUALTA 114 - FRENTE LA UNIVERSIDAD
LOCAL TAMBORA: PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES



Ing. Marco Peña Dueñas
INGENIERO DE SUELOS Y GEOTECNIA
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

RUC 20487134911
CEL. 945510108

ESTUDIOS DE SUELOS, BDCAS, ASPIHALTO, CONCRETO, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



CALICATA	PROFUNDIDAD DE NIVEL FREÁTICO
C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE	N.P.

6. ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron los ensayos de acuerdo a la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones. Los trabajos de laboratorio permitieron evaluar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos, mecánicos de las muestras disturbadas de suelo, provenientes de cada una de las exploraciones. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la Empresa KLA FER S.A.C, bajo la supervisión del Ingeniero Especialista de Suelos y Pavimentos, y de técnicos de laboratorio, cuyos resultados se presenta en los Anexos. Los ensayos realizados fueron:

- **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:** La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas (ASTM D-2216), MTC E 108-2016.
- **DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO:** El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido. El valor calculado deberá aproximarse al centésimo. ASTM D-4318, AASHTO T-89, MTC E 110-2016.
- **DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD:** Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo. Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen. ASTM D-4318, AASHTO T-90, MTC E 111-2016.
- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO:** La determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 mm (N° 200). ASTM D-422, AASHTO T88, MTC E 107-2016.
- **COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA:** (56 000 pie-lb/pie³ [2 700 kN-m/m³]) (PROCTOR MODIFICADO): Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pistón de 10 lb (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³). ASTM D -1557, MTC E 115-2016.

LOCAL TAMBORA - PSJE CAMPOS 143 FUENTE D.N.C.P. - TEL. 05510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASPALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUÉ, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.



Ing. Mario Peña Dueñas
INGENIERO ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASPALTO Y GEOLOGÍA

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



- CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR):** Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado. ASTM -19883, ASSHTO T-193, MTC E 132-2016.

7. CONDICIONES DE LA SUB RASANTE

Según el Sistema Unificado De Clasificación de suelos y la AASHTO para cada calicata se clasificaron en:

CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		NOMBRE DEL GRUPO
		SUCS	AASHTO	
C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE	M-1	CL	A-6(13)	ARCILLA FINA

De acuerdo a los resultados obtenidos del PROCTOR MODIFICADO se tiene lo siguiente:

CALICATA	M.D.S.	O.C.H.
C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE	1.43	12.51

De acuerdo a los resultados obtenidos del C.B.R. se tiene lo siguiente:

Tanto para 1" y 2" de penetración se obtiene al 100% y 95% respectivamente para cada calicata.

CALICATA	C.B.R.			
	1"		2"	
	100%	95%	100%	95%
C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE	9.40	5.92	18.73	15.02

Así mismo se presenta el siguiente cuadro en el cual se observa el uso que se le puede dar de acuerdo a los resultados del cuadro anterior, el mismo que tendrá que ser revisado por el Ingeniero Responsable del proyecto.

LOCAL: HUANCAYO - AV. CALLE REAL 431 - 445 CHILCA HUANCAYO.



Ing. Mario Peña Ducillas
ABRIL 2004 - 2018 - 2019 - 2020
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

RUC: 20467134911
CEL: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOLOGÍA,
CONCRETO, ASPALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, MADERA, BARRERA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESARQUE, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

El C.B.R. mínimo que alcanza al 0.1" (95%): es de 5.92.

Fuente: manual de carreteras suelos sección suelos y pavimentos pág. 29.

Por ende, se considera una sub rasante POBRE.

Se considera como materiales aptos para sub rasante suelos con CBR mayores o iguales a 6% pág. 32(manual de carreteras suelos sección suelos y pavimentos)

8. ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS

La descripción de cada estrato ha sido identificada por el personal capacitado, describiendo su composición del suelo, encontrándose por cada calicata diversos tipos de suelos.

EXPLORACIÓN DE CAMPO

Los trabajos de campo se orientaron a explorar la superficie de rodadura y el sub suelo, mediante la ejecución de calicatas distribuidas en los lugares indicados en el área de estudio. Dicha indicación estuvo a cargo del Ing. Responsable del Proyecto. Se tomaron muestras distribuidas de cada una de las exploraciones ejecutadas, de acuerdo a la EM 2016, las mismas que fueron remitidas al laboratorio especializado.

Los trabajos en el laboratorio se han orientado a determinar las características físicas y mecánicas de los suelos obtenidos del muestreo las que sirvieron de base para determinar las características de diseño. Las calicatas se realizaron manualmente con pala y pico a un costado de la vía en estudio, no ha sido necesario realizar prospecciones a menor distancia dado que las características del terreno han permanecido homogéneas.



Ing. Marino Peña Dueñas
CARRERA INGENIERÍA EN GEOTECNIA Y SUELOS
ESPECIALIDAD INGENIERÍA DE SUELOS
CONSEJO PROFESIONAL PERUANO DE INGENIEROS



8.1. TRABAJOS DE GABINETE

El procedimiento y los equipos utilizados para los ensayos requeridos fueron:

8.1.1. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

Para este ensayo se utilizó:

Horno de secado: Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$. (CALIBRADO)

Balanzas: De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.1 g para muestras de menos de 200 de 0.1 g para muestras de más de 200 g (CALIBRADO)

Recipientes: Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de PH variable, y a limpieza.

Utensilios para manipulación de recipientes: Se requiere el uso de guantes, tenazas o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.

Otros utensilios: Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas. Cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

El procedimiento realizado fue:

Se ha determinado y registrado la masa en un contenedor limpio y seco.

Se ha seleccionado especímenes de ensayo representativos de acuerdo lo indicado anteriormente.

Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

Remover la tapa y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ a menos que se especifique otra temperatura. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno.

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO

LOCAL TAMBO PSE CAJAMA

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ARCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBA
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.



RUC 2048734911

CEL 95540108

Ing. Marco Peña Dueñas

REGISTRADO EN EL REGISTRO NACIONAL DE PROFESIONALES

DE INGENIERÍA CIVIL N° 12000

REGISTRADO EN EL REGISTRO NACIONAL DE EMPRESAS

DE INGENIERÍA CIVIL N° 12000



8.1.2. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

Los aparatos utilizados fueron:

Recipiente para Almacenaje: Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.

Espátula: De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud y 20 mm (3/4") de ancho aproximadamente.

Aparato del límite líquido (o de Casagrande). (CALIBRADO)

Acanalador.

Calibrador: Ya sea incorporado al ranurador o separado, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm (0.394" ± 0.008") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.

Recipientes o Pesa Filtros: De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.

Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.1 gr. (CALIBRADO)

Horno o Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para secar la muestra. (CALIBRADO)

El procedimiento realizado fue:

Colocamos la muestra de suelo en una vasija de porcelana y mezclamos completamente con 15 a 20ml. de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mezclamos completamente cada incremento de agua con el suelo.

Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre, colocamos una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y comprimo hacia abajo, teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa. Nivelamos el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparejamos hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. Regresamos el exceso de suelo a la Vasija de porcelana.

Dividimos el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas.

Para evitar raspaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la masa del suelo de la cazuela de bronce, se permite hacer hasta dos pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, contando cada recorrido

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 445 - 445 CHILCA HUANCAYO

LOCAL TAMBO

PSJE CAMPAÑA DE PROMOCIÓN DE LA CALIDAD

RUC 20487134911

08

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRIGADOS, UNIDADES DE ALMACENAMIENTO, MADERA, ACERO, HIERRO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, TIENAGUE, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA



Ing. Víctor Peña Dueñas
MAGISTER EN INGENIERÍA DE SUELOS
ESPECIALIDAD MECÁNICA DE SUELOS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



como una pasada; con cada pasada el acanalador debe penetrar un poco más profundo hasta que la última pasada de atrás hacia adelante limpie el fondo de la cazuela. Hicimos una ranura con el menor número de pasadas posible.

Elevamos y golpeamos la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anotamos el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.

En lugar de fluir sobre la superficie de la taza algunos suelos tienden a deslizarse. Sacamos una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colocamos en un recipiente adecuado.

Pesamos y anotamos. Colocamos el suelo dentro de la pesa filtro en el horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) hasta obtener peso constante y volvemos a pesar tan pronto como se haya enfriado, pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anotamos este peso, así como la pérdida de peso debida al secamiento y el peso del agua.

Transferimos el suelo sobrante en la taza de bronce a la cápsula de porcelana. Lavamos y secamos la taza de bronce y el ranurador y armamos de nuevo el aparato del límite líquido para repetir el ensayo.

Repetimos la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De esta manera, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

8.1.3. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DEL SUELOS

Los aparatos utilizados fueron:

Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.

Recipiente para Almacenaje, de 15 mm (4 1/2") de diámetro.

Balanza, con aproximación a 0.1g. (CALIBRADO)

Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). (CALIBRADO)

Tamiz de 425 μ m (N° 40).

Agua destilada.

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE
LOCAL TAMBO : PSIS CAMPOS 143, FRENTE U.N.C.P.



Ing. María Peña Dueñas
Coordinadora de los trabajos de
Especialidad de Mecánica de Suelos,
Concreto y Geotecnia y Geología

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, OJERO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUNTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.

Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

El procedimiento realizado:

Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorona aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo.

La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo a la guía de Determinación del contenido de humedad.

Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado.

8.1.4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

Los aparatos utilizados fueron:

Una balanza: (CALIBRADO)

Tamices de malla cuadrada

75 mm (3"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,840 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes:

75 mm (3"), 37.5 mm (1-½"), 19.0 mm (¾"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (N° 4), 2.36 mm (N°8), 1.10 mm (N° 16), 600 mm (N° 30), 300mm (N° 50), 150 mm (N° 100), 75 mm (N°200).

Horno o Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). (CALIBRADO)

Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.

Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.





Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

8.1.5. ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (N° 4).

Separamos la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

Se ha realizado el movimiento manual del tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla.

Se determinó el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (N°200).

- Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.1 g.
- Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se pesa.

8.1.6. COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA

Los aparatos que se utilizaron:

Ensamblaje del Molde: Los moldes son cilíndricos, tienen una sección circular, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro.

Molde de 4 pulgadas. - Un molde que tenga en promedio $4,000 \pm 0,016$ pulg. ($101,6 \pm 0,4$ mm) de diámetro interior, una altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg. ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,0333 \pm 0,0005$ pie³ (944 ± 14 cm³).

Molde de 6 pulgadas. - Un molde que tenga en promedio $6,000 \pm 0,026$ pulg. ($152,4 \pm 0,7$ mm) de diámetro interior, una altura de: $4,584 \pm 0,018$ pulg. ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,075 \pm 0,0009$ pie³ ($2\ 124 \pm 25$ cm³).

Pisón ó Martillo. - Un pisón operado manualmente. El pisón cae libremente a una distancia de $18 \pm 0,05$ pulg. ($457,2 \pm 1,6$ mm) de la superficie de espécimen.

Extractor de Muestras. - Se usa una gata con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.

LOCAL HUANCAYO: AV. CAJAMARCA 1001
LOCAL TAMBO: PSJE CASHAPALTA 122 URB. VILLA EL TIRO

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALMACENAMIENTO, HERRAJES, ACERO, BISEÑO
DE MEZCLAS CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN PASTAS, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, ATG.



Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

Horno de Secado. - Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ($110 \pm 5^\circ\text{C}$) a través de la cámara de secado.

Regla. - Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,005$ pulg ($\pm 0,1$ mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg (3mm).

Tamices ó Mallas. - De ¼ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), conforme a los requisitos de las especificaciones ASTM E11 ("Especificación para mallas metálicas con fines de ensayo").

Herramientas de Mezcla. - Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc.

PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO SUELOS

Método de Preparación Seca. - Las muestras extraídas estaban húmedas, por lo que se procedió a reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado se realizó en un aparato de secado. Se disgrega por completo los grumos de tal forma que hemos evitado moler las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: N°4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¼ pulg (19,0mm). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¼ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, se disgregó lo suficientemente para que pasen el tamiz 3/8 pulg Se ha preparado cuatro especímenes.

Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos anteriormente.

Compactación. - Se compactó de la siguiente manera:

Se ha determinado y anotado la masa del molde y el plato de base.

Se ha ensamblado y asegurado el molde y el collar al plato base. Esto permite una unión al cimiento rígido y se desamolda fácilmente después que se concluya la compactación.

Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 2 pulg (5 mm) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactados o extendido cerca de la superficie compactada será recortado. El suelo recortado ha sido incluido con el suelo adicional para la próxima

capa.
Se ha compactado cada capa con 25 golpes para el molde de 4 pulgadas (101,6 mm) ó 56 golpes para el molde de 6 pulgadas (152,4 mm).

LOCAL HUANCAYO: AV. C. GAL. 3-41 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ: PSIS CAMPOS LAJEREN DE J. H. C. P.

RUC: 20487134911
CEL: 945310108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA
CONCRETO, ASPALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS: RICAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DISEÑO DE OBRAS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA, OBRAS DE SANEAMIENTO.



Ing. Magro Peña Dueñas
INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS
Especialista en Mecánica de Suelos
CONCRETO Y TELEFONÍA GEO. LOG.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



8.1.7. CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR).

Los aparatos utilizados fueron:

Prensa CBR. (CALIBRADO)

Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$ ($6 \pm 0,026''$) de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46 \text{ mm}$ ($7 \pm 0,018''$) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de $50,8 \text{ mm}$ ($2,0''$) de altura y una placa de base perforada de $9,53 \text{ mm}$ ($3/8''$) de espesor.

Disco espaciador, de metal, de forma circular, de $150,8 \text{ mm}$ ($5 \text{ 15/16}''$) de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127 \text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005''$) de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

Pistón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo

Pistón de penetración.

Diales con recorrido mínimo de 25 mm ($1''$) y divisiones lecturas en $0,025 \text{ mm}$ ($0,001''$), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

Una Poza con agua.

Horno o Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ (CALIBRADO)

Balanza con capacidad de 20 kg y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y $0,1 \text{ g}$, respectivamente.

Tamices, de $4,76 \text{ mm}$ (No. 4), $19,05 \text{ mm}$ ($3/4''$) y $50,80 \text{ mm}$ ($2''$).

Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

Procedimiento:

El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno.

En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

Preparación de la Muestra. - Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de $19,1 \text{ mm}$ ($3/4''$), se utilizó para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. De la muestra así preparada se tomó la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más o menos unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determinó la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compactó un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la

LOCAL HUANCAYO
LOCAL TAMBHO

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOLOGÍA
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ENSAYOS DE SUELOS, ROCAS, AGRIGADOS, UNIDADES DE ALBARTILLO, MADERA, ACOIRO, DISEÑO
DE MEZCLAS CONCRETAS, ENSAYOS INTEGRADOS EN AGUA, ENSAYOS DE ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA DE MATERIALES



Ing. Marino Peña Dueñas
INGENIERO EN TERCERA ESPECIALIDAD EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA



humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación.

Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se ha determinado la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E108 una vez conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo.

Elaboración de especímenes. Se pesó el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro. Una vez preparado el molde, se compactó el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación, pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes encada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas. Para suelos granulares, la prueba se efectuó dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Penetración. Se aplicó una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con ± 2.27 kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb). Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, se asentó el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, llevamos el conjunto a la prensa y colocamos el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y se añade el resto de la sobrecarga si hubo inmersión. Se montó el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se han situado las agujas de los diales para verificar las medidas.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

8.2. DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO

El C.B.R. mínimo que alcanza al 0.1" (95%): es de 13.36.

CALICATA	C.B.R.			
	1"		2"	
	100%	95%	100%	95%
C-01 JR.	9.40	5.92	18.73	15.02
INTEGRACION Y JR. SUCRE				

LOCAL HUANCAYO
LOCAL TAMBAYES

AV. INTEGRACION Y JR. SUCRE
PSJE CAMPOS LAS FLORES U.M.C.P.

RUC 20487134911
CEL: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MAJUNA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DISEÑO DE ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUNTA A TIERRA.



Ing. Marcela Perla Duceñas
ABRIL 2009
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



9. CONCLUSIONES

- ❖ La profundidad máxima de exploración es de 1.50 por debajo del terreno natural.
- ❖ A la fecha de excavación no se encontró la presencia de nivel freático.

CALICATA	PROFUNDIDAD DE NIVEL FREÁTICO
C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE	N.P.

- ❖ Se extrajeron muestras alteradas representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar respectivos.
- ❖ La ubicación de la exploración estuvo a cargo del solicitante.
- ❖ La excavación de la exploración estuvo a cargo del técnico del laboratorio.
- ❖ La extracción de la muestra estuvo a cargo del técnico del laboratorio.

En base a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio realizados y análisis efectuados se concluyó:

❖ CUADRO DE CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA: SUCS – AASHTO.

Según el Sistema Unificado De Clasificación de suelos y la AASHTO para cada calicata se clasificaron en:

CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		NOMBRE DEL GRUPO
		SUCS	AASHTO	
C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE	M-1	CL	A-6(13)	ARCILLA FINA

- ❖ **CUADRO DE PROCTOR:** La Máxima Densidad Seca y el Optimo Contenido de Humedad deberán ser utilizados para la compactación y así poder alcanzar su máxima resistencia (véase el siguiente cuadro).



Ing. Marino Peña Dueñas
MÉTRICO DE TALLERES Y OBRAS DE ORO
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

LOCAL HUANCAYO - AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBO - PSJE CAMPOS 143 FRENTE D.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. - 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRIGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.



CALICATA	M.D.S.	O.C.H.
C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE	1.45	12.51

- ❖ **CUADRO DE C.B.R.:** La vía en estudio tiene una capacidad de soporte Malo, lo cual indica que son muy estables bajo condiciones adversas de humedad, de acuerdo a los ensayos realizados según la norma ASTM D1883 y el grado de compactación del ensayo de C.B.R. es:

CALICATA	C.B.R.			
	1"		2"	
	100%	95%	100%	95%
C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE	9.40	5.92	18.73	15.02

Estos datos servirán para poder determinar si los materiales son aptos para ser utilizados en alguna capa específica, tal como se observa en el siguiente cuadro.

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

El C.B.R. mínimo que alcanza al 0.1" (95%) es de 5.92.

Fuente: manual de carreteras suelos sección suelos y pavimentos pág. 29.

Por ende, se considera una sub rasante MALO.

Se considera como materiales aptos para sub rasante suelos con CBR mayores o iguales a 6% pág. 32(manual de carreteras suelos sección suelos y pavimentos)

- ❖ Según los ensayos realizados el CBR de diseño es 5.92%, entonces el área en estudio tiene una capacidad de soporte MALO

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 493 - 445 CHILCA HUANCAYO
LOCAL TAMBORA: C/PERUAMOR 143 BO. PASEO 1 y 65

RUC 20807134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRICULTURAS, UNIDADES DE ALPAPIRERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Ing. Marco Peña Dueñas
RESPONSABLE DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA S.R.L.



10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar los datos obtenidos con exactitud para cada etapa constructiva, de acuerdo al criterio del Ingeniero Responsable.
- Se sugiere la eliminación de todo material de relleno u otro material contaminado, que se pueda encontrar al momento de realizar las excavaciones.
- Los datos obtenidos servirán única y exclusivamente para el presente proyecto.
- Debido a que el CBR es menor al 6% se recomienda mejorar el terreno o reemplazarlo por un material que cumpla las especificaciones de la norma.

II. NORMATIVIDAD UTILIZADA Y BIBLIOGRAFÍA

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO AASHTO	ENSAYO ASTM	TAMANO DE MUESTRA	PROPOSITO DEL ENSAYO
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	T88	D422	2.50 Kg.	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Contenido de Humedad	Clasificación		D2216	2.50 Kg.	Para determinar el contenido de humedad existente en el terreno.
Límite líquido	Clasificación	T89	D4318	2.50 Kg.	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico
Límite Plástico	Clasificación	T90	D4318	2.50 Kg.	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semi sólido.
Índice Plástico	Clasificación	T90	D4318	2.50 Kg.	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Compactación Próctor Modificado	Diseño de Espesores	T180	D1557	45.0 Kg.	Determinar la capacidad de soporte del terreno
CBR	Diseño de Espesores	T193	D1883	45.0 Kg.	Determinar la capacidad de carga. Permite inferir el módulo resiliente.

MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PAVIMENTOS URBANOS.
NORMA CE.010: PAVIMENTOS URBANOS-RNE.
MANUAL DE SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS DEL MTC (EM-2016-MTC).

12. ANEXOS



Ing. Maribel Peña Dueñas
ASOCIACIÓN VENEZOLANA DE INGENIEROS EN
ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA DE SUELOS
QUINTA REGIONAL GEOLOGIA

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBORA : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.F.

RUC 20487134711
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS: SUELOS, AGREGADOS, UNIFORMES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA DE FUNDA A TIERRA, ETC.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**"DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA
EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE
SUBRASANTE"**

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**
- **LÍMITES DE CONSISTENCIA**
- **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

HUANCAYO

2020

Registrado mediante Resolución N°
009178 - 2020/DSD -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 023-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROSANA MATOS ENRIQUETA
PROYECTO : "DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE"
UBICACIÓN : DISTRITO DE OHLCA - HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE EMISIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE CADUCIDAD : 31 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

CALCATA	C-01 JR. INTEGRACION Y JR. SUCRE
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.000	100.00
1/2"	12.700	100.00
3/8"	9.500	100.00
1/4"	6.350	100.00
N°4	4.750	94.18
N°6	2.900	93.20
N°20	0.850	91.91
N°30	0.590	90.25
N°40	0.425	88.36
N°60	0.250	86.13
N°100	0.149	83.55
N°200	0.075	80.58

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD

7.22%

PORCENTAJES

% GRAVA	5.84%
% ARENA	13.57%
% FINO	80.58%
	100.00%

LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318

% LÍMITE LÍQUIDO	35.41
% LÍMITE PLÁSTICO	15.26
ÍNDICE PLÁSTICO	18.15

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

SUCS ASTM D 2487	CL
AASHTO ASTM D 2008	A-6(15)
NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA FINA

OBSERVACIÓN - Muestra recibida por el adquirente. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEAN SU TOTALIDAD O LA PERSONA QUE SE LE ASIGNA.


Ing. Maximo Pella Dueñas
ABRIL 2005 OF. N° 105 - REG. ORG. N° 1088
ESPECIALIDAD EN MECÁNICA DE SUELOS
CORPORATIVO SUELOS Y GEOTECNIA

LOCAL HUANCAYO: AV. CALLE REAL 441 - 445 OHLCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBOR: PSJB CAMPOS 143 PRENTE U.N.C.P.

RUC: 20487134911
CEL: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, TUBOS AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS KIRKALUICEF EN AGUA, DISEÑO, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 - 2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSO -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

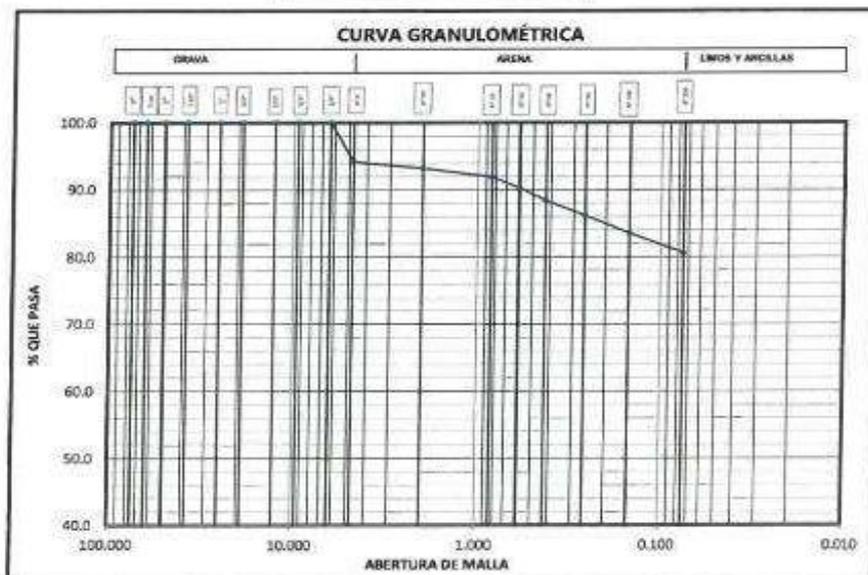
CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROSANA NATERO ENRIQUETA
PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHILCA - HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

CALCATA	C en JIL INTEGRACION Y JIL SUCRE
MUESTRA	M 1
PROF. (m)	1.50



% GRAVA	5.84%	% ARENA	13.57%	% FINO	80.58%
---------	-------	---------	--------	--------	--------

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (BÚLA PERUANA INDECOPÍ: GP-006-1992)

Ing. Manno Peña Dueñas
ASOCIACIÓN PERUANA DE CONSULTORES ESPECIALISTAS EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y GEOTECNIA

LÓCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LÓCAL TAMBÓ : PSJE CAMPOS 193 FRENTE D.N.C.P.

RUC: 20487134911
CEL: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, APREGAJOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MERCAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUNTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSO - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/dsb -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 023-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL KARINA ROJANA NAVERO ENRIQUEZ
PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE
SUBRASANTE"
UBICACION : DISTRITO DE CHILCA - HUANCAYO - JUNIN
FECHA DE RECEPCION : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISION : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
CALCATA :		C-01	DIMENSIONES :	
MAPA FREÁTICA :		NP	MÉTODO DE ENLAY :	
			MANUAL	
MAR. 90	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN
		SUCS.	ASISTO	
0.10		CL	A-(2)	Forma del material granular, color, cantidad de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de hules / cenizas, etc.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				ARELLA FINA, DE COLOR MARRÓN CLARO, EN ESTADO HÚMEDO Y DE MEDIANA DIFÍCILIDAD DE OBTENCIÓN.
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (CASA FAMILIAR INDECOP: 078861 1994)

El cliente responde por el servicio. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
El cliente responde por el tipo de elaboración.

Ing. Mirta Peña Duseña
REGISTRADA EN EL COLEGIO DE
ESPECIALISTAS EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLOGIA

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/dsb - Indecopi.

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO
LOCAL TAMBO : PSE CAMPOS 143 FRENTES U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALIATELITA, MADERA, ACEROS, DISEÑO
DE MEZCLAS DE CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**"DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA
EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE
SUBRASANTE"**

PROCTOR MODIFICADO

HUANCAYO

2020

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 373-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHILCA - HUANCAYO - JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

PROCFOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	C - 01
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	8920	10128	9485	8935
Peso del molde	6058	6686	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	2868	3442	3427	2877
Peso volumétrico húmedo	1.31	1.57	1.56	1.31
Contenido de agua	10.67	11.95	13.16	13.91
Peso volumétrico seco	1.18	1.40	1.38	1.15



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.43 (gr/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 11.51 (%)

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP004: 1993)



Ing. Marina Peña Dueñas
INGENIERA DE PUNTO DE OBSERVACIÓN
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA GEOLOGÍA

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ : PSE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC: 20487134911
CEL: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DISAGRE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**"DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA
EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE
SUBRASANTE"**

CBR

HUANCAYO

2020

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

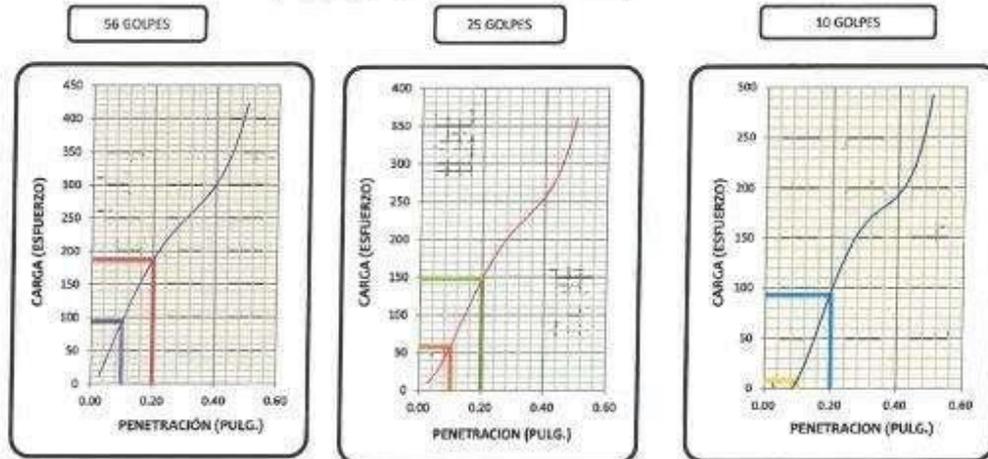
KLA FER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323.2020
 ESTUDIO : NOVIEMBRE
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROSAMA NATEROS ENRIQUEZ
 PROYECTO : "DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CHILCA - HUANCAYO - JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 05 DE NOVIEMBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1883

CALCATA	C - 01
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %
1	56	9,4	1,430	0,48
2	25	5,8	1,358	0,71
3	10	0,7	1,286	1,02

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI, GP-004: 1999)

Ing. Marco Peña Dueñas
 RESPONSABLE DEL REG. DE INGENIEROS EN
 ESPESALIDAD DE MECÁNICA DE SUELOS
 (CANTON) SECCIÓN Y 023.004

LOCAL HUANCAYO - AV. CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBO - PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC: 20487134911
 CRI: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Indecopi

RESOLUCION N° 009178-2020/DSJ-INDECOP/



CERTIFICADO N° 00122965

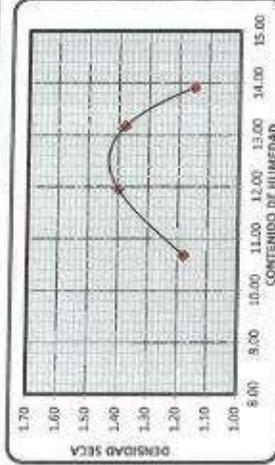
KLAFER S.A.C.
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

DEPENDIENTE N° : 453.2000
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROSARA MARTÍNEZ ERILQUIZ
PROYECTO : "DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR DE SUBSISTANCIAS"

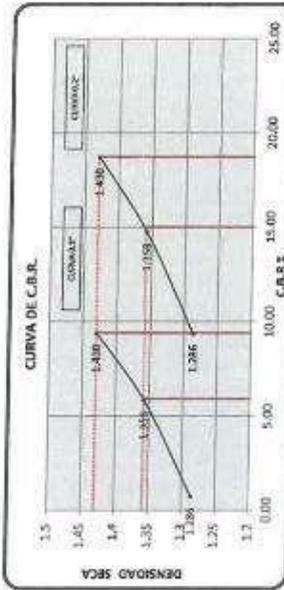
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHILCA - HUANCAYO - ILLIMIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 05 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1558.

CALCATA	C. de
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	0,20



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1,43 (g/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 10,91 (%)



Penetración (mm)	% M.O.S.	C.B.R. %
0,1	100	9,40
0,5	95	5,92
0,2	100	18,73
0,2	95	15,02

OBSERVACION

Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
El presente documento no otorga RECONOCIMIENTO ESPECIAL DEL LABORATORIO, SINO QUE LA REPRESENTACION SOLO EN SU TANTALUMBO (según PRUAMA, Resolución 02000-2009)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.

LOCAL EL TAMBÓ: PSE CAMPOS N° 143 - FRENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

Ing. Mario Peña Durán
Ingeniero Civil en Geotecnia y Estudios de Suelos
Colegio Profesional de Suelos
Código Profesional: 10000

RUC: 204817134911
CUI: 9455540108

ESTUDIOS DE SUELOS, BANCAS, AGRIERAS, ONDAS DE ALBUQUERQUE, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MECANAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DISEÑO DE ENCAJES DE ABSORCIÓN DE AGUA, TÉCNICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

KLAFER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 329-2020
 ESTUDIO : NOVIEMBRE
 PETICIONARIO : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
 PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
 UBICACION : DISTRITO DE CHILCA - HUANCAYO - JUNIN
 FECHA DE RECEPCION : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISION : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

PERFIL ESTRATIGRAFICO					
CALICATA :		C-01		DIMENSIONES :	0.60 x 1.00 x 1.50
NAPA FREÁTICA :		NP		MÉTODO DE EXCAV. :	MANUAL
Prof. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN	
		SUCS	AASHTO		
0.10		CL	A-6(13)	ARCILLA FINA, DE COLOR MARRON CLARO, EN ESTADO HUMEDO Y DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACION.	
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10		SM	-	ARENA SIMOSA, DE COLOR MARRON OSCURO, EN ESTADO HUMEDO Y DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACION.	
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (LEY PERUANA INDECOPÍ- 69304-1995)

: Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
 : Muestra remitida por el tecnico del laboratorio.



Ing. Marino Peña Dueñas
 ASISTENTE TECNICO EN MECANICA DE SUELOS
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
 GEOTECNIA Y GEOTECNIA Y GEODINAMICA

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESACURE, ENSAYOS DE
 RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PURSTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



KLA FER S.A.C.

2020

**"DETERMINACION DE COEFICIENTES
DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL
ESPESOR DE SUSTITUCION DE
SUBRASANTE"**

ANÁLISIS DE CANTERAS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CON FINES
DE CIMENTACIÓN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**"DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA
EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE
SUBRASANTE"**

INFORME TÉCNICO

HUANCAYO

2020

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

KLA FER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

INDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA	2
1.1. GENERALIDADES.....	2
1.2. OBJETIVO.....	2
1.3. UBICACIÓN.....	2
1.4. GEOLOGÍA.....	3
1.5. SISMICIDAD.....	5
2. MARCO CONCEPTUAL	6
2.1. TÉCNICAS DE INVESTIGACION.....	6
2.2. MUESTREO.....	6
2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	7
2.4. BASE.....	8
2.5. SUB BASE.....	8
2.6. AFIRMADO.....	8
2.7. SUB RASANTE.....	9
2.7.1. TIPOS DE PAVIMENTOS.....	9
2.8. PERFIL DEL SUELO.....	10
3. REQUISITOS PARA MATERIAL DE PAVIMENTO	11
3.1. AFIRMADO.....	11
3.2. SUB BASE GRANULAR.....	13
3.3. BASE GRANULAR.....	14
4. CONDICIONES DEL SUBSUELO DE CIMENTACION	17
4.1. EXPLORACIONES - PUNTOS A INVESTIGAR.....	17
4.2. DESCRIPCION DE LOS PERFILES DEL SUELO.....	17
4.3. CONDICIONES FISICAS.....	17
4.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	17
4.3.2. LIMITES DE CONSISTENCIA.....	18
4.3.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.....	18
4.4. CONDICIONES MECANICAS.....	19
4.1.1. ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557).....	19
4.1.2. CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR (ASTM D-1883).....	20
4.1.3. ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 MM (1 1/2") MTC E 207.....	21
4.1.4. EQUIVALENTE DE ARENA ASTM D-2419.....	22
5. CONCLUSIONES	23
6. RECOMENDACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN	24
7. NORMATIVIDAD UTILIZADA Y BIBLIOGRAFÍA	24
8. ANEXOS	24

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

LOCAL HUANGAYO : AY CALLE REAL 491 - 445 CHILCA HUANGAYO.
LOCAL TAMBÓ : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS-CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUNTA A TIERRA, ETC.



ESTUDIO DE CANTERA

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE"

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. GENERALIDADES

El estudio de cantera del proyecto **DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE.**

1.2. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos, es determinar las características físico - mecánicas del árido que conforma el terreno de fundación evaluado e indicar si cumplen los requisitos para un material para SUB BASE.

Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas del árido predominante y sus propiedades de resistencia.

1.3. UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en:

Provincia : HUANCAYO
Departamento : JUNÍN

1.4. GEOLOGÍA

El Cuadrángulo de Huancayo abarca sectores de las Altas Mesetas Centrales y de la Cordillera Oriental; además, incluye la Depresión de Inga huasi y la parte sur-oriental de la

LOCAL HUANCAYO : PSE CAMPOS 143 FUENTE U.N.C.P. TEL: 088334911
LOCAL TAMBO : PSE CAMPOS 143 FUENTE U.N.C.P. CEL: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, ACREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACEÑO, ENSAYOS
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DRENAJE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PIEDRA Y TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSB -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

KLAFER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS 3

1.4. GEOLOGÍA

El Cuadrángulo de Huancayo abarca sectores de las Altas Mesetas Centrales y de la Cordillera Oriental; además, incluye la Depresión de Ingahuasi y la parte sur-oriental de la Depresión de Huancayo-Jauja, que contienen un espeso relleno Cuaternario. Tanto en las Altas Mesetas como en la Cordillera Oriental, (4,000-4,500 m.s.n.m.) se observan restos de la superficie "Puna", la cual fue profundamente erosionada por los glaciares y la escorrentía superficial. La columna estratigráfica se inicia con flyschs Excelsior parcialmente de edad Devónica media. Los flyschs fueron plegados a fines del Devónico y están cubiertos por las capas mayormente continentales del Carbonífero y del Pérmico inferior, las cuales infrayacen con discordancia de erosión a las capas rojas y a los volcánicos del Pérmico superior. A partir del Noriano, cuyos estratos cubren con discordancia de erosión a los del Pérmico superior, se diferenciaron paulatinamente en la región una plataforma sur-occidental y un geanticlinal nor-oriental, disposición paleogeográfica que controló claramente la sedimentación del Liásico superior hasta el Coniaciano. Durante el Triásico y el Liásico, una subsidencia marcada y continua afectó la plataforma y en menor grado el futuro geanticlinal, dando lugar a la deposición de 1,700 m. de calizas en aquella y de una serie calcárea más condensada de 800 m. mínimo en el último. En un mar que ocupaba la parte SW de la hoja se sedimentaron en el lapso Aaleniano-Bajociano las areniscas de la Formación Cercapuquio (750 m. max.) y las calizas de la Formación Chunumayo (250 m. max). Después de una gran Laguna deposicional que abarcó el Batoniano y el Malm se depositaron las areniscas, en parte marinas y en parte continentales, del Neocomiano-Aptiano (Grupo Goyllarisquisga, 700 m.) que no se encuentran sobre el geanticlinal. Luego la plataforma fue invadida por un mar somero, en el cual se acumuló la sucesión elástica de estratos calcáreos del Cretáceo medio y superior (formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha); solamente la transgresión Chulec afectó al geanticlinal. La sedimentación marina se interrumpió definitivamente después del Coniaciano, debido a la emersión general que siguió a los movimientos tardicretáceos, y luego depositáronse en un ambiente continental las areniscas y conglomerados rojos llamados Capas Rojas o formación Casapalca, localmente datados del Eoceno medio, sedimentos que no se encuentran sobre el geanticlinal. Después de un largo período sin sedimentación durante el cual ocurrieron además varias fases de deformación y de erosión, tiene lugar, ya en el Terciario superior (Mioceno a Plioceno), exclusivamente en las Atlas Mesetas, un extenso volcanismo; los productos más antiguos son básicos a intermedios (Volcánicos Astobamba), luego aparecen cuerpos hipabisales de

LÓCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LÓCAL YAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.



Ing. Marino Peña Dueñas
RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA.
CONCRETO, ASPHALTO Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRIGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA AGERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.



composición intermedia (Volcánicos Heru) y finalmente volcánicos ácidos en su mayor parte redepositados (Tobas Ingahuasi). Los depósitos cuaternarios son particularmente abundantes; se reconocen depósitos lacustres Pleistocénicos y tres conjuntos sedimentarios más recientes (morrenas, escombros y terrazas) que se relacionan con tres etapas de glaciación. En el aspecto tectónico se reconocen en Husncayo los efectos de varias fases tectónicas. La primera es la tectorogénesis eo-hercínica que plegó intensamente los flyschs Excelsior según direcciones E-W, a NE-SW en un primer tiempo, y NW-SE en un segundo. Los pliegues son isoclinales, están acompañados por esquistosidad y a veces por el desarrollo de un epimetamorfismo. Después de un largo período de cuasi-inactividad tectónica tiene lugar la tectorogénesis del Cretáceo tardío que afectó la parte NE de la plataforma y probablemente el geanticlinal. Los movimientos del Terciario inferior fueron intensos en toda la hoja y fueron seguidos por varias fases más débiles en el curso del Terciario medio y superior y hasta el Cuaternario (Neotectónica). Todas las fases mesozoicas y cenozoicas edificaron pliegues, NW-SE bastante abiertos, por lo general acompañadas por fallas inversas de alto ángulo de la misma dirección; en la Cordillera Oriental, una de estas fases dio lugar a un epimetamorfismo. Las fallas normales son frecuentes, en particular las transversales. Las rocas intrusivas ocupan áreas reducidas. En la Cordillera Oriental se encuentran algunos cuerpos hipabisales asociados con los volcánicos del Pérmico superior. En las Altas Mesetas el único intrusivo importante es el stock ácido del C° Huacravilca. Los yacimientos metálicos conocidos son de poca importancia: en la esquina SW del cuadrángulo se encuentra la mina de Cercapuquio con mineralización de zinc con cadmio y el depósito de fierro del C° Huacravilca; en la Cordillera Oriental se hallan pequeños yacimientos de cobre del tipo de relleno de fisuras. Los depósitos no metálicos son numerosos, incluyen carbón y arcillas refractarias, areniscas en lajas, yeso, travertino, etc.

Aspectos Geomorfológicos:

En los Andes del Perú Central se diferencian clásicamente tres unidades geomorfológicas con rumbo NW-SE que son, de oeste a este: la Cordillera Occidental, las Altas Mesetas Centrales y la Cordillera Oriental.

Esta unidad se presenta como un conjunto de colinas de cimas truncadas por erosión. La superficie queda entre 4,000 y 4,400 m.s.n.m. y ha sido llamada "Superficie Puna" por Bowman (1916) y McLaughlin (1924). Encima del nivel promedio de la superficie se yerguen algunas cumbres, como el stock ácido del cerro Huacravilca (5,000 m.) en el sur

LÓCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILLA HUANCAYO.
LÓCAL TAMBO : RSJE CAMPOS 143 FRENTE D.N.C.P.



Ing. Marino Peña Dueñas RUC 20487134911
ABOGADO EN INGENIERÍA CIVIL CEL. 945510108
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
DISEÑO GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUNTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 - 2020/DSD - Indecopi.



suelos podrán obtenerse de una excavación, de un frente, ya sea de corte o de banco o bien, de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deberán ser representativas de cada capa que se atraviese, hasta llegar a una profundidad que puede corresponder al nivel más bajo de explotación, al nivel de aguas freáticas o aquél al cual sea necesario extender el estudio.

MUESTRAS INALTERADAS

Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra. Las muestras inalteradas se obtendrán de suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería. La extracción para obtener la muestra deberá de ser de dimensiones tales que permitan las operaciones de labrado y extracción de la misma.

- Se extrajo muestras ALTERADAS representativas en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar respectivos.
- La ubicación de las exploraciones estuvo a cargo del solicitante
- La excavación de las exploraciones estuvo a cargo del solicitante.
- La extracción de las muestras estuvo a cargo del solicitante.

2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio N° 01 de Mecánica de Suelos de la empresa KLAFER SAC, siguiendo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y fueron los siguientes:

ENSAYOS ESTANDAR

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límite Líquido ASTM D-4318
- Límite Plástico ASTM D-4318

ENSAYOS ESPECIALES

- ❖ Humedad ASTM D-2216
- ❖ CBR ASTM D 1883-73
- ❖ Abrasión los ángeles (l.a.) al desgaste de los Agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½") MTC E 207
- ❖ Equivalente de arena ASTM D 2419



Ing. Antonio Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

KLAFER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS 8

2.4. BASE

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

2.5. SUB BASE

Es la capa que se encuentra entre la base y la subrasante de un pavimento asfáltico. Debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base, su calidad puede ser inferior y generalmente está constituida por materiales locales granulares o marginales

El material que se coloca entre la sub rasante y las losas de pavimentos rígidos también se denomina sub base. En este caso, debe permitir el drenaje libre o ser altamente resistente a la erosión, con el fin de prevenir el bombeo. En algunas partes a esta capa se le llama base

Clasificación de materiales para base y sub base

No ligados	Granúleos (mezclas de susto agregado)	- Compuestos principalmente por agregados pétreos y finos naturales. - Su resistencia a la deformación está determinada casi exclusivamente por el rozamiento interno de los agregados, aunque a veces existe una componente cohesionada brindada por los finos plásticos del material
Ligados	Estabilizaciones con activos	- Modificación de un suelo o un agregado procesado, mediante la incorporación y mezcla de productos que generan cambios físicos y/o químicos del suelo aumentando su capacidad portante, haciéndolo menos sensible a la acción del agua y, eventualmente, elevando su rigidez
Marginales	Naturales, subproductos industriales y materiales de desecho	- Materiales que no cumplen las especificaciones contenidas para uso vital, pero que pueden ser usados con éxito, principalmente como resultado de una experiencia local satisfactoria y un costo reducido

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

2.6. AFIRMADO

El Afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en caminos y carreteras no pavimentadas

Ing. Marino Peña Duchas
MIEMBRO DE INIA-AGROPECUARIO Y PESQUERÍA
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CIVIL Y SANEAMIENTO BIOLÓGICO

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ : PSE CAMPOS 143 FRENTE I.N.C.F.

RUC: 20487134911
CEL: 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL:
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIFORMES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ALERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

2.7. SUB RASANTE

La sub rasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

La sub rasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento.

2.7.1. TIPOS DE PAVIMENTOS

Se define como una estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función el permitir el tránsito de vehículos:

Tipos:

Pavimentos Asfálticos o Flexibles:

Son aquellos construidos con materiales asfálticos y materiales granulares.

Pavimentos de Concreto o Rígidos:

Pavimentos construidos con hormigón de cemento portland y materiales granulares.

Otros:

Adoquines, empedrados, suelo cemento.

a. PAVIMENTOS FLEXIBLES O ASFÁLTICOS.

En general, están constituidos por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una capa de sub-base las que usualmente son de material granular.

Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada subrasante. Corte transversal.





La capa de rodadura de un pavimento flexible puede construirse con un hormigón bituminoso, mezclas de arena y betún, o mediante tratamientos superficiales con riegos bituminosos.

Está sometida a los esfuerzos máximos y condiciones más severas impuestas por el clima y el tráfico.

La capa de base se compone generalmente de áridos, que han sido tratados o no con cemento portland, cal, asfalto u otros agentes estabilizantes.

Esta capa tiene como principal función, la de soportar las cargas aplicadas y distribuir estas cargas a la sub-base o al terreno.

La capa de sub-base se compone de materiales menor calidad y costo que los empleados en la capa de base. Se componen de materiales estabilizados o no, o de terreno estabilizado.

Las sub-bases transmiten cargas al terreno y en algunos casos pueden actuar de colaborador del drenaje de las aguas del subsuelo y para prevenir la acción destructiva de las heladas.

b. PAVIMENTOS RÍGIDOS.

Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de base, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante. La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto.

Corte transversal.



Ing. Marino Peña Dueñas
ARQUITECTO P.º 7068 - REG. COM. DE C.º 588
ESPECIALIDAD EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

2.8. PERFIL DEL SUELO

El perfil de un suelo es la sección o corte vertical que describen y analizan los especialistas de laboratorio de suelo con vistas a describirlo y clasificarlo. Este suele tener un metro y medio o tres metros de profundidad, si la roca madre, o la napa freática, no aparece antes.

LOCAL HUANCAYO: AV. CALLE ROSA 491 - 700 LINDA HUANCAYO.
LOCAL TAMBOPESA: PSSE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

TEL. 20487134913
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRGADOS, UNIDADES DE ALMOJEREA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, OXIÁGUE, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.



Este modo de proceder, no significa que puedan alcanzar mucho mayor espesor en algunas ocasiones, sino que con vistas a clasificarlos tan solo se utilizan el mencionado metro y medio o tres metros superficiales, dependiendo de la taxonomía concreta que utilicemos. Como profesionales solemos incurrir en la manía de pasar a hablar inmediatamente de sus horizontes constituyentes. Sin embargo, puede darse el caso que un suelo (o medio edáfico) no atesore más que uno o dos horizontes (a veces muy parecidos).

El perfil del suelo, en el sentido amplio del término puede dividirse en 6 capas y horizontes, sin que esto signifique que no puedan faltar algunas de ellas. Estas serían según profundizamos desde la superficie:

1. Los **horizontes orgánicos** desprovistos de materia mineral, llamados a menudo "O" u "H"
2. Los **horizontes órgano-minerales**, es decir más o menos ricos en materia orgánica y mineral. Estos suelen calificarse como horizontes "A"
3. Los **horizontes de lavado**, en el que los minerales más fáciles de descomponer por la acción del clima, organismos y materia orgánica, desprenden partículas (limos arcilla, moléculas orgánicas, nutrientes) al siguiente horizonte. Se trata de los horizontes "E".
4. Los **horizontes minerales edafizados**, es decir muy afectados por los procesos que ocurren en el suelo, a los que se suelen denominar horizontes "B"
5. **Horizontes poco edafizados en donde puede discernirse la estructura de la roca** o material parental de la que proceden los suelos y que reciben el apelativo de Horizonte "C".
6. La **roca madre** o **material parental**, poco o no alterada, a la que denominamos "R" o "D".

3. REQUISITOS PARA MATERIAL DE PAVIMENTO

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras del MTC (Vigentes), no obstante, cuando en un determinado proyecto de pavimentación se requiera especificaciones nuevas concordantes en el estudio o que amplíen, complementen o reemplacen a las especificaciones generales, el autor del proyecto o el ingeniero responsable de suelos y pavimentos deberá emitir las especificaciones especiales para ese proyecto y solo será aplicable para su ejecución.

3.1. AFIRMADO

El material de afirmado deberá cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la Sección 301 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente) y lo establecido en el acápite 11.3 materiales de afirmado, del presente manual. Asimismo, para su ejecución se deben cumplir los requisitos de materiales, equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

GRADACIÓN DEL MATERIAL
LOCAL HUANCAYO - AV. CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ - PSJE CAMPOS 143 FRENYE U.N.C.P.



Ing. Martín Peña Dueñas
INGENIERO CIVIL EN MECÁNICA DE SUELOS
ESPECIALIDAD MECÁNICA DE SUELOS
E INGENIERO EN GEOTECNIA

RUC 20487134913
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
GUNCHOYO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, BRSAGUE, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -

Indecopi



KLA FER S.A.C.

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS 2

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
60 mm (2")				
37.5 mm (1 1/2")				
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (3/4")				
12.5 mm (1/2")				
9.5 mm (3/8")	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (N° 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (N° 6)				
2.0 mm (N° 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (N° 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (N° 200)	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25

REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

Índice de Plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Angeles	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Mín. 40%	Mín. 40%	Mín. 40%	Mín. 40%



Ing. Mario Peña Dueñas
ASESOR TECNOLÓGICO DEL COMITÉ DE
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
COMITÉ Y GEOTECNIA DEL ICA

LOCAL HUANCAYO: AV. CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO;
LOCAL TAMBO: PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESGASTE, ENSAYOS DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA, DE FUERZA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



3.2. SUB BASE GRANULAR

El material granular para la capa de sub base deberá cumplir los requisitos mínimos establecidos en la Sección 402 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo, se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

CBR en SubBase Granular	Mínimo 40%
(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)	

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 - 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4,75 mm (N° 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 85	50 - 85
2,0 mm (N° 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4,25 µm (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 µm (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Fuente: Sección 303 de las EG-2000 del MTC
* La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnmm.



Ing. Maribel Peña Dueñas
Ingeniera en Geotecnia y Geología
Especialista en Mecánica de Suelos
Colegiada Profesional 0001004

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA ROSANA MATEROS DRUQUEZ
PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

PESO ESPECIFICO DE LOS SÓLIDOS

CANTERA LA HUAYCHA

DESCRIPCION	M1	M2	M3	PROM (gr/cm3)
Peso específico de masa (G)	2.59	2.61	2.63	2.61
Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Gss)	2.60	2.66	2.68	2.65
Peso específico aparente (Ga)	2.62	2.64	2.65	2.64

CANTERA CONCEPCIÓN

DESCRIPCION	M1	M2	M3	PROM (gr/cm3)
Peso específico de masa (G)	2.64	2.62	2.66	2.64
Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Gss)	2.67	2.65	2.63	2.65
Peso específico aparente (Ga)	2.73	2.69	2.68	2.70

CANTERA SAUSA

DESCRIPCION	M1	M2	M3	PROM (gr/cm3)
Peso específico de masa (G)	2.59	2.61	2.63	2.61
Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Gss)	2.60	2.64	2.68	2.64
Peso específico aparente (Ga)	2.67	2.69	2.67	2.68

CANTERA JAUJA

DESCRIPCION	M1	M2	M3	PROM (gr/cm3)
Peso específico de masa (G)	2.64	2.61	2.63	2.63
Peso específico de masa saturado superficialmente seco (Gss)	2.66	2.64	2.69	2.66
Peso específico aparente (Ga)	2.72	2.68	2.71	2.70

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi



Ing. Marina Peña Du
Ingeniero Civil
Instituto Tecnológico Superior de Arequipa
CARRERA INGENIERIA DE SUELOS
GRUPO 11 GRITON Y GRIOTON

OBSERVACIÓN : Muestra recibida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ 01/004 - 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV. CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBOR : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20482134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, BPCAS, AGRICADOS, UNIFORMIDAD DE ALIBALEXIA, MADERA, ACEBO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PIERSTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

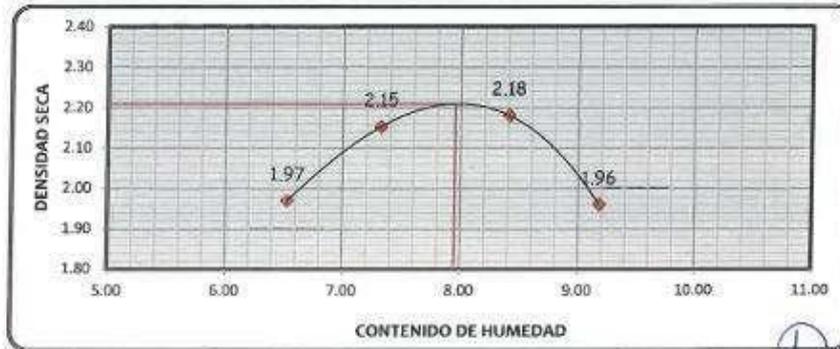
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
PROYECTO : "DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
UBICACIÓN : CANTERA CONCEPCION
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

CALICATA	CANTERA CONCEPCION
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	10667	11130	11248	10757
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	4609	5072	5190	4699
Peso volumétrico húmedo	2.10	2.31	2.36	2.14
Contenido de agua	6.53	7.32	8.41	9.18
Peso volumétrico seco	1.97	2.15	2.18	1.96



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 2.21 (gr/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 7.95 (%)

Ing. Magno Peña Dueñas
ASESOR EN INGENIERÍA CIVIL N° 180
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO, ASPHALTO Y ENSAYOS ESPECIALES

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV. CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO,
LOCAL TAMBÓ : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.M.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO
DE MEZCLAS CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, RESISTENCIA, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE FUENTA A TIERRA ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSB -

Indecopi



CERTIFICADO N° 00122965

KLA FER S.A.C.

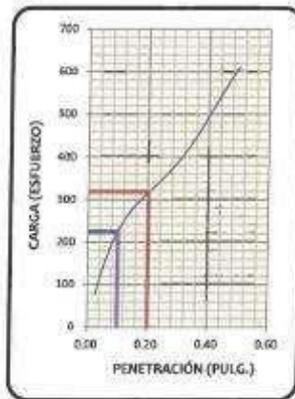
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
UBICACIÓN : CANTERA CONCEPCION
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

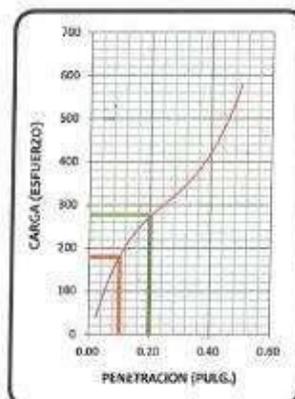
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1863

CALICATA	CANTERA CONCEPCION
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1.50

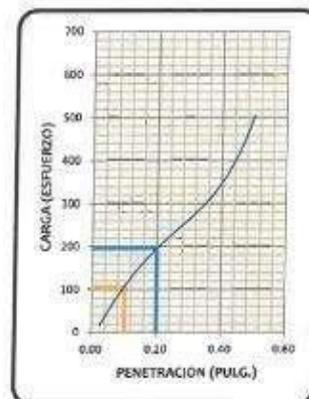
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



Especimen	Numero de Golpes	CBR I	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión I
1	56	22.4	2.210	0.30
2	25	18.0	2.136	0.42
3	10	10.6	2.063	0.56

Ing. Marlen Peña Dueñas
REGISTRADO EN EL COMITÉ CBR
ESPECIAL DE MEZCLAS DE SUELO
CONCRETO Y ASPHALTO Y C.A.S.P.

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI- GP-004-1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBOR : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CRL 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIFORMES DE ALFARERÍA, MADERA, ACERO, INGENIO
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, CBRAGUE, ENSAYOS DE
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.

Indecopi

RESOLUCIÓN N° 009178 - 2020/DSD - INDECOPI



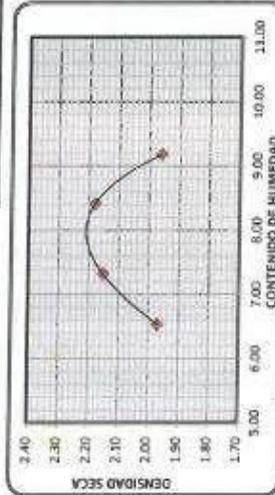
CERTIFICADO N° 00122965

KLAFER S.A.C.
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

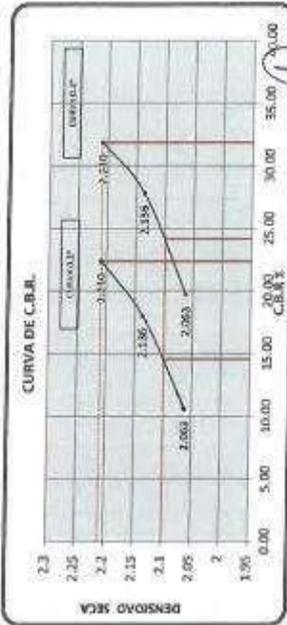
DEPENDIENTE N° : 303-3030
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : SACI, ING. CIVIL, FÁBICA ROTANA, MATERIA EMPUJE
PROYECTO : DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE*
UBICACIÓN : CARRETERA COMEDICOM
FECHA DE RECEPCIÓN : 00 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R. ASTM D1583

CALCUTA	CANTERA CONDICIÓN
MUESTRA PROF. (m)	M - 1
	5.30



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.9 (gr/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 7.95 (%)



Penetración (pulg.)	S.M.D.S.	C.B.R.
0.1	300	22.17
0.1	95	14.55
0.2	300	31.85
0.2	95	24.17

Ing. Mónica Peña Dorellan
Especialista en Mecánica de Suelos
C.O.C.O.P. (C.O.C.O.P.)

OBSERVACIÓN

* Muestra recibida por el solicitante. El laboratorio, en su responsabilidad por la veracidad de la calama.

LOCAL HUANCAYO; CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL EL TAMBOR - PSE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.L.P.

RUC: 20487134911
C.R.L. 945510168

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALIZADOS.
ESTUDIOS DE SUELOS; BOCAS, AGRICULTADOS, UNIDADES DE ALBERGUE, MADERA, ACERO, DISQUO DE MECIPLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DISQUO, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PULVITA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 - 2020/b5b -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323-2020
 ESTUDIO : NOVIEMBRE
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
 PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
 UBICACIÓN : CANTERA HUAYCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

PROCTOR MODIFICADO - ASTM D 1557

CALICATA	CANTERA HUAYCHA
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	10647	11079	11142	10676
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	4589	5121	5084	4618
Peso volumétrico húmedo	2.09	2.33	2.32	2.10
Contenido de agua	6.07	6.98	8.22	8.96
Peso volumétrico seco	1.97	2.18	2.14	1.93



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 2.21 (g/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 7.54 (%)

Ing. María Peña Durias
 REGISTRADO POR RESOLUCIÓN N°
 ESPECIAL EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

Registrado mediante Resolución N° 009178 - 2020/b5b - Indecopi.

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCirse SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPi: GP304-1995).

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBÓ : PSJE CAMPOS 143 FRENTE D.N.C.P.

RUC 20487124911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
 CONCRETO, ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALMAHLENIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
 DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DISEÑO, ENSAYOS DE
 RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSB -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

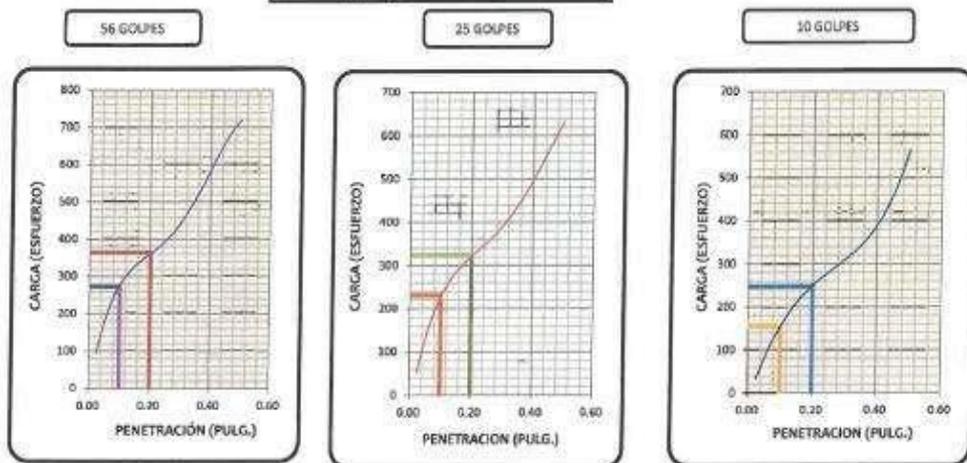
CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323-2020
 ESTUDIO : NOVIEMBRE
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL, KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
 PROYECTO : "DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE"
 UBICACIÓN : CANTERA HUAYCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1883

CALICATA	CANTERA HUAYCHA
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1,50



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm ³)	Expansión %
1	56	37,3	2,210	0,32
2	25	23,2	2,136	0,43
3	10	15,4	2,062	0,52

Ing. Marino Peña Dierckx
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS
 C.O.C.E. - C.O.C.E. - C.O.C.E.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ- GP-004- 1983)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CITECA HUANCAYO.
 LOCAL TAMBÓ : PSJE CAMPOS 143 PRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,
 CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS AGREGADOS, UNIDADES DE ALHARBERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO
 DE MEZCLAS CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, RESAGUE, ENSAYOS DE
 RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Indecopi

RESOLUCION N° 0081178 -2023/DSJ-INDECOPI

DEPENDIENTE N° : 332-1000
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATRACCION : BACH. ING. CIVIL EN INGENIERIA MATERIALES ENRIQUEZ
PROYECTO : DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASAMIENTE
UBICACION : CANTERA HUANCHA
FECHA DE RECEPCION : 09 DE NOVIEMBRE DEL 2023
FECHA DE EMISION : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2023

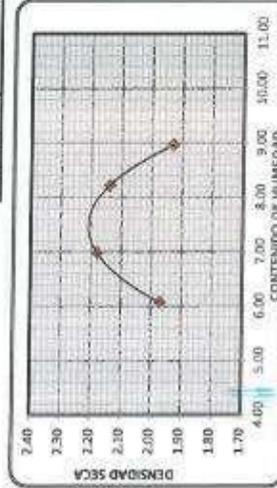


KLAFLER S.A.C.
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

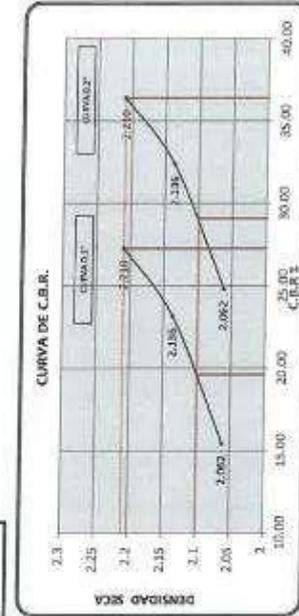
CERTIFICADO N° 00122865

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

CALCATA	CANTERA HUANCHA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 2.28 (g/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 7.54 (%)



Penetración (g/m²)	# M.O.S.	C.B.R. I
0.1	100	27.26
0.1	95	19.62
0.2	100	26.30
0.2	95	29.00

OBSERVACION

Muestra enviada por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE SER FIRMADO SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA PARA:
TOTALMENTE IGUAL O PROGRAMAS INFORMATIVOS (EXCEL, WORD)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 443 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL EL TAMBOR: PSE CAMPOS N° 143 - FUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL I.U.N.C.P.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

Ing. Marys Pecha Dueñas
Responsable de la calidad de los resultados de los estudios de suelos.
LABORATORIO CIENTÍFICO PARA ESTUDIOS DE SUELOS
INDUSTRIAL PETA 1005 OCA

RUC 20487134911
CEL. 945519108

ESTUDIOS DE SUELOS, RIDAS, AGRICULTORES, UNIDADES DE ALERÍA, RIA, KAMBRA, ACCUB, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, UNAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜES, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUISTA A TUBRA, ETL.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 929-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ

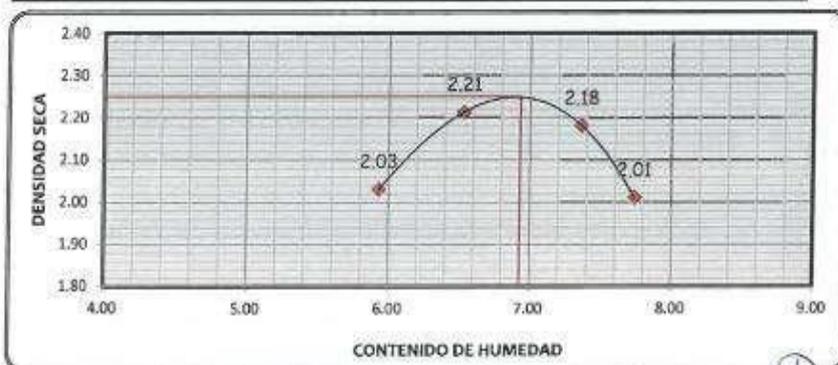
PROYECTO : * DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE*

UBICACION : CANTERA JALJA
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

PROCTOR MODIFICADO - ASTM D 1557

CALICATA	CANTERA JALJA
MUESTRA	M - 1
PROF. (m)	1.50

Peso suelo + molde	10780	11233	11199	10814
Peso del molde	6058	6058	6058	6058
Peso suelo húmedo compactado	4722	5175	5141	4756
Peso volumétrico húmedo	2.15	2.36	2.34	2.17
Contenido de agua	5.93	6.53	7.36	7.74
Peso volumétrico seco	2.03	2.21	2.18	2.01



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 2.21 (gr/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 6.93 (%)



Ing. María Peña Dueñas
ABON. Y MON. PROF. 03 CONSULTA 198
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOTECNIA

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP/004, 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL #41 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, SOCAS AGRIGADAS, UNIDADES DE ALIARILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETOS, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE FUERZA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/b5b -

Indecopi



KLA FER S.A.C.

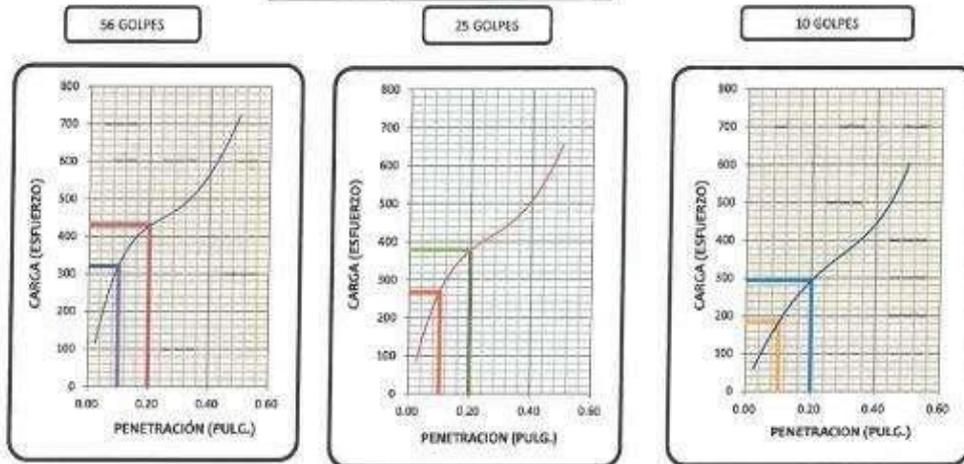
CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323-2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
UBICACIÓN : CANTERA JAUJA
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1583

CALICATA	CANTERA JAUJA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	1,50



Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %
1	56	32.1	2.250	0.31
2	25	26.8	2.175	0.42
3	10	18.5	2.101	0.56

Ing. Marino Peña Dueñas
INGENIERO EN INGENIERÍA DE SUELOS
ESPECIALIDAD EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/b5b - Indecopi.

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
LOCAL TAMBÓ : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487334911
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRAGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PURSTA A TIERRA, ETC.

Indecopi

RESOLUCION N° 009175-2020/DSD-INDECOPI

DEPENDIENTE N° : 322-2000
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROSAMBA LÓPEZ BARRUZ
PROYECTO : DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CÁLCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE
UBICACIÓN : CANTERA LAJUA
FECHA DE RECEPCIÓN : 05 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

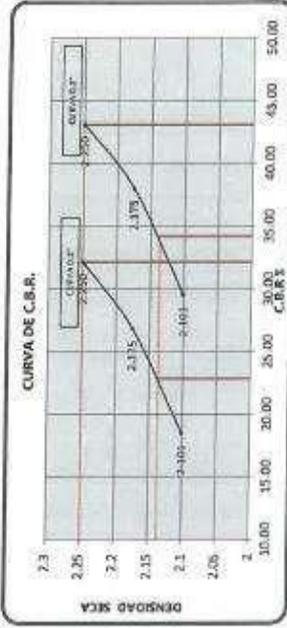
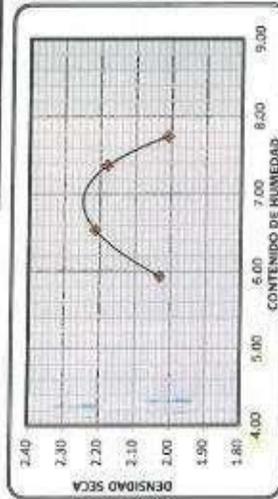


KLAFLER S.A.C.
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

CERTIFICADO N° 00122985

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR / ASTM D1555

· CALICATA	CANTERA LAJUA
· MUESTRA	M-1
· PROF. (m)	0,30



Penetración (mm)	% M.D.S.	CBR %
0,1	100	32,14
0,1	95	22,84
0,2	100	43,00
0,2	95	34,10

Inge. Mónica Pacha Diezhan
INGENIERA EN GEOTECNIA
SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS Y GEOTECNIA

Observación :

Muestra recibida por el laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 HUACLA HUANCAYO.
LOCAL EL TAMBO: PJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - PUENTE PUESTA PRINCIPAL HUACLA.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETO, ASPHALTO, Y TIENAYOS ESPECIALES.

RUC 20487134911
CEL 945510108

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBERTRERIA, MADEIRA, ACEROS,
DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE
IMPENETRABILIDAD ELÉCTRICAS DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Indecopi

RESOLUCION N° 009178 -2020/DSD -INDECOP

EXPEDIENTE N°

183-2020

ESTUDIO

NOVIEMBRE

ATENCIÓN

BACH. ING. CIVIL KATERINA TOROANA MATEROS PARQUEET

PROYECTO

DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBGRANITE*

UBICACION

CANTERA SAUSA

FECHA DE RECEPCION

03 DE NOVIEMBRE DEL 2020

FECHA DE EMISION

14 DE NOVIEMBRE DEL 2020



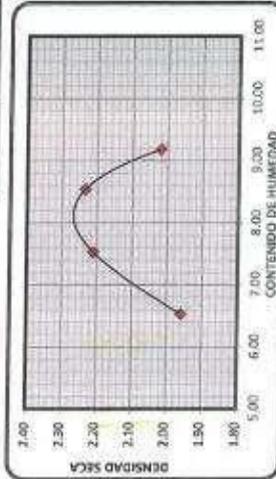
KLAFLER S.A.C.

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS

CERTIFICADO N° 00122965

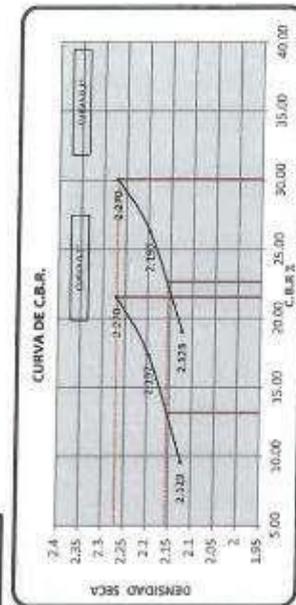
DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SORORTE CBR - ASTM D1558

CALICATA	CANTERA SAUSA
MUESTRA	M 1
PROF. (m)	1.50



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 2.38

CONTENIDO DE HUMEDAD : 8.5



Penetración (DIN)	3 M.D.S.	CBR %
0.1	100	31.56
0.2	95	13.17
0.3	90	30.05
0.4	85	22.64

OBSERVACION

Muestra remanida por el laboratorio. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

El presente documento solo es válido si se acompaña con el informe de laboratorio que respalda los resultados.

PROYECTO: PUNTE PEGATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.

LOCAL EL TAMBIO: POSE CAMPOS N° 143 - PUNTE PEGATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

SERVICIOS DE LABORATORIO CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, BORGAS, ACREGADOS, UNIDADES DE ALTA RESISTENCIA, VALDEBA, ACIERO, DISEÑO DE METALAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DISEÑO DE ENSAYOS DE RESISTENCIA ELASTICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.



RUC 20487134911

CEL. 9453 10108

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSB -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323.2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ

PROYECTO : DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE

UBICACIÓN : CANTERA LA HUAYCHA
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

TAMIZADO
420

CALICATA	CANTERA LA HUAYCHA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	N.E

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% PASADO (RETENIDO)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	832.24	14.99	14.99	85.01
2 1/2"	63.500	725.34	13.34	28.3	71.67
2"	50.800	682.87	8.99	37.3	62.77
1 1/2"	38.100	405.26	7.46	44.7	55.29
1"	25.400	308.520	6.01	51.3	48.69
3/8"	20.000	274.36	5.06	56.6	43.43
1/2"	12.700	128.95	3.38	60.0	41.06
3/8"	9.500	132.57	2.46	61.4	38.60
1/4"	6.350	228.34	4.31	65.6	34.39
Nº4	4.750	269.67	3.76	69.4	30.64
Nº10	2.000	325.36	4.16	73.5	26.49
Nº20	0.840	254.67	4.70	78.2	21.78
Nº30	0.590	213.62	3.94	82.2	17.82
Nº40	0.425	138.25	2.55	84.7	15.28
Nº60	0.250	134.31	3.33	87.8	12.95
Nº100	0.149	112.36	2.07	89.1	10.88
Nº200	0.075	36.37	1.78	90.9	9.10
100%0		6.17	0.06	90.9	9.10
PESO TOTAL		300			

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	21.62
% LÍMITE PLÁSTICO	19.77
ÍNDICE PLÁSTICO	1.85

PORCENTAJES	
% CRAVA	69.38%
% ARENA	31.53%
% FINO	9.04%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D 2487	GM
AASHO ASTM D 3082	A-4(0)
NOMBRE DE GRUPO	CRAVA BIEN GRAN, MUY POCO LIMO Y ARENA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	P-33
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	326.34
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	318.58
PESO AGUA gr.	7.76
PESO DE LA TARA gr.	108.00
PESO SUELO SECO gr.	121.58
CONTENIDO DE HUMEDAD %	6.41%

Ing. Marino Peña Dueñas
ASESOR EN SISTEMAS DE SUELOS
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
DISEÑO Y DETERMINACIÓN DE SUELOS

LABORATORIO: AV. CALLES 1044 Y 1045 LÍNEA HUAYCHA
OBSERVACIÓN: Pertenencia al tipo de suelo de la muestra.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SIENDO QUE LA REPRODUCCIÓN SERÁ EN SU TOTALIDAD (INCLUYENDO PERIÓDICO) DE LOS SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.
SERVICIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIFORMES DE ALMADRERA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA - DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 373.2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
UBICACIÓN : CANTERA LA HUAYCHA
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

CALICATA	CANTERA LA HUAYCHA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	N.E



Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi

LOCAL HUANCAYO: AV. CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO RUC: 20487134911
LOGO OBSERVACIÓN PSJE: Muestra N° 99- PROYECTO de Laboratorio. CEL: 945510108
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD IGUAL PERUANA (INDECOP: GP-004: 1993)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DISFAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.,

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323.2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ

PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASAMTE"

UBICACIÓN : CANTERA CONCEPCION
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

TARIFA
5820

CALCATA	CANTERA CONCEPCION
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	N.E

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% PUNTA RETENIDO (g/g)	% RETENIDO	
				RETENIDO	QUE PASA
1"	75.000	865.25	13.84	13.84	86.16
2 1/2"	63.500	756.38	13.00	26.8	73.17
2"	50.800	802.24	8.43	35.5	64.54
1 1/2"	38.100	445.26	7.45	43.1	56.89
3"	25.400	385.240	6.62	49.7	50.27
3/4"	19.000	285.26	5.07	54.8	45.19
1/2"	12.700	185.26	3.18	58.0	42.01
3/8"	9.500	182.57	2.28	60.3	39.73
1/4"	6.350	228.14	3.92	64.3	35.61
Nº4	4.750	265.67	3.50	67.7	32.31
Nº10	2.000	225.56	3.87	71.6	28.44
Nº20	0.840	254.87	4.28	75.9	24.06
Nº30	0.600	210.42	3.67	79.6	20.39
Nº40	0.425	188.23	2.98	82.0	18.02
Nº60	0.250	126.31	2.17	86.2	13.85
Nº100	0.149	112.36	1.93	88.1	11.92
Nº200	0.075	86.37	1.66	89.7	10.36
FINO		8.17	0.00	89.7	10.36
PESO TOTAL		617			

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LL LÍMITE LÍQUIDO	18.63
PL LÍMITE PLÁSTICO	15.22
IPÍNDICE PLÁSTICO	3.41

PORCENTAJES	
% GRAVA	67.50%
% ARENA	30.65%
% FINO	12.36%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D 1548	GC-GM
AASHTO ASTM D 3082	A-9(6)
NOMBRE DE GRUPO	CIARRA LINDA ARCILLOSA CON ARENA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	P-13
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	565.27
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	358.24
PESO AGUA gr.	7.01
PESO DE LA TARA gr.	198.00
PESO SUELO SECO gr.	160.26
CONTENIDO DE HUMEDAD %	4.37%



Ing. Martín Peña Dueñas
INGENIERO EN CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS
ESPECIALIDAD MECÁNICA DE SUELOS
REGISTRO PROFESIONAL 121834

LABORATORIO: AV. CHILE 1384 - 111 - 1115 - LIMA - PERÚ

ROL: 20947139911
CEL: 945510108

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCirse SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (QUIN PUNTA INDECOPÍ - 07/06/1999)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRÉGADOS, UNIDADES DE ALIARILERIA, MADERA, ACRILLO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 373.2020
 ESTUDIO : NOVIEMBRE
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
 PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
 UBICACIÓN : CANTERA CONCEPCION
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	CANTERA CONCEPCION
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	N.E



Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

LOCAL HUANCAYO: AV. CALLE REAL 441 - 445 LINDA HUANCAYO.
 LOCAL TACNA: PSJ. Mestizo 70114 para el sector del laboratorio.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (DISEÑO PERUANA INTELLECTUAL 1996)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALTAJANERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEDIDAS, CONCRETOS, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DIPIUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°
009178 - 2020/DSD -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEДИENTE N° : 323.2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA MATEROS ENRIQUEZ

PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"

UBICACIÓN : CANTERA SAUSA
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

TAMIZADO
5500

CALICATA	CANTERA SAUSA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	N.E.

TAMIZO	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% FUNDAL RETENIDO (G/S)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	725.36	13.19	13.19	86.81
2 1/2"	62.500	685.37	12.39	25.6	74.42
2"	50.000	492.37	8.95	34.5	65.47
1 1/2"	38.100	445.26	8.10	42.6	57.38
1"	25.400	385.240	7.00	49.6	50.37
3/4"	19.000	295.26	5.37	55.0	45.00
1/2"	12.700	189.26	3.37	58.4	41.63
3/8"	9.500	132.57	2.41	60.8	39.22
1/4"	6.300	228.14	4.15	64.9	35.08
N°4	4.750	263.67	3.70	68.6	31.37
N°10	2.000	225.36	4.10	72.7	27.28
N°20	0.840	233.24	3.88	76.6	23.44
N°30	0.590	202.25	3.68	80.3	19.72
N°40	0.425	114.78	2.09	82.4	17.63
N°60	0.250	302.36	1.86	84.2	15.77
N°100	0.149	98.52	1.79	86.0	13.98
N°200	0.075	86.37	1.75	87.8	12.23
PORRO		0.17	0.00	87.8	12.23
PESO TOTAL:			57.4		

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
± LÍMITE LÍQUIDO	20.14
± LÍMITE PLÁSTICO	17.48
ÍNDICE PLÁSTICO	2.66

PORCENTAJES	
± GRAVA	68.63%
± ARENA	19.41%
± FINO	12.33%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D4249	CCGM
ASIENTO ASTM D1534	A-2(0)
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA LIMPIA ARENOSA CON ARENA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA No	P-18
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr.	174.15
PESO DE TARA + SUELO SECO gr.	163.31
PESO AGUA gr.	10.84
PESO DE LA TARA gr.	108.00
PESO SUELO SECO gr.	165.31
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	6.56%

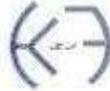
Ing. M. Wilson Peña Dávalos
ABINGENIERO EN CIENCIAS DE LOS MATERIALES
ESPECIALIDAD EN CIENCIAS DE LOS MATERIALES
CARRERA INGENIERÍA DE MATERIALES

LABORATORIO CIENTÍFICO PARA ESTUDIOS DE SUELOS - CANTERA SAUSA
OBSERVACIÓN: PS (Muestreo) para el estudio de laboratorio.
RUC: 20167134914
CEL: 945510108
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPLICARSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD IGUAL PARA UNA INDECOPÍ (PÁGINA 1000)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MEZCLA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES. ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS AGRIADAS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 - 2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

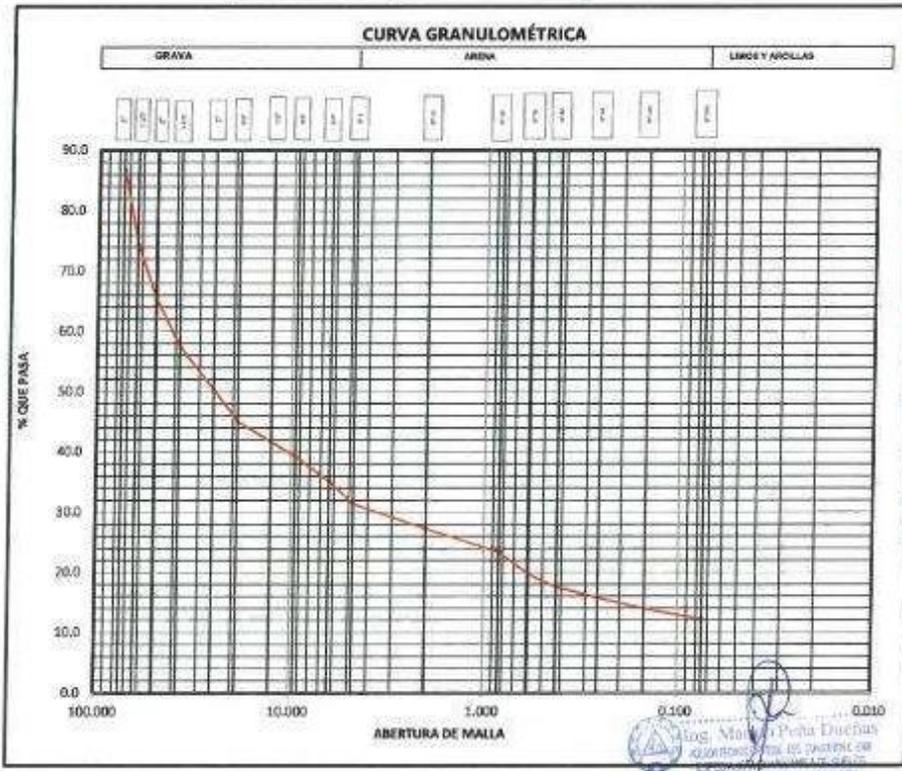
CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323.2020
 ESTUDIO : NOVIEMBRE
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
 PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCIÓN DE SUBRASANTE"
 UBICACIÓN : CANTERA SAUSA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

CALICATA	CANTERA SAUSA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	N.E



% GRAVA	66.4%	% ARENA	19.14%	% LIMO Y ARCILLAS	12.73%
---------	-------	---------	--------	-------------------	--------

LOCAL: HUANCAYO: AV. CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.

RUC: 2046734911
CEL: 945510108

LOC. OBSERVACIÓN: PSJC (Muestre en el tiempo del laboratorio)

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (NUNCA PARCIAL) (NORIEP/01/004/1991)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASPHALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, POCAS, AGRIETAPOS, UNIDADES DE ALBA/VIJRIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, ENSAYOS, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSD -



KLAFER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323.2020
ESTUDIO : NOVIEMBRE
ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. KARINA ROXANA MATEROS ENRIQUEZ

PROYECTO : "DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"

UBICACIÓN : CANTERA JAJUA
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

T-8031
598

CALICATA	CANTERA JAJUA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	N.E

TAMIZ	ABERTURA (mm)	POSO RETENIDO (g)	% PASADO AL RETENIDO (g/g)	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000	826.87	15.74	15.74	84.26
2 1/2"	63.500	761.06	14.12	29.9	70.14
2"	50.800	504.82	9.62	39.5	60.53
1 1/2"	38.100	436.25	7.90	47.4	52.60
1"	25.400	362.788	6.52	53.9	46.07
3/4"	19.000	258.95	4.93	58.9	41.14
1/2"	11.700	125.67	2.39	61.3	38.75
3/8"	9.500	852.88	2.90	64.2	35.84
1/4"	6.350	235.24	4.48	68.6	31.36
Nº4	4.750	215.24	4.10	72.7	27.26
Nº10	2.000	285.26	5.43	78.2	21.80
Nº20	0.840	318.74	6.07	82.2	17.74
Nº30	0.590	285.15	3.51	86.2	13.85
Nº40	0.425	126.27	2.43	88.6	11.44
Nº60	0.250	117.15	2.23	90.8	9.23
Nº100	0.149	107.64	1.96	92.7	7.26
Nº200	0.075	73.26	1.38	94.1	5.88
FINO		6.17	0.80	94.1	5.88
PESO TOTAL			54.1		

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
± LÍMITE LÍQUIDO	19.86
± LÍMITE PLÁSTICO	16.69
ÍNDICE PLÁSTICO	3.17

PORCENTAJES	
± GRAVA	72.74%
± ARENA	24.35%
± FINO	5.88%
	100.00%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS ASTM D 3487	GW-GM
AASHTO ASTM D 3483	A-3-(c)
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA FINA CUADRIPLAZA CON LIMO Y ARENA

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD	
TARA (g)	P-13
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (g)	315.28
PESO DE TARA + SUELO SECO (g)	308.54
PESO AGUA (g)	7.54
PESO DE LA TARA (g)	196.00
PESO SUELO SECO (g)	110.34
CONTENIDO DE HUMEDAD %	6.48%

Ing. Mónica Peña Dueñas
AGROPROMOTORES DEL CONCRETO S.A.
ESPECIALISTAS EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO S.A.S.

LABORATORIO DE ESTUDIOS DE SUELOS - PUNTO CARRILLO, HUAYANAYO
OBSERVACIÓN: P.S.M. - ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES DEL LABORATORIO

TEL: 206672549 DEL
CEL: 945510190

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD JUNTO AL LOGO DE INDICOPRO-GRUPO.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, HERRAJES DE HERRAJES, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELECTRICA DE PUEBLO A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°
009178 -2020/DSB -



KLA FER S.A.C.

Indecopi

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 323.2020
 ESTUDIO : NOVIEMBRE
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL KARINA ROXANA NATEROS ENRIQUEZ
 PROYECTO : "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"
 UBICACIÓN : CANTERA JAUJA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03 DE NOVIEMBRE DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 14 DE NOVIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

CALICATA	CANTERA JAUJA
MUESTRA	M-1
PROF. (m)	N.E



% GRAVA	75.74%	% ARENA	21.30%	% FINO	5.96%
---------	--------	---------	--------	--------	-------

LOCAL HUANCAYO : AV. CAJALTEAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO. RUC: 20767149711
 LOCAL LIMA : PSJE Mercedes 59-00001 Frente al Laboratorio. CEL: 945510108

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCirse SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD IGUAL PARA UNA INCLUSIÓN (SP004-1993)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETOS, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES. ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRIGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACEITE, DISEÑO DE REJILLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DIBAGOL, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUERTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSB - Indecopi.



CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-92-2020
Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA

MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR

Rangos
 Dirección de carga
FABRICANTE
 Modelo
 Serie
 Celda de carga
 Ubicación
 Código Identificación
 Norma utilizada
 Intervalo calibrado
 Temperatura de prueba °C
 Inspección general

5 000 Kgf
 Ascendente
PINZUAR
 PS-25
 NO INDICA
 NO INDICA
 Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L
CM-245 (*)
ASTM E4 // ISO 7500-1
 Escala (s) 5000 kgf
 De 500 a 4500 kgf 10% A 100%
 Inicial 25.6 Final 25.6
 La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento

Solicitante
 Dirección
 Ciudad

KLAFER
CALLE REAL 445 CHILCA
HUANCAYO

PATRON(ES) UTILIZADOS(S)

Tipo / Modelo PS-25M
 No. Serie 106 - 7557
 Certif. de calibr. INF-LE 54-04B PUCP

Unidades de medida

Sistema Internacional de Unidades (SI)

FECHA DE CALIBRACION
 FECHA DE EMISION

24/02/2020
 24/02/2020

FIRMAS AUTORIZADAS



[Signature]
Jesús Quintero C.



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-092-2020

Método de calibración:

FUERZA INDICADA CONSTANTE

Pag. 2 de 5

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA:

001
5 000 kgf

Resolución: 0,05
0,005

UN
kgf

Clases de la carga
Factor de conversión

Acertando
0,0048 100/kgf

Indicación de la máquina (F)			Indicaciones del patron (series de mediciones)				
%	kN	kgf	0°	120°	No aplica	240°	Acertando
			kN	kN	kN	kN	kN
10	4,90	500	4,92	4,92	No aplica	4,81	No aplica
20	9,81	1000	9,77	9,75	No aplica	9,77	No aplica
40	19,61	2000	19,55	19,56	No aplica	19,56	No aplica
50	24,52	2500	24,47	24,46	No aplica	24,46	No aplica
60	29,42	3000	29,36	29,36	No aplica	29,37	No aplica
70	34,32	3500	34,27	34,27	No aplica	34,28	No aplica
80	39,23	4000	39,23	39,24	No aplica	39,24	No aplica
90	44,13	4500	44,14	44,15	No aplica	44,15	No aplica
Indicación después de carga			0,00	0,00	0,00	0,00	No aplica

ESCALA: 001,01 kN Incertidumbre del patron: 0,087 %

Indicación de la máquina (F)			Calculo de errores relativos				Resolución
%	kN	kgf	g (%)	b (%)	v (%)	Acces (N)	
10	4,9	500	0,35	0,20	No aplica	No aplica	0,85
20	9,81	1000	0,45	0,20	No aplica	No aplica	0,65
40	19,61	2000	0,44	0,20	No aplica	No aplica	0,34
50	24,52	2500	0,29	0,05	No aplica	No aplica	0,27
60	29,42	3000	0,26	0,04	No aplica	No aplica	0,22
70	34,32	3500	0,21	0,03	No aplica	No aplica	0,19
80	39,23	4000	0,11	0,03	No aplica	No aplica	0,13
90	44,13	4500	0,04	0,02	No aplica	No aplica	0,13
Error de cero fo (%)			0,000	0,000	0,000	No aplica	Err max(0)-000

FIRMAS AUTORIZADAS



[Handwritten signature]
JOSÉ CHAVEZ



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-092-2020

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE

MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR

Errores relativos máximos absolutos hallados

ESCALA	5 000	kgf		
Error de exactitud		0,47 %	Error de cero	0
Error de repetibilidad		0,20 %	Error por accesorio	0%
Error de Reversibilidad		No aplica	Resolución	0,50 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica colombiana NTC - ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica en:

ESCALA 5 000 kgf Ascendente.

TRAZABILIDAD

METROTEST E.I.R.L. asegura el mantenimiento y trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI.

OBSERVACIONES

1. Las cartas de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1)
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes" (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser producido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

(*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.

FIRMAS AUTORIZADAS



Jesus Quinto C
Jesus Quinto C



Metrotest
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración
Calibration Certificate

LM-099-2020
Laboratorio de Metro

Página 1 de 1

Página 1 de 1

Solicitante	KLAFER SAC
Dirección	Calle Real N° 445 Chica Huancayo
Objeto - Fabricante Objeto- Manufacturer	BALANZA - OHAUS
Tipo Modelo Type Model	C5200 Electronica
Capacidad Máxima Capacity max	30 0000 gr
División de escala d Actual scale interval	0,1 g
Div. de verificación e Verification scale interval	0,1 g
Clase de exactitud	II
Capacidad mínima Order N°	0,1 g
Identificación Identification	No indica
Fecha de Calibración Date of calibration	2020-02-27
Lugar de calibración Calibration site	Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.
Numero de Páginas Number of pages the certificate	3
Expediente Order N°	011

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, con relación de unidades de la medición de acuerdo con el sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración de firma y sello no son válidos.

The Laboratory certifies traceability and traceability to national e international standards, which relate the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The measurements are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

This calibration certificate can not be reproduced other than authorized with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Fecha
Date

jefe del Laboratorio de Metrotest
head of the metrotest laboratory

Sello
Seal





LABORATORIO DE METROLOGIA

Certificado de Calibración Calibration Certificate

LM -099-2020
Laboratorio de Masa

Página 3 of 3

Página 3

ENSAYO DE PESAJE Temperatura

CARGA L(g)	Inicial 16,7 °C			Final 16,8 °C		
	kg	AL(g)	E(g)	kg	AL(g)	E(g)
5.0	1.0	0.08	-0.03			
10.0	5.0	0.08	-0.03	5.0	0.01	0.04
20	10.0	0.08	-0.03	10.0	0.01	0.04
30	20.0	0.08	-0.03	20.0	0.01	0.04
50	30.0	0.08	-0.03	30.0	0.01	0.04
80	50.0	0.08	-0.03	50.0	0.01	0.04
100	80.0	0.08	-0.03	80.0	0.01	0.04
150	100.0	0.08	-0.03	99.9	0.01	-0.06
200	149.9	0.08	-0.13	149.9	0.01	-0.06

Leyenda:
 L: Carga aplicada a la balanza
 AL: Carga adicional
 E: Error encontrado
 Ec: Error en cero
 Ec: Error corregido

Incertidumbre de medición $U = 2 \times \sqrt{0.0021108^2 + 3.98E-10 R^2}$
Lectura corregida $K = 1.0000000000000000$

Evaluación de los resultados Evaluation of results

- Ensayo de repetibilidad : Error máximo permisible ≥ E carga L1, E carga L2
- Ensayo de excentricidad : Error máximo permisible ≥ Ec excentricidad
- Ensayo de pesaje : Error máximo permisible ≥ Ec pesaje

Observaciones Comments

De la evaluación de los resultados se pudo concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Fin del documento

document order

LABORATORIO DE METROLOGIA

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-0099-2020

Laboratorio de Masa

Página 2 of 2

Página 2 de 2

Método de Calibración

Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC -019 del SNM – INDECOPI Edición tercera.

Calibration was performed as described in the pc-019 SNM-Indecopi, Third edition.

Trazabilidad

Traceability

Se utilizaron patrones calibrados en el SNM/INDECOPI, con certificados de calibración: LM-1200-2010

Resultados (results)

INSPECCION VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura		Inicial	16,8 °C	Final	16,8 °C
Medición Carga E1 = 100		Temperatura = 16,8			
	L (g)	AL (g)	E (g)		
1	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
2	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
3	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
4	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
5	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
6	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
7	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
8	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
9	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05
10	100,0	0,07	-0,02	199,9	0,05

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura		Inicial	16,8 °C	Final	16,7 °C			
2	5	Temperatura = 16,8						
3	4	Temperatura = 16,7						
Posición de las Cargas		Temperatura = 16,8						
Determinación del Error en Cero E0		Determinación de Error Corregido E0						
Posición De la Carga	Carga Mínima	L (g)	AL (g)	E (g)	Er (g)			
1	1,0	1,0	0,07	-0,02	60,0	0,06	-0,01	0,01
2		1,0	0,07	-0,02	60,0	0,06	-0,01	0,01
3		1,0	0,07	-0,02	60,0	0,06	-0,01	0,01
4		1,0	0,07	-0,02	60,0	0,06	-0,01	0,01
5		1,0	0,07	-0,02	60,0	0,06	-0,01	0,01





Certificado de Calibración
Calibration Certificate

LM -098-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2

Página 1 de 2

Solicitante KLAIFER SAC,

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

Customer HUANCAYO

Objeto - Fabricante ESTUFA
Object - Manufacturer

Tipo Modelo PS - H1
Type Model

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de ejecución de una recalibración.

Temperatura de Trabajo 110 ° C
Temperature Work

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Ventilación NATURAL
Ventilation

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de calibración 2020- 02- 27
Date of calibration

This Calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the international System of Units (SI).

Lugar de Calibración Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.
Calibration Site

The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

Expediente 012
Order N°

This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Fecha
Date

Jefe del Laboratorio de calibración
Head of the calibration laboratory

Sello
Seal

Jesús Quinto C.
Jesús Quinto C.





Laboratorio de Metrología

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-098-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2

Página 2

Método de Calibración

Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-019 del SNM – INDECOPI, "Procedimientos para la calibración de baños termostáticos".

Para la calibración se ha tomado como referencia el Método de comparación entre las indicaciones de lectura del termómetro controlador del equipo a calibrar con termómetro patrón con 10 termopares.

Instrumento de medición:

Instruments of measurement

Instrumento	Marca	Modelo	Rango de Medición	Resolución	Unidad
Termómetro Controlador	TROIZ	Delta STD 4448	0 °C a 250 °C	1 °C	Digital

Observaciones:

Comments

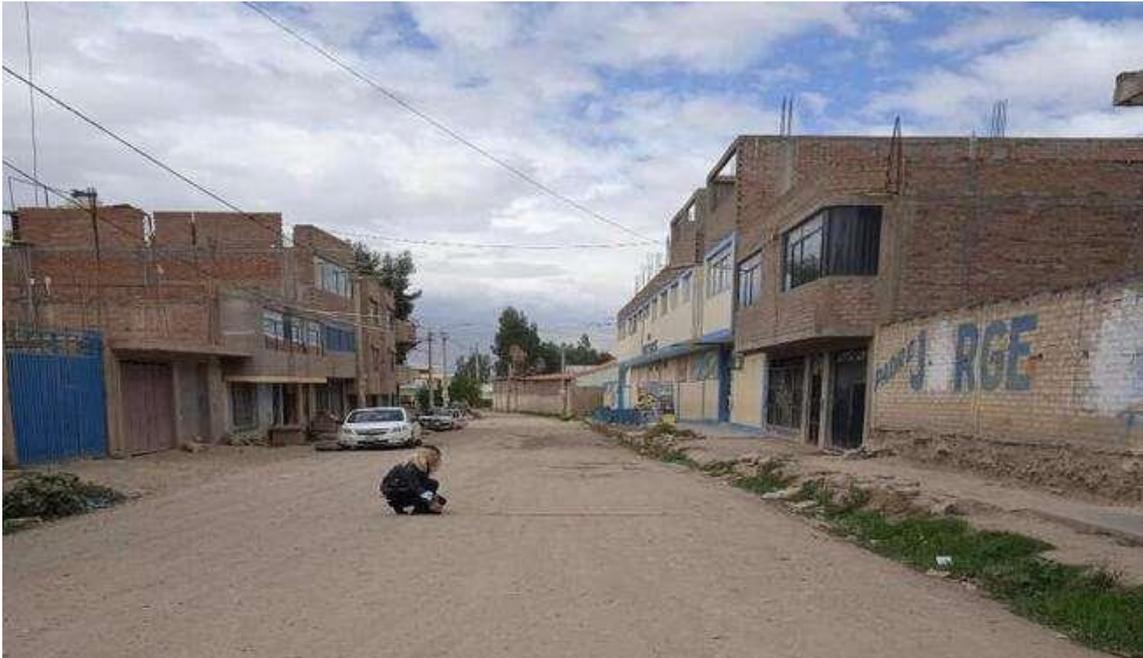
De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra AFECTO EN SU USO. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Fin del documento

Anexo 04: Evidencia fotográfica

Figura 21: Medición de Jr. Integración



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22: Ubicación de Jr. Integración



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23: *Medición del diseño geométrico de Jr. Integración*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24: *Medición del Jr. Sucre*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25: *Tomando datos*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: *Ubicación de Jr. Integración y Jr. Francisco Toledo*



Fuente: Elaboración propia.

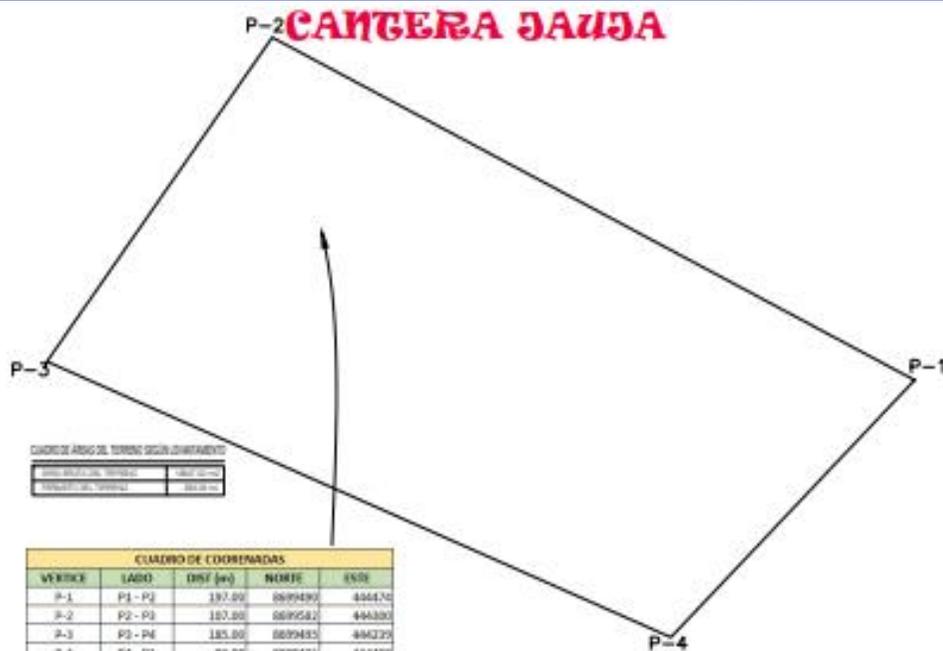
Anexo 05: Planos



PROYECTO:
DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE

PLANO:	LOCALIZACION Y UBICACION	ESCALA:	CERCA HUANCAYO
INGENIERO:	KARINA ROSANA	FECHA:	1/10
APROBADO:	NATEROS ENRIQUEZ	MESES:	NOVIEMBRE - 2022

PLANO: **UL-01**



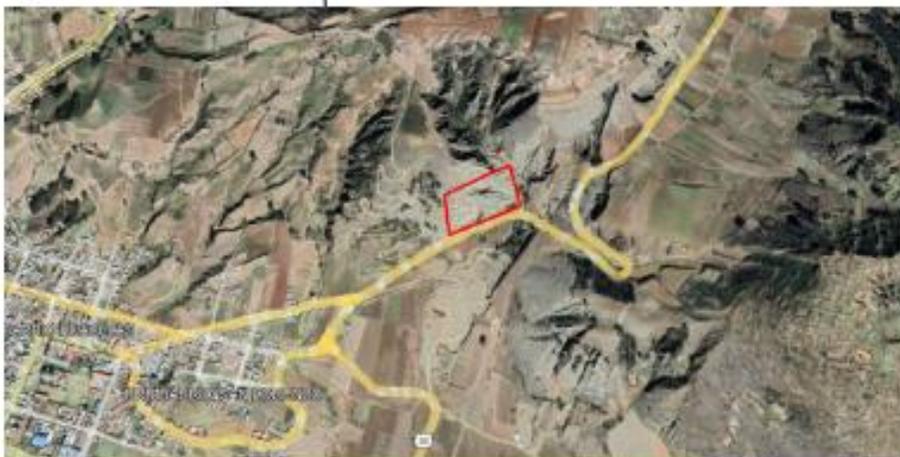
CUADRO DE AREA DEL TERRENO SEGUN LAYOUT

AREA DEL TERRENO	444400
AREA DEL LAYOUT	444400

VERTICE	LADO	DIST (m)	NORTE	ESTE
P-1	P1 - P2	197.00	8899480	444470
P-2	P2 - P3	187.00	8899582	444300
P-3	P3 - P4	183.00	8899485	444275
P-4	P4 - P1	96.00	8899421	444400

OFICINA DE PRODUCCION DE MATERIAL DE CANTON

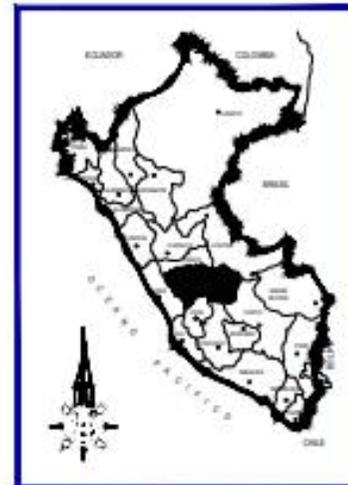
PRODUCCION DE MATERIAL	444400
PRODUCCION DE MATERIAL	444400



UBICACION DE LA CANTERA JAUJA

UBICACION Y LOCALIZACION

ESC:S/E



DEPARTAMENTO DE JUNIN

UBICACION Y LOCALIZACION

S/E



UBICACION - DISTRITO DE JAUJA

UBICACION Y LOCALIZACION

S/E



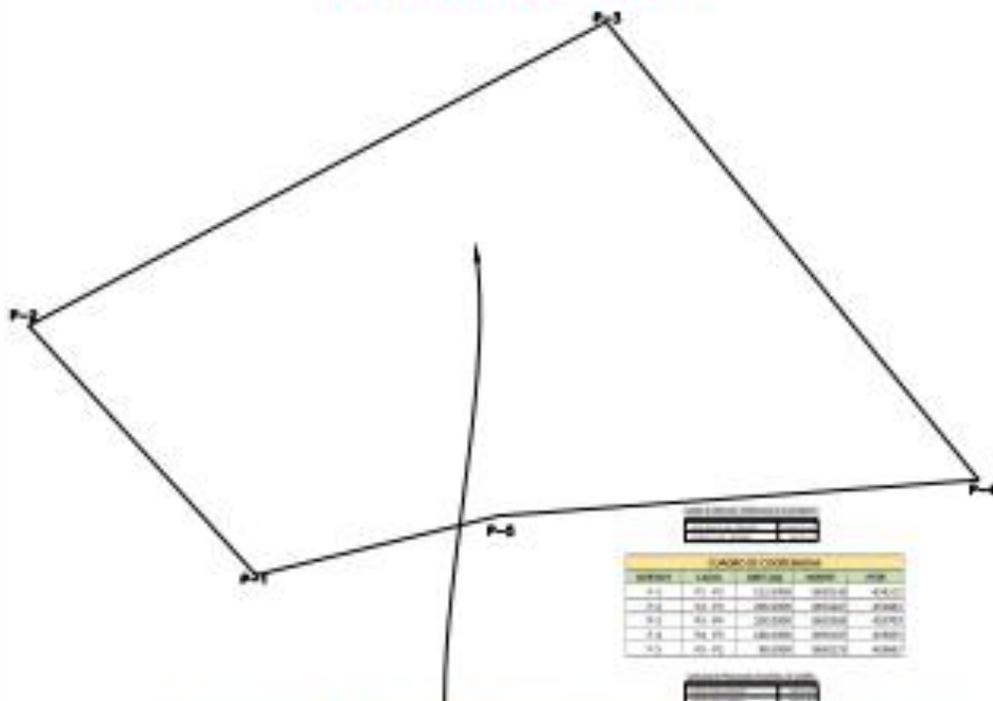
UBICACION - PROVINCIA DE JAUJA

UBICACION Y LOCALIZACION

S/E

		UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES	
		PROYECTO "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"	
PLANO PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION	LUGAR SAUSA	DISTRITO JAUJA	PROVINCIA JAUJA
EXEJ MATEROS ENRIQUEZ, KARINA ROXANA	REGION JUNIN	ESCALA INDICADA	PU-01
CATEDRA SAUSA	FECHA NOVIEMBRE - 2022		
DEDUC K.N.E			

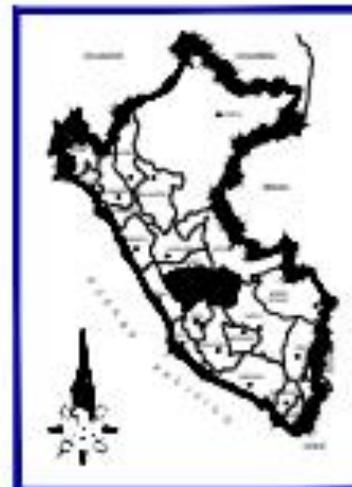
CANTERA APATA



UBICACION DE LA CANTERA APATA

UBICACION Y LOCALIZACION

ESC/S/E



DEPARTAMENTO DE JUNIN

UBICACION Y LOCALIZACION

S/E



UBICACION - DISTRITO DE APATA

UBICACION Y LOCALIZACION

S/E



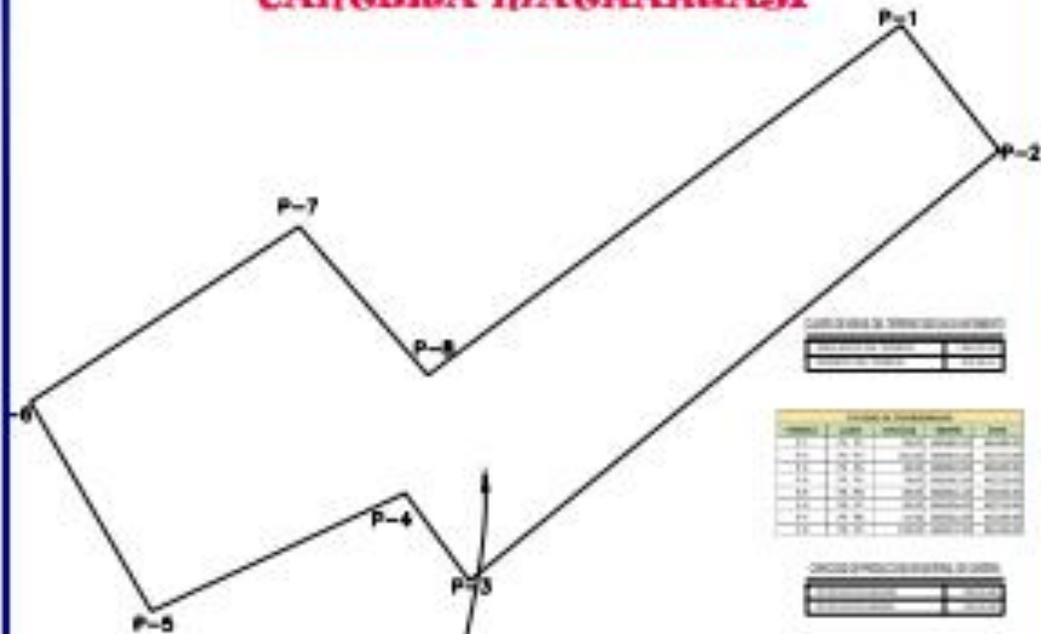
UBICACION - PROVINCIA DE JAJAJA

UBICACION Y LOCALIZACION

S/E

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANGELES		<table border="1"> <tr><td>UNIVERSIDAD</td><td>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANGELES</td></tr> <tr><td>PROVINCIA</td><td>JAJAJA</td></tr> <tr><td>DISTRITO</td><td>APATA</td></tr> <tr><td>PROYECTO</td><td>PU-01</td></tr> </table>		UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANGELES	PROVINCIA	JAJAJA	DISTRITO	APATA	PROYECTO	PU-01		
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANGELES												
PROVINCIA	JAJAJA												
DISTRITO	APATA												
PROYECTO	PU-01												
"DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUBRASANTE"													
		<table border="1"> <tr><td>PROYECTO</td><td>PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION</td></tr> <tr><td>AUTORES</td><td>WALTER ENRIQUEZ, KARINA ROSANA</td></tr> <tr><td>LOCALIDAD</td><td>APATA</td></tr> <tr><td>FECHA</td><td>2018</td></tr> <tr><td>OTRO</td><td>NOVIEMBRE - 2018</td></tr> </table>		PROYECTO	PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION	AUTORES	WALTER ENRIQUEZ, KARINA ROSANA	LOCALIDAD	APATA	FECHA	2018	OTRO	NOVIEMBRE - 2018
PROYECTO	PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION												
AUTORES	WALTER ENRIQUEZ, KARINA ROSANA												
LOCALIDAD	APATA												
FECHA	2018												
OTRO	NOVIEMBRE - 2018												
		PU-01											

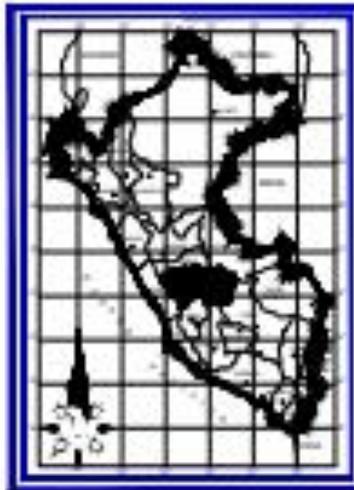
CANTERA MATHAHUASI



UBICACION DE LA CANTERA MATHAHUASI

UBICACION Y LOCALIZACION

ESC:SE



DEPARTAMENTO DE JUNIN

UBICACION Y LOCALIZACION

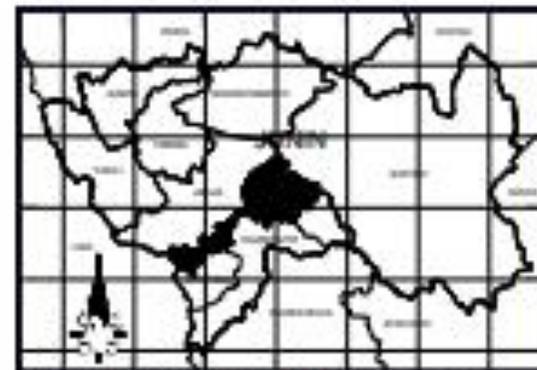
SE



UBICACION - DISTRITO DE MATHAHUASI

UBICACION Y LOCALIZACION

SE



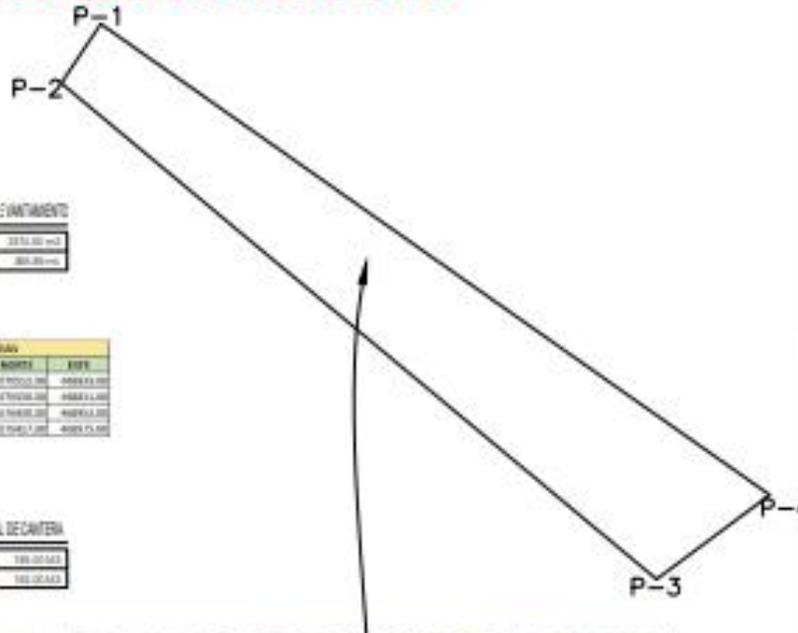
UBICACION - PROVINCIA DE CONCEPCION

UBICACION Y LOCALIZACION

SE

EMPRESA INGENIERIA LOS ANDES		PROYECTO	
"DETERMINACION DE COEFICIENTES DE USUARIO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE CIMENTACION DE CERRAJES"		MATHAHUASI	
PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION		CANTERA	
AUTORES: INGENIEROS, GABRIEL ROSARIO		CANTERA	
MATHAHUASI		CANTERA	
S.S.E		GOBIERNO DEL	
		PU-01	

CANTERA HUAYCHA



CUADRO DE ÁREAS DEL TERRENO SEGUN LEVANTAMIENTO

ÁREA BRUTA DEL TERRENO	2273.00 m ²
PERÍMETRO DEL TERRENO	381.00 m

CUADRO DE COORDENADAS

VERTICE	LABIO	DIST. (m)	NORTE	ESTE
P-1	P1-P2	17.00	827000.00	488933.00
P-2	P2-P3	127.00	827000.00	488933.00
P-3	P3-P4	20.00	827400.00	488933.00
P-4	P4-P1	150.00	827400.00	488933.00

CAPACIDAD DE PRODUCCION DE MATERIAL DE CANTERA

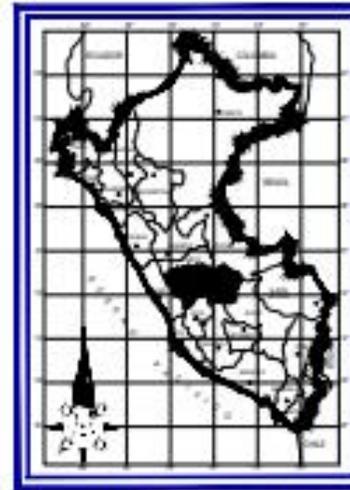
PRODUCCION (M ³ /DIA)	180.00 M ³
PRODUCCION (M ³ /MES)	5400.00 M ³



UBICACION DE LA CANTERA ORCOTUNA

UBICACION Y LOCALIZACION

ESC: S/E



DEPARTAMENTO DE JUNIN

UBICACION Y LOCALIZACION

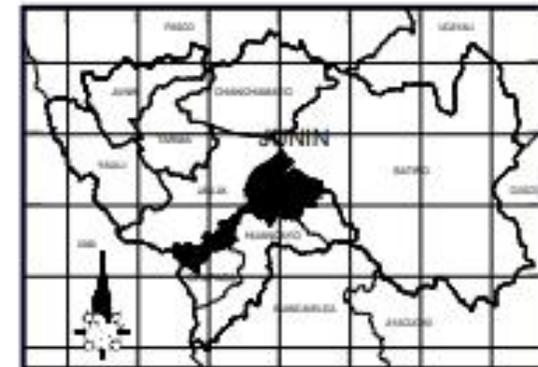
S/E



UBICACION - DISTRITO DE ORCOTUNA

UBICACION Y LOCALIZACION

S/E



UBICACION - PROVINCIA DE CONCEPCION

UBICACION Y LOCALIZACION

S/E

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES		<table border="1"> <tr><td>NOMBRE</td><td>INGENIERA</td></tr> <tr><td>CATEGORIA</td><td>MAESTRO</td></tr> <tr><td>PROFESORA</td><td>OSWALDINA</td></tr> <tr><td>REGION</td><td>JUNIN</td></tr> <tr><td>ESCUELA</td><td>INGENIERIA</td></tr> </table>		NOMBRE	INGENIERA	CATEGORIA	MAESTRO	PROFESORA	OSWALDINA	REGION	JUNIN	ESCUELA	INGENIERIA
NOMBRE	INGENIERA												
CATEGORIA	MAESTRO												
PROFESORA	OSWALDINA												
REGION	JUNIN												
ESCUELA	INGENIERIA												
		PU-01											
PROYECTO: "DETERMINACION DE COEFICIENTES DE DISEÑO PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE SUSTITUCION DE SUPERFICIE" TÍTULO: PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION AUTOR: NATHERS ENRIQUEZ, KARINA ROSANA CANTON: ORCOTUNA DISEÑO: K.N.E.		FECHA: NOVIEMBRE - 2023											